



SEMINAR NASIONAL MASTER 2016

Maritim, Sains, dan
Teknologi Terapan 2016

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Surabaya, 21 November 2016

PROSIDING MASTER 2016



PPNS
POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

PROSIDING SEMINAR NASIONAL MASTER
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Hak cipta dilindungi undang-undang

Diterbitkan pertama kali oleh
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 2016

ISSN: 2548-1509



Sanksi Pelanggaran Pasal 72
Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000.00 (lima ratus juta rupiah).

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

KOMITE PENGARAH

Ir. Eko Julianto, M.Sc., MRINA.

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc.

Institut Teknologi Sepuluh November

Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

Institut Teknologi Sepuluh November

Dr. Mahardika Pratama

La Trobe University, Australia

Dr. Eng. Mohammad Abu Jami'in, ST., MT.

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Dr. Eng. Putu Sindu Asmara, ST., MT.

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Dr. Mat Syaiin, ST., MT.

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Yugowati Prahasti, S.Si., M.Eng.Sc., Ph.D.

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Dr. Eng. Muhammad Anis Mustaghfirin, ST., MT.,

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Adi Wirawan Husodo, ST., MT

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Ir. Arie Indartono, MMT

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

KOMITE PELAKSANA

Ketua

Dr. Eng. Muhammad Anis Mustaghfirin, ST., MT.,

Seksi Naskah dan Seminar

Afif Zuhri Arfianto, ST., MT.

Mades Darul K. S.ST., MT.

Imam Khoirul Rohmat, S.ST., MT.

Novi Eka Mayangsari, ST., MT.

M. Khoirul Hasin, S.Kom., M.Kom., M.Sc.

Danis Maulana, ST., MBA.

Ulvi Pri Astuti, ST., MT.

KATA PENGANTAR

Sebagai Negara Maritim, potensi laut Indonesia belum termanfaatkan secara optimal. Teknologi perkapalan, selaku tulang punggung poros maritim masih tertinggal jauh dengan Negara-negara lain. Potensi perikanan tangkap, yang belum tergarap dengan baik, meskipun illegal fishing sudah dibantas. Potensi Energi laut Indonesia yang melimpah, masih terlalu sedikit pemanfaatannya. Sumberdaya mineral dan hayati bawah laut yang hampir belum tergarap dan termanfaatkan sama sekali. Kedaulatan wilayah laut Indonesia masih sering dilanggar oleh Negara lain, karena minimnya teknologi pertahanan laut Indonesia.

Demikian mendesaknya problem kemaritiman Indonesia, maka sebagai institusi terapan bidang kemaritiman Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), merasa bertanggung jawab untuk mengurai carut marutnya problematika kemaritiman diatas. PPNS sadar, bahwa problem kemaritiman Indonesia, tidak bisa diselesaikan kecuali harus melibatkan seluruh akademisi, praktisi, pemerintah serta professional dari berbagai bidang sains dan teknologi.

Oleh karena itu, Politeknik Perkapalan bekerjasama dengan Departemen Kelautan dan Perikanan serta Kementrian Riset dan Pendidikan Tinggi mengadakan Seminar Nasional Maritim, Sains dan Teknologi 2016 (MASTER 2016). Untuk seminar perdana ini akan difokuskan pada: Potensi Laut Indonesia, Peluang dan Tantangannya, dengan tanpa mengesampingkan problem problem kemaritiman yang lainnya.

Pada kesempatan ini kami juga ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc.; Dr. Mahardika Pratama dan Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D. sebagai keynote speaker
- Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D. (ITS); Dr. Eng. Mohammad Abu Jami'in, ST., MT. (PPNS); Dr. Eng. Putu Sindu Asmara, ST., MT. (PPNS); Dr. Mat Syaiin, ST., MT. (PPNS); Yugowati Prahasti, S.Si., M.Eng.Sc., Ph.D. (PPNS); dan Dr. Eng. Muhammad Anis Mustaghfirin, ST., MT., (PPNS) sebagai reviewer.
- Semua panitia seminar MASTER 2016
- Semua Peserta MASTER 2016, baik pemakalah dan pendengar.

Kami berharap tahun depan penyelenggaraan kegiatan MASTER 2016 yang lebih baik lagi, lebih besar dan lebih bisa memberi peran positif kepada perkembangan teknologi maritim, sains dan teknologi terapan lainnya.

Tim Editor

DAFTAR ISI

Perancangan Taxi Boat Sebagai Alternatif Angkutan Umum Dan Pariwisata Sungai Kalimas.....	1
Valuasi Ekonomi Kawasan Konservasi Nasional Laut Banda Provinsi Maluku.....	5
Pemetaan Sektor Perikanan Laut Kabupaten/ Kota Jawa Timur dengan Metode Fuzzy K-Means Clustering	15
Analisis Pengaruh Tingkat Risiko PJK dengan Framingharm Score pada Pekerja Offshore Menggunakan Regresi Logistik Ordinal.....	23
Analisa Kekuatan Deck Crane pada Kapal Tol Laut Nusantara.....	29
Pengembangan Klaster Inovasi untuk Peningkatan Kandungan Lokal Industri Perkapalan	35
Evaluasi Kondisi Iklim Kerja di Bengkel Outfitting PT. Indonesia Marina Shipyard	43
Teknik Pemasangan Pipa Air Minum Bawah Laut dengan Metode TT dari Pulau Tidore ke Pulau Maitara	47
Analisa Beban Kerja Pekerja Tahapan Pengemasan Unit Padatan PT Petrosida Gresik dengan Metode Recommended Weight Limit (RWL).....	53
Analisis Pengaruh Iklim Kerja dan Kebisingan Terhadap Beban Kerja di PT. X dan Y.....	59
Peningkatan Pengetahuan dan Ketrampilan Guru PAUD dalam Melakukan Pemantauan Psikomotorik Pada Balita Menggunakan Metode Denver II	65
Optimasi Model Linier 6-DOF pada Sistem Autonomous Underwater Vehicle	69
Identifikasi Bahaya pada Mesin Hammer Mill dan Boiler Batubara di PT. Charoen Phopkphand Indonesia-Sepanjang	75
Wireless Sensor Network Berbasis Protokol UDP untuk Monitoring pH dan Suhu Kolam Ikan Air Tawar.....	81
Optimasi Energi pada Motor Induksi 3 Fasa dalam Memproduksi Kebutuhan Air (Studi Kasus di PDAM Karang Pilang Surabaya)	87
Analisa Performansi dan Opasitas Mesin Diesel Bi-Fuel System Solar-LPG Untuk Mesin Diesel Silinder Tunggal	95
Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam Praktikum Pengelasan (Studi Kasus: di Welding Centre Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).....	103
Perancangan Metode Kontrol LQR (Linear Quadratic Regulator) Sebagai Solusi Optimal Pengendalian Gerak Quadrotor	109
Analisis Kebutuhan Dalam Perancangan Alat Bantu Terapi Stroke Dengan Menggunakan QFD-AHP dan Prinsip Ergonomi	123
Membangun Inovasi di Perpustakaan PPNS dengan Mengintegrasikan SIM Dosen dan Student Portal Melalui Knowledge Management System.....	129
Pengaruh Tingkat Kepolaran Solvent Terhadap Isolasi Xanthone dan Coumarine Pada Crude Ekstrak Daun Nyamplung	135
Pengendalian Risiko terhadap Usaha Pembuatan Teknologi Kapal Kecil (Studi Kasus: Kapal Kayu Tiki 21 di PPNS)	141
Peluang Pemanfaatan Campuran Refrigeran Hidrokarbon Pada Cooling Box Temperatur Sangat Rendah Dengan Menggunakan Sistem Refrigerasi Joule-Thomson	157
Peluang Pemanfaatan Sistem Refrigerasi Cascade Sebagai Air Conditioner	165
Pemanfaatan Teknologi Quick Response Code (QR Code) Untuk Verifikasi Data Pada Tahap Pembuktian Dokumen di Unit Layanan Pengadaan (ULP) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.....	173
Prototipe Low-Cost Shallow-ROV sebagai Alat Bantu pada Pemetaan Batimetri di Perairan Dangkal.....	179
Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash sebagai Campuran Beton	187
Prototipe Automatic Identification System Secara Realtime Menggunakan Web dan Android pada Kapal Kecil untuk Kelompok Petani Nelayan.....	193

Ubiquitous Mobile Sensing untuk Sistem Monitoring Kualitas Sumber Daya Air PDAM Kota Surabaya	199
Pelapisan Alumina pada Stainless Steel dengan Teknik Electrophoretic Deposition: Pengaruh Rapat Arus	205
Membangun Pariwisata Pantai Gili Labak Secara Berkelanjutan dengan Knowledge Management System	213
Smart Security Monitoring System pada Ruang Server Pusat Teknologi Informasi Perguruan Tinggi	219
Efektifitas Teknologi Multimedia terhadap Pembelajaran Kosakata Bahasa Inggris Teknik.....	225
Perhitungan Emisi Karbon dan Kecukupan Ruang Terbuka Hijau di Lingkungan Kampus (Studi Kasus: Kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya)	231
Analisis Korosivitas Biodiesel Yang Diproduksi dari Minyak Goreng Bekas Terhadap Material Baja Karbon	237
Smart PV Solar Tracking System Menggunakan Metode BP-NN (Back Propagation Neural Network).....	243
Pemanfaatan Limbah Kertas Bekas untuk Produksi Biodegradable Selulosa Asetat	249
Preparasi Komposit ZnO/TiO ₂ /Al ₂ O ₃ Sebagai Bahan Pigmen Anti Korosi pada Baja Karbon.....	253
Pemanfaatan Kekayaan Laut Branta Pesisir, Pamekasan untuk Kesejahteraan Masyarakat Pesisir	261
Komposting Limbah Ikan	267

Perancangan Taxi Boat Sebagai Alternatif Angkutan Umum Dan Pariwisata Sungai Kalimas

Budianto^{1*}, Bambang Teguh Setiawan¹

¹Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

* budianto.structure@gmail.com

Abstrak

Taxi Boat adalah kapal penumpang dengan kapasitas 4 awak dengan menggunakan *single* mesin tempel. Pembuatan kapal ini untuk memberi alternatif pemerintah Surabaya untuk mengurangi kepadatan kendaraan di jalur darat. Nantinya kapal ini, akan mempunyai rute yaitu di sungai Kalimas, besar harapannya kapal ini juga bisa di jadikan angkutan umum, tidak hanya di Kalimas namun juga di Sungai-sungai yang lain di Indonesia. Kelebihan dari kapal ini adalah desainnya yang ramping menjadikan kapal efisien dan efektif. Dari simulasi pemodelan lambung kapal yang dibuat streamline agar dapat menghasilkan aliran yang langsung menuju ke daya penggerak *propeller* sehingga dapat mengoptimalkan trust dari kapal. Selanjutnya dari simulasi dapat menghitung kecepatan *Taxi Boat* mencapai kecepatan 24 knot dalam pengaturan simulasi dipakai efisiensi sebesar 60 %. Pembuatan kapal ini juga bisa membantu dan mendukung pemerintah dalam penataan tata letak dan penambahan rute transportasi di wilayah sungai. Dengan menambah item dan jalur transportasi di jalur sungai besar harapan dapat membantu pemerintah kota dalam mengatasi kepadatan lalu lintas di jalur darat, sekaligus memperbaiki dan merevitalisasi Sungai Kalimas menjadi lebih baik kedepannya. Disamping itu, kapal ini juga dapat di gunakan sebagai sarana penunjang pariwisata yaitu dengan menyanggahkan keindahan ruas-ruas jalur sungai dan pemandangan hijau kota surabaya yang dapat dinikmati dari atas kapal yang menyusuri sepanjang sungai, direncanakan seiring rute Jalan Jakarta sampai Jalan Jembatan Merah sepanjang sungai Kalimas Surabaya.

Kata kunci: *taxi boat, sungai, alternatif, transportasi, pariwisata*

1. PENDAHULUAN

Kepadatan lalu lintas pada jam kerja di Kota Surabaya sudah bukan menjadi rahasia umum dan masalah tahunan salah satu faktor pemicunya adalah penggunaan kendaraan pribadi roda empat maupun roda dua yang berlebihan. Kemudahan untuk kredit kendaraan yang sangat mudah, itulah beberapa faktor pendukung yang menyebabkan bagaimana lalu lintas di Kota Surabaya yang sangat padat. Kondisi jalan di jalur darat yang kurang memadai pula menambah lalu lintas di jalur darat sangat padat. Apalagi dengan kondisi cuaca musim penghujan ruas ruas jalan di Kota Surabaya sangat padat merayap, hal ini pula yang juga menyebabkan peningkatan kecelakaan di jalur darat. Tidak sedikit kecelakaan akibat kepadatan lalu lintas sudah menjadi hal biasa dan resiko yang harus diterima. Bisa dilihat dari peta kawasan Kota Surabaya wilayah sungai sangat besar potensi dan memiliki panjang jangkauan rute, hal tersebut dapat mengangkat dari permasalahan yang ada di kota Surabaya, dan membuat gagasan perancangan baru yaitu menciptakan kendaraan umum yang bisa menjadi alternatif pilihan masyarakat umum dan mendukung pariwisata di jalur sungai, yaitu *Taxi Boat*.

Taxi Boat adalah perahu penumpang dengan kapasitas sekitar 4 orang dengan sistem agro (berbayar dalam tampilan layar monitor). Layaknya taxi penumpang hanya perlu membayar sejauh jarak yang di tempuh. *Taxi Boat* ini bisa menjadi pilihan masyarakat untuk yang bosan dengan berkendara di jalur darat dan berwisata ekonomis. Diharapkan dalam perancangan ini bisa memberi solusi untuk pemerintah Kota Surabaya dalam pengembangan transportasi alternatif jalur sungai dan pengembangan sektor pariwisata Sungai Kalimas.

2. METODOLOGI

Desain kapal dan perencanaan sistem dalam tahapan desain ini untuk membuat perancangan *Taxi Boat* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Menentukan ukuran utama kapal.

<i>Length</i>	:	5.00	m
<i>Beam</i>	:	1.93	m
<i>Height</i>	:	1.23	m
<i>Draft</i>	:	0.30	m

b. Membuat optimalisasi bentuk lambung dan menerapkan *streamline* pada desain lines plan.

c. Membuat desain Rencana Umum.

Dalam penataan *Taxi Boat* akan di desain dapat memuat 4 orang. Dalam membuat desain dan perhitungan menggunakan *software*, student edition vertion sebagai berikut:

1. *Maxsurf*
2. *Autocad 2007*
3. *Ms. Excell 2010*

Dalam penyusun laporan dan perhitungan menggunakan *Hardware*.

1. *Laptop* dengan *processor* minimal *dual core* dan *memory* 1 GB
2. *Flash Disk* 8 GB untuk proses simulasi *modeling*



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Taxi Boat

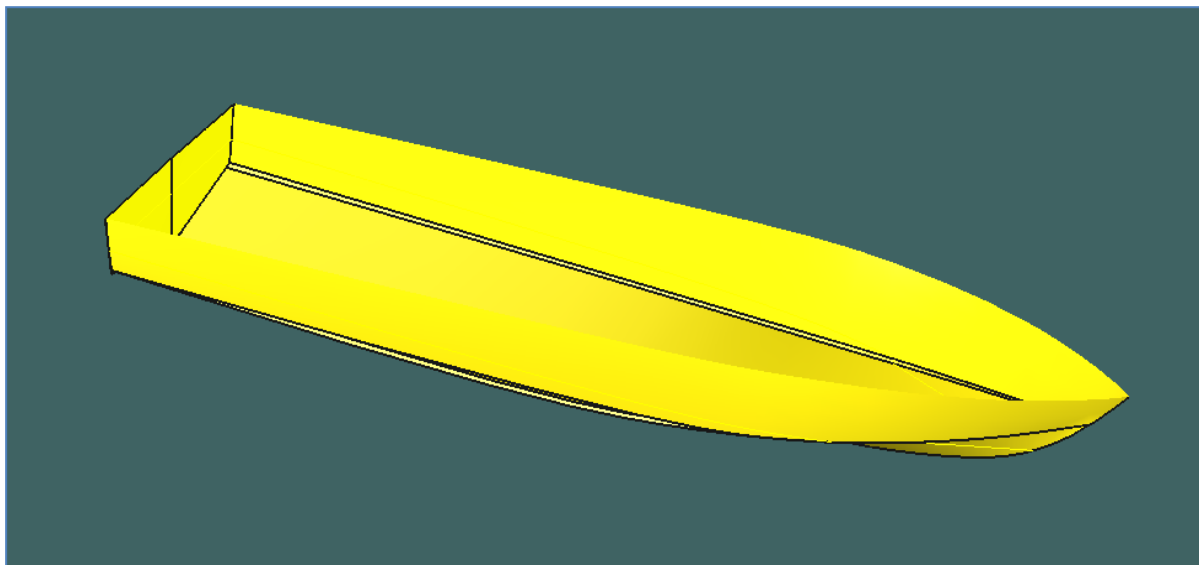
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

DESAIN PERANCANGAN

Pembuatan lines plan bisa dilakukan dengan *maxsurf pro* yaitu dengan langkah awal menentukan ukuran utama kapal yang didapat dari beberapa kapal pembanding yaitu sebagai berikut :

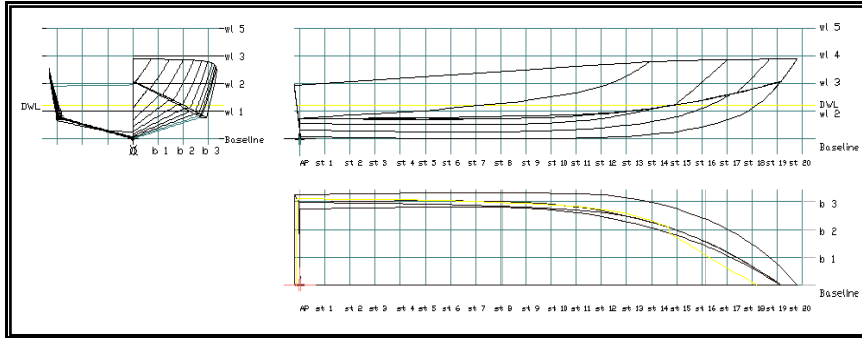
<i>Length</i>	:	5.00	m
<i>Beam</i>	:	1.93	m
<i>Depth</i>	:	1.23	m
<i>Draft</i>	:	0.30	m
<i>Passenger</i>	:	4.00	orang
<i>Kecepatan</i>	:	24.00	Knots

Dalam perencanaan *Taxi Boat*, merencanakan material dengan menggunakan bahan fiberglass karena proses dan kemudahan dalam produksi. Selain itu *Taxi Boat* dilengkapi dengan menggunakan mesin tempel 1 buah yaitu merk Yamaha 40 XMHL dengan daya 29.4kw | 40hp. Berikut gambar lambung kapal dengan menggunakan *Software Maxsurf Pro* sesuai dengan ukuran utama di atas sebagai berikut:



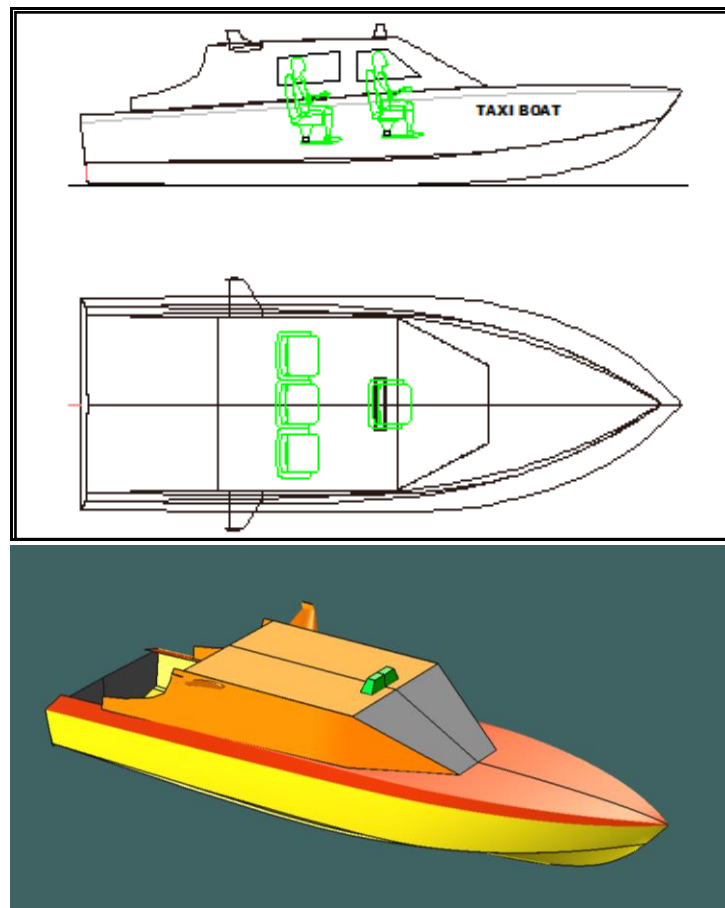
Gambar 2. *Hull Taxi Boat*

Dalam peancangan *Water Taxi Boat* akan dikembangkan dengan bentuk rencana garis yang *stream line* merupakan bentuk V lambung yang akan dirancang.



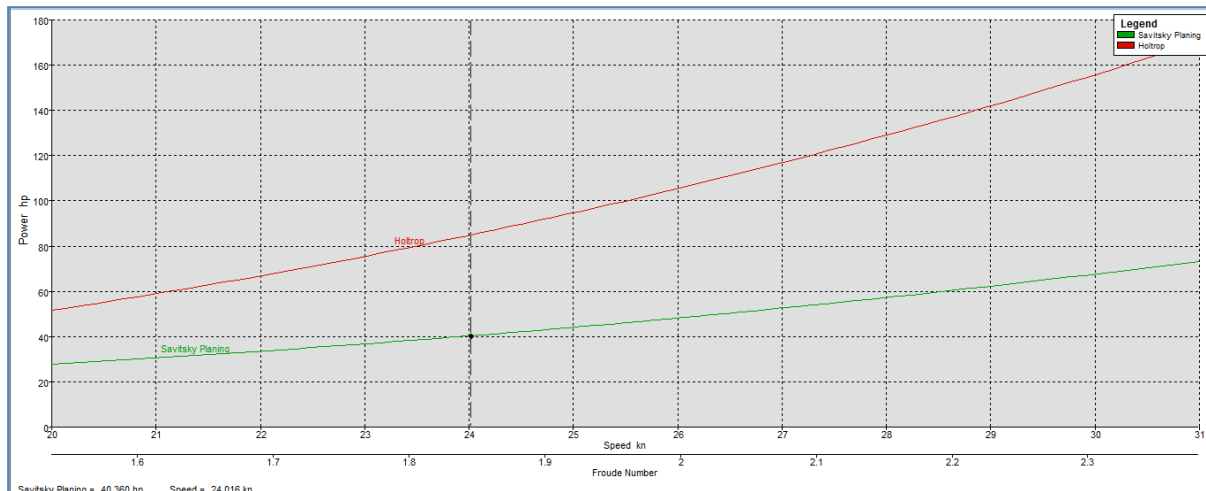
Gambar 3 Rencana garis

Dari rencana garis akan dikembangkan rencana umumnya, disini dapat direncanakan tata letak bagaimana konsisi *deck*, tampak samping bahkan tampak depan. Rencana umum adalah gambar yang menunjukkan semua ruangan yang ada di dalam kapal yang di butuhkan untuk kegiatan serta pengoperasian kapal berlayar dan berlabuh termasuk di dalamnya mesin tempel, dan peralatan lainnya yang mendukung. Untuk memudahkan ilustrasi ditampilkan rencana umum dan simulasi *modeling* 3D sebagai berikut:



Gambar 4 Rencana Umum dan 3D model

Dari pemodelan lambung kapal kita bisa menghitung kecepatan kapal , dengan kecepatan 24 knot dan efisiensi 60 % di dapatkan garfik sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Running *Hull speed*, kecepatan 24 knot dan efisiensi 60 %.

4. KESIMPULAN

Dari analisis dan pembuatan desain dapat disimpulkan bahwa Kapal *Water Taxi Boat* desain sangat cocok dengan kondisi di Sungai Kalimas yaitu ukuran minimalis dengan kecepatan 24 knot serta dapat mengangkut sekitar 4 penumpang.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada instansi berwenang di PPNS dengan dana penelitian DIPA 2016 dan/atau pihak-pihak yang membantu telah terlaksananya penelitian.

6. DAFTAR NOTASI

HP = Tenaga kuda [HP]
 V = Kecepatan [knot]

7. DAFTAR PUSTAKA

Ableson, Frank. "ship resistance" Maret 2012.

Eko Julianto Sasono, *TEKNIK – Vol. 30 No. 2 Tahun 2010*, Pemakaian Baling-Baling Bebas Putar (*Free Rotating Propeller*) pada Kapal.

Ship Hydrodynamics, Lecture Notes of Propulsion Part.

Valuasi Ekonomi Kawasan Konservasi Nasional Laut Banda Provinsi Maluku

Leffy Hermalena

Fakultas Pertanian, Universitas Ekasakti Padang
viecoremapii@gmail.com

Abstrak

Keanekaragaman hayati di kawasan konservasi mempunyai potensi yang besar sebagai sumber daya alam dan merupakan aset yang tak ternilai bagi masyarakat setempat dan pemerintah. Namun keanekaragaman hayati yang luar biasa tersebut ternyata diiringi dengan ancaman kepunahan. Ancaman kepunahan dapat disebabkan antara lain disebabkan oleh kegiatan eksploitasi sumberdaya tidak ramah lingkungan, pengelolaan limbah perkotaan/pemukiman yang tidak baik, dan aktivitas manusia lainnya yang destruktif. Nilai ekonomi total kawasan berdasarkan kesesuaian dan daya dukung. Beberapa nilai pemanfaatan langsung (*direct use value*) seperti perikanan budidaya dan wisata, dapat dikembangkan di kawasan Laut Banda. Pengembangan implementasi *direct use value* harus tetap terkendali sesuai dengan daya dukung. Pengendalian pemanfaatan seperti ini dapat dilakukan oleh pemerintah dengan mengutamakan peran serta masyarakat dalam pemanfaatan potensi pemanfaatan tersebut. Pengikutsertaan masyarakat diharapkan dapat membantu upaya pengawasan. Oleh karena itu sosialisasi pengembangan pemanfaatan sangat diperlukan pada tahap awal implementasinya.

Kata Kunci: Kawasan Konservasi, Nilai Ekonomi.

1. PENDAHULUAN

Konservasi mengandung 3 (tiga) makna besar yakni upaya pelestarian, perlindungan, dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan. Kepentingan konservasi di Indonesia khususnya sumber daya sudah dimulai sejak tahun 1970 an melalui *mainstream conservation* global yaitu suatu upaya perlindungan terhadap jenis-jenis hewan dan tumbuhan langka. UU No. 31 Tahun 2004 Tentang Perikanan beserta perubahannya (UU No.45 Tahun 2009) dan UU No. 27 Tahun 2007 jo UU No. 1 Tahun 2014 Tentang perubahan atas Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil mengarahkan bahwa pemerintah dan seluruh stakeholder pembangunan kelautan dan perikanan lainnya untuk mewujudkan pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

Sejumlah upaya telah dilaksanakan Kementerian Kelautan dan Perikanan dalam rangka meningkatkan level efektifitas pengelolaan kawasan tersebut antara lain melalui pembinaan kawasan konservasi perairan daerah, pelatihan pengelolaan perikanan berkelanjutan, pengembangan wisata selam, rehabilitasi habitat dan upaya lainnya. Meski demikian, level efektifitas pengelolaan kawasan konservasi tersebut, terutama yang di bawah kewenangan pengelolaan Kementerian Kelautan dan Perikanan dan Pemerintah daerah masih beragam dan perlu ditingkatkan. Dari segi kebijakan, sejumlah peraturan menteri juga telah disusun dalam rangka mengakselerasi level pengelolaan efektif kawasan konservasi tersebut antara lain Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor Per.17/Men/2008 tentang Kawasan Konservasi di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor Per.02/Men/2009 tentang Tata Cara Penetapan Kawasan Konservasi Perairan serta Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor Per.30/Men/2010 tentang Rencana Pengelolaan dan Zonasi Kawasan Konservasi Perairan.

Menyadari akan semua pertimbangan di atas maka sudah saatnya segala potensi wilayah kawasan konservasi dan pulau-pulau kecil diberdayakan dengan memberikan jaminan kelangsungan sumberdaya, dimana sumberdaya tersebut menjadi salah satu kekuatan ekonomi. Inventarisasi kawasan konservasi wilayah pesisir mencakup dua sasaran utama yakni masyarakat sebagai pelaku ekonomi dan sumberdaya alam sebagai sumber ekonomi. Oleh karena itu diperlukan suatu kajian Valuasi Ekonomi dan Daya Dukung Sumberdaya di Kawasan Konservasi Perairan Nasional khususnya Laut Banda.

2. METODOLOGI

Berdasarkan karakteristik wilayah kajian, maka penilaian valuasi ekonomi difokuskan terhadap sumberdaya mangrove yang mewakili wilayah daratan dan terumbu karang yang mewakili wilayah perairan.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam kajian ini dibagi menjadi 2 (dua) jenis data, yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder dapat diperoleh dari beberapa literatur penting, seperti statistik, laporan hasil penelitian, jurnal, dan sebagainya yang dapat menunjang kelengkapan data kajian. Data tersebut setidaknya dapat diperoleh dari berbagai instansi baik pemerintah maupun non pemerintah, seperti Kantor Pemda, Bappeda, Dinas terkait, perguruan tinggi, LSM, dan sebagainya.

Jenis data lainnya adalah data primer, data primer dapat diperoleh dari berbagai fenomena yang terjadi di lapangan, baik yang dikumpulkan berdasarkan panduan kuisisioner yang tersedia dan pengamatan langsung yang kesemuanya mencerminkan keadaan/kondisi wilayah kajian. Data-data yang dimaksud setidaknya dapat diperoleh dari berbagai sumber data, seperti nelayan, petani ikan, dan sebagainya yang dapat mendukung kelengkapan data.

Selanjutnya, beberapa site survey akan juga dilakukan untuk mengestimasi segenap nilai pakai langsung maupun tidak langsung dari ekosistem pesisir dan laut. Dalam konteks ini, metode penelitian dalam site survey tersebut adalah metode rapid rural appraisal yang difokuskan antara lain pada informasi dan data dari nelayan dan pelaku ekonomi lainnya yang memanfaatkan ekosistem pesisir dan laut.

Selain itu, untuk menjangkau informasi yang lebih akurat, maka teknik wawancara yang mendalam (*in-depth interview*) dengan panduan kuisisioner akan dilakukan. Dalam hal ini, teknik pengambilan responden seoptimal mungkin akan menggunakan teknik survei yang digabungkan dengan teknik *snow-bowling*. Dimana, responden akan ditentukan berdasarkan responden sebelumnya. Hal ini dimaksudkan agar terjadi keterkaitan yang lebih mendalam mengenai status dan karakteristik responden yang satu dengan yang lainnya. Wawancara dilakukan atas nama perorangan yang mewakili kelompok masyarakat tertentu. Penentuan contoh masyarakat dilakukan dengan metode purposive sampling, yakni ditujukan kepada masyarakat yang telah memenuhi kriteria stakeholder dalam valuasi ekonomi Sumberdaya pesisir dan laut. Disamping itu dapat juga dilakukan wawancara secara berkelompok untuk mendapatkan keseragaman nilai melalui pendekatan diskusi kelompok terfokus (*focus group discussion*). Kelompok masyarakat tersebut adalah sebagai berikut:

- (1). Nelayan
- (2). Pembudidaya ikan
- (3). Pengusaha ikan
- (4). Masyarakat Umum
- (5). Pegawai Pemerintah
- (6). Ilmuwan & pemerhati lingkungan
- (7). Pelajar & Mahasiswa
- (8). Turis/wisatawan.

Analisis Data

Metode penilaian yang biasanya digunakan disesuaikan dengan jenis fungsi atau manfaat yang berhasil diidentifikasi dari ekosistem sumberdaya alam dan lingkungan. Tabel 1 berikut ini menyajikan matriks metode penilaian ekonomi yang digunakan dalam mengestimasi nilai ekonomi sumberdaya di wilayah kajian.

Tabel 1. Matriks Metode Penilaian Ekonomi Sumberdaya di Wilayah Kajian

No	KLASIFIKASI NILAI	METODE PENILAIAN
1	Nilai Pakai Langsung (Direct Use Values)	
	a. Budidaya rumput laut	<i>Effect on production (EOP)</i>
	b. Budidaya tiram mutiara	<i>Effect on production (EOP)</i>
	c. Rekreasi pantai	<i>Travel cost method (TCM)</i>
	d. Wisata pantai	<i>Travel cost method (TCM)</i>
	e. Wisata mangrove	<i>Travel cost method (TCM)</i>
	f. Wisata snorkling	<i>Travel cost method (TCM)</i>
	g. Wisata selam	<i>Travel cost method (TCM)</i>
2	Nilai Pakai Tidak Langsung (<i>Indirect Use Values</i>)	
	a. Fungsi perlindungan fisik	<i>Surrogate market</i>
	b. Fungsi perlindungan biologis	<i>Replacement cost</i>

No	KLASIFIKASI NILAI	METODE PENILAIAN
3	Nilai Non-Pakai (<i>Non-Use Values</i>)	
	a. Bequest Values	<i>Contingent valuation method (CVM)</i>
	b. Option Values	<i>Contingent valuation method (CVM)</i>
	c. Existence Values	<i>Contingent valuation method (CVM)</i>

3. VALUASI EKONOMI KAWASAN KONSERVASI NASIONAL TWP LAUT BANDA

A. Nilai kegunaan (*use value*)

Nilai kegunaan yang dihitung dalam studi ini disesuaikan dengan hasil analisis kesesuaian dan daya dukung kawasan. *Use Value* dibedakan menjadi tiga, yaitu: (1) nilai kegunaan langsung (*direct use value*), (2) nilai kegunaan tidak langsung (*indirect use value*), dan (3) nilai pilihan (*option value*).

B. Nilai kegunaan langsung (*direct use value*)

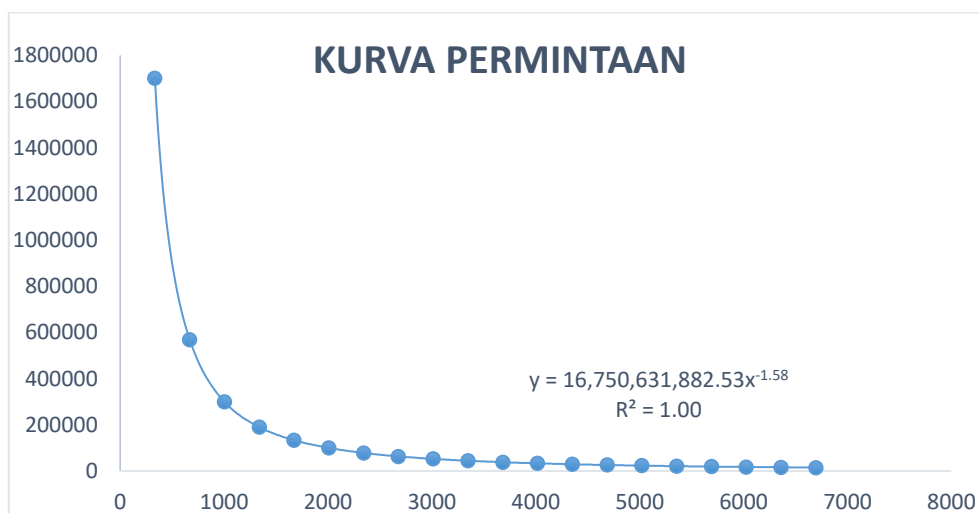
Berdasarkan hasil analisis kesesuaian dan daya dukung kawasan maka nilai ekonomi yang diperoleh dari pemanfaatan langsung di kawasan TWP Laut Banda meliputi manfaat penangkapan ikan, budidaya rumput laut, budidaya tiram mutiara, budidaya ikan kerapu, wisata pantai, wisata snorkeling dan wisata selam.

Manfaat sebagai daerah penangkapan ikan

Penilaian manfaat ekonomi perikanan tangkap berdasarkan fungsinya sebagai penyedia sumberdaya ikan didekati dengan menggunakan teknik EOP, yaitu dengan menilai besaran produktivitas sumber daya ikan pada kawasan TWP Laut Banda. Perhitungan dilakukan dengan cara wawancara terhadap 21 orang nelayan yang menangkap ikan yang rata-rata berumur 38 tahun dan besaran keluarga 4-5 orang. Tingkat pendidikan rata-rata selama 6,75 tahu, atau lulus SD. Hasil regresi linear berganda antara hasil tangkapan dengan peubah harga dan karakteristik nelayan menunjukkan fungsi permintaan sebagai berikut:

$$f(Q) = 16,750,631,882.53 Q^{-1.58}$$

Dari fungsi di atas dapat diperoleh kurva permintaan terhadap ikan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Fungsi Permintaan Perikanan Tangkap di Kawasan TWP Laut Banda

Selanjutnya nilai ekonomi kawasan TWP Laut Banda berdasarkan fungsinya sebagai penyedia sumber daya ikan dapat dihitung dengan cara mencari besaran surplus konsumen (CS) sebesar Rp 2,192,432,794.66.

Manfaat untuk budidaya rumput laut

Nilai ekonomi kawasan sebagai daerah budidaya rumput laut dilakukan dengan menggunakan teknik EOP. Berdasarkan analisis kesesuaian dan daya dukung, luas perairan di TWP Laut Banda yang sesuai untuk kegiatan budidaya rumput laut sebesar 13,26 ha. Nilai manfaat bersih budidaya rumput laut rata-rata sebesar Rp 58.325.714 per tahun. Dengan demikian nilai ekonomi kawasan sebagai penyedia tempat budidaya rumput laut sebesar Rp 773.654.475 per tahun.

Manfaat untuk budidaya tiram mutiara

Nilai ekonomi kawasan sebagai daerah budidaya tiram mutiara dilakukan dengan menggunakan teknik EOP. Berdasarkan analisis kesesuaian dan daya dukung, luas perairan di TWP Laut Banda yang sesuai untuk kegiatan budidaya tiram mutiara sebesar 47,49 ha atau setara dengan 5.267 unit keramba untuk budidaya tiram mutiara berukuran 3x3 meter. Hasil kajian yang dilakukan oleh Bank Indonesia diperoleh nilai manfaat bersih budidaya tiram mutiara per unit mencapai Rp 483.209.063 per ha per tahun. Dengan demikian nilai ekonomi kawasan TWP Laut Banda sebagai penyedia tempat budidaya tiram mutiara sebesar Rp 22.945.625.369 per tahun.

Manfaat untuk budidaya ikan kerapu

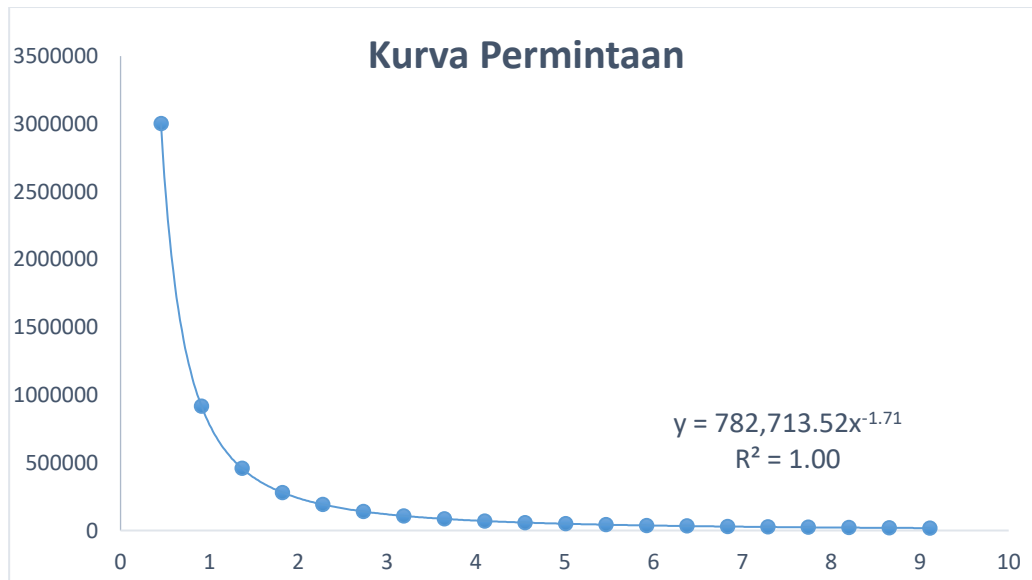
Nilai ekonomi kawasan sebagai daerah budidaya ikan dilakukan dengan menggunakan teknik EOP. Berdasarkan analisis kesesuaian dan daya dukung, luas perairan di TWP Laut Banda yang sesuai untuk kegiatan budidaya ikan kerapu sebesar 2.122,32 ha atau setara dengan 235.813 unit keramba untuk budidaya ikan kerapu berukuran 3x3 meter. Hasil kajian yang dilakukan oleh Bank Indonesia diperoleh nilai manfaat bersih budidaya ikan kerapu per unit mencapai Rp 7.623.273 per tahun. Dengan demikian nilai ekonomi kawasan sebagai penyedia tempat budidaya ikan kerapu sebesar Rp 1.797.668.015.346 per tahun.

Manfaat untuk wisata pantai

Nilai ekonomi kawasan sebagai daerah wisata pantai dilakukan dengan menggunakan teknik biaya perjalanan (*travel cost method*). Perhitungan dilakukan dengan cara wawancara terhadap 9 orang wisatawan yang sedang berkunjung menikmati wisata di TWP Laut Banda. Pengunjung rata-rata berumur 39 tahun dan tingkat pendapatan berkisar Rp 1.000.000 hingga Rp 3.500.000. Jumlah kunjungan berkisar 1-8 kali kunjungan per tahun. Hasil regresi linear berganda antara jumlah kunjungan dengan peubah biaya dan karakteristik nelayan menunjukkan fungsi permintaan sebagai berikut:

$$f(Q) = 782,713.52 Q^{-1.71}$$

Dari fungsi di atas dapat diperoleh kurva permintaan terhadap ikan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Fungsi Permintaan Wisata di Kawasan TWP Laut Banda

nilai ekonomi kawasan TWP Laut Banda berdasarkan fungsinya sebagai penyedia jasa wisata dapat dihitung dengan cara mencari besaran surplus konsumen sebesar Rp 392.681,71 per orang.

Berdasarkan analisis kesesuaian dan daya dukung, luas pantai yang sesuai untuk kegiatan wisata pantai di TWP Laut Banda sebesar 0,37 ha. Daya dukung kawasan untuk wisata pantai sebanyak 56 orang. Besarnya biaya perjalanan per orang untuk menikmati wisata pantai di kawasan TWP Laut Banda rata-rata sebesar Rp 392.681,71. Dengan demikian, dapat dihitung nilai ekonomi kawasan sebagai penyedia wisata pantai sebesar Rp 21.909.813 per tahun.

Manfaat untuk wisata snorkeling

Nilai ekonomi kawasan sebagai daerah wisata dilakukan dengan menggunakan teknik biaya perjalanan (*travel cost method*). Berdasarkan analisis kesesuaian dan daya dukung, luas perairan di TWP Laut Banda yang

sesuai untuk kegiatan wisata snorkling sebesar 21,84 ha. Daya dukung kawasan untuk wisata snorkeling sebanyak 1.747 orang. Besarnya biaya perjalanan per orang untuk kegiatan snorkeling di kawasan TWP Laut Banda rata-rata sebesar Rp 1.650.000 per orang. Dengan demikian, dapat dihitung nilai ekonomi kawasan sebagai penyedia wisata snorkling sebesar Rp 2.882.740.242 per tahun.

Manfaat untuk wisata selam

Nilai ekonomi kawasan sebagai daerah wisata dilakukan dengan menggunakan teknik biaya perjalanan (*travel cost method*). Berdasarkan analisis kesesuaian dan daya dukung, luas perairan di TWP Laut Banda yang sesuai untuk kegiatan wisata selam sebesar 29,38 ha. Daya dukung kawasan untuk wisata selam sebanyak 2.350 orang. Besarnya biaya perjalanan per orang untuk kegiatan wisata selam di kawasan TWP Pieh rata-rata sebesar Rp 2.750.000 per orang. Dengan demikian, dapat dihitung nilai ekonomi kawasan sebagai penyedia wisata selam sebesar Rp 6.463.297.044 per tahun.

C. Nilai kegunaan tidak langsung (indirect use value)

Penilaian fungsi fisik kawasan dilakukan dengan menggunakan pendekatan *replacement cost*. Komponen yang dinilai adalah fungsi ekologi ekosistem terumbu karang sebagai pelindung pantai dari abrasi (*natural breakwater*). Biaya untuk membuat bangunan penahan gelombang yaitu sebesar Rp 4.462.014 per 1 m³ (Aprilwati, 2001 diacu dalam Santoso, 2005). Panjang garis pantai di kawasan TWP Laut Banda yang terlindung oleh ekosistem karang sebesar 21.723,19 meter, sehingga nilai manfaat dari ekosistem karang dengan manfaat sebagai pelindung pantai sebesar Rp 96.929.182.824 per tahun.

D. Nilai pilihan (option value)

Penilaian fungsi fisik ekosistem mangrove dan terumbu karang dilakukan dengan menggunakan pendekatan Benefit Transfer. Komponen yang dinilai adalah fungsi ekologi ekosistem terumbu karang sebagai manfaat pilihan keanekaragaman hayati. Nilai transfer keanekaragaman hayati didekati dengan hasil penelitian Cesar et al (2000) yang menyebutkan bahwa manfaat pilihan ekosistem terumbu karang sebagai keanekaragaman hayati adalah sebesar US\$ 100 per hektar atau sebesar Rp.1.350.000 per hektar (Rp 13.500/1 USD). Kawasan TWP Laut Banda memiliki luas ekosistem mangrove sebesar 1.123.921,29 ha dan terumbu karang seluas 50.084.562,78 ha. Sehingga dapat dihitung bahwa nilai manfaat pilihan ekosistem terumbu karang sebagai penyedia keanekaragaman hayati yaitu sebesar Rp 1.517.293.744.587 per tahun.

E. Nilai bukan kegunaan (non use value)

Nilai kegunaan tidak langsung adalah nilai yang diberikan terhadap sumberdaya atas keberadaannya, meskipun tidak dikonsumsi secara langsung dan juga bersifat sulit diukur karena lebih didasarkan pada preferensi terhadap lingkungan daripada pemanfaatan langsung. Nilai Intrinsik berhubungan dengan kesediaan membayar positif, jika seseorang tidak bermaksud memanfaatkannya. Nilai ini dikelompokkan lagi menjadi dua, yaitu: nilai keberadaan (*existence value*) dan nilai warisan (*bequest value*).

F. Nilai keberadaan (existence value)

Nilai ekonomi kawasan yang dihitung adalah berdasarkan fungsi keberadaan ekosistem tersebut (*existence value*, EV) di mata masyarakat setempat. Penilaian ekonomi kawasan TWP Laut Banda berdasarkan manfaat keberadaannya didekati dengan menggunakan teknik CVM, yaitu dengan menilai kesediaan membayar dari masyarakat sekitar. Perhitungan dilakukan dengan cara wawancara terhadap masyarakat sekitar. Selanjutnya nilai ekonomi kawasan berdasarkan manfaat keberadaannya dihitung dengan cara mencari rata-rata dari fungsi tersebut, yaitu sebesar Rp 1.254.545 per orang per tahun yang kemudian dikalikan dengan jumlah atau banyaknya penduduk di sekitar kawasan, sehingga dapat diperoleh nilai ekonomi kawasan berdasarkan fungsinya adalah sebesar Rp 1.880.563.636 per tahun.

G. Nilai warisan (bequest value)

Nilai ini merupakan nilai ekonomi yang diperoleh dari manfaat pelestarian ekosistem/sumberdaya untuk kepentingan generasi masa depan. Nilai ini berkaitan dengan perlindungan suatu sumberdaya agar dapat diwariskan kepada generasi mendatang sehingga mereka dapat mengambil manfaat daripadanya sebagai manfaat yang telah diambil oleh generasi sebelumnya. Perhitungan nilai ekonomi didekati dengan *compensation cost* dalam menjaga kelestarian sumberdaya.

Terkait dengan kebutuhan biaya untuk pengelolaan Kawasan Konservasi Perairan, maka saat ini terdapat beberapa literatur yang dapat dijadikan dasar menghitung kebutuhan biaya. Collin *et al.* (2006) menyatakan bahwa untuk mengelola kawasan konservasi perairan yang kecil (luas < 10.000 ha) diperlukan biaya US\$ 65,70 per ha per tahun, kawasan konservasi perairan yang sedang (10.000 ha < luas kawasan konservasi perairan < 120.000 ha) diperlukan biaya US\$ 14,46 per ha per tahun, kawasan konservasi perairan yang besar (120.000 ha < luas kawasan konservasi perairan < 1 juta Ha) diperlukan biaya US\$ 7,86 per ha per tahun, dan untuk kawasan konservasi perairan yang sangat besar (luas > 1 juta ha) diperlukan biaya hanya US\$ 1,54 per ha per tahun.

Luas kawasan TWP Laut Banda sebesar 2.500 ha dan tergolong kecil. Besaran biaya pengelolaannya sebesar US\$ 65,7 per ha per tahun atau sebesar Rp 886.950 per ha per tahun (Rp 13.500/1 USD). Dengan demikian dapat dihitung nilai ekonomi kawasan sebesar Rp 2.217.375.000 per tahun.

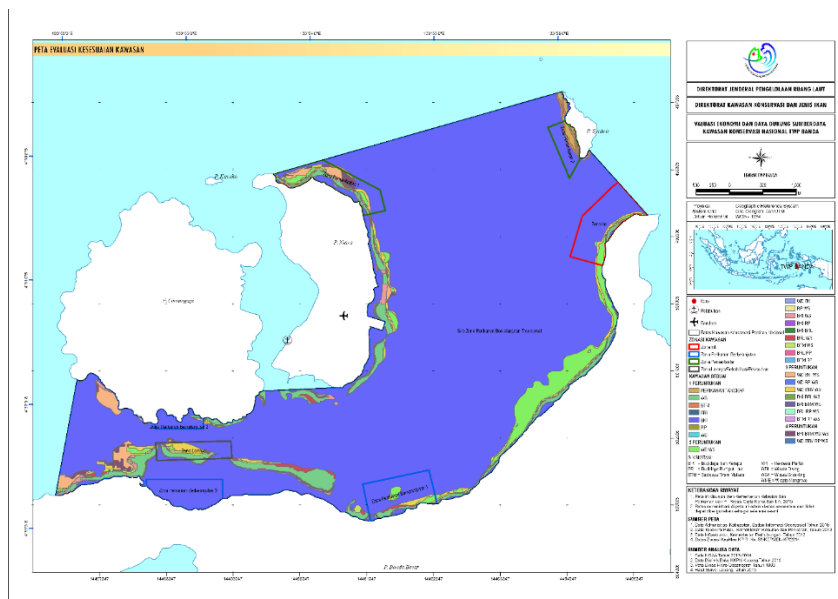
H. Nilai Ekonomi Total

Hasil perhitungan nilai ekonomi total kawasan TWP Laut Banda secara keseluruhan sebesar Rp 3.451.268.541.132 per tahun. Rincian nilai ekonomi total berdasarkan nilai masing-masing manfaat ekonomi di Kawasan TWP Laut Banda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Ekonomi Total Kawasan TWP Laut Banda

No	KLASIFIKASI NILAI	METODE PENILAIAN	Nilai Total
A	Nilai Kegunaan (Use Value)		
1	Nilai Pakai Langsung (Direct Use Values)		
	- penangkapan ikan	EOP	2.192.432.795
	- budidaya rumput laut	EOP	773.654.475
	- budidaya tiram mutiara	EOP	22.945.625.369
	- Budidaya ikan kerapu	EOP	1.797.668.015.346
	- Wisata pantai	TCM	21.909.813
	- Wisata snorkling	TCM	2.882.740.242
	- Wisata selam	TCM	6.463.297.044
2	Nilai Pakai Tidak Langsung (Indirect Use Values)		
	- terumbu karang sebagai pelindung pantai	Replacement cost	96.929.182.824
3	Option Values		
	- keanekaragaman hayati terumbu karang	Benefit transfer	1.517.293.744.587
B	Nilai Bukan Kegunaan (Non Use Values)		
1	Existence Values	CVM	1.880.563.636
2	Bequest Values	Compensation Costs	2.217.375.000
	Total Nilai Ekonomi Kawasan TWP Laut Banda		3.451.268.541.132

Gambaran selengkapnya mengenai peta nilai ekonomi total di Kawasan TWP Laut Banda dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Peta nilai ekonomi total di Kawasan TWP Laut Banda

4. ARAHAN DAN REKOMENDASI KEBIJAKAN

Penilaian ekonomi kawasan konservasi dilakukan berdasarkan kesesuaian dan daya dukung sehingga diperoleh nilai ekonomi potensial yang keberlanjutan. Pada beberapa wilayah kawasan konservasi terjadi tumpang

tindih kesesuaian, misalnya di TWP Pieh terdapat tumpang tindih kawasan yang sesuai untuk perikanan tangkap, perikanan budidaya dan wisata selam. Berdasarkan prinsip ekonomi, maka pertimbangan keuntungan maksimum menjadi pilihan. Pada kasus tumpang tindih kesesuaian maka pemanfaatan yang dipilih adalah yang memberikan nilai ekonomi tertinggi, sehingga akan diperoleh nilai ekonomi total yang maksimum. Nilai ekonomi total maksimum ini sudah mempertimbangkan aspek kesesuaian dan daya dukung sehingga sudah dapat dikatakan nilai ekonomi total yang berkelanjutan.

Satu hal yang menjadi pertimbangan lagi yaitu zonasi dan aturan bentuk pemanfaatan yang dibolehkan pada setiap zona. Pada zona inti misalnya, meskipun berdasarkan analisis kesesuaian dapat dimanfaatkan untuk kegiatan perikanan budidaya, kegiatan tersebut tidak sesuai dengan aturan zonasi. Oleh karena itu, tumpang tindih terakhir dengan zonasi akan menentukan bentuk pemanfaatan kawasan. Pada kasus tersebut, zona inti tidak dibolehkan untuk perikanan budidaya meskipun sesuai untuk budidaya perikanan, sehingga zona inti tersebut tidak memiliki nilai pemanfaatan langsung. Berdasarkan penjelasan tersebut, nilai ekonomi total tidak akan mencapai nilai maksimum, tetapi sudah mempertimbangkan zonasi yang telah dibentuk sebelumnya, sehingga nilai ekonomi totalnya dapat dikatakan nilai ekonomi total optimum. Nilai ekonomi total optimum ini tentu sudah mempertimbangkan keberkelanjutan.

Nilai ekonomi total maksimum seperti yang telah diuraikan di atas menunjukkan nilai ekonomi total yang dapat diperoleh dari pemanfaatan kawasan konservasi secara berkelanjutan dengan potensi nilai yang tetap selama periode tertentu. Berbeda dengan nilai ekonomi total optimum yang telah mempertimbangkan zonasi. Nilai ekonomi total optimum menunjukkan nilai ekonomi total yang dapat diperoleh dari pemanfaatan kawasan konservasi secara berkelanjutan dengan potensi nilai yang semakin meningkat sampai periode tertentu. Hal ini dimungkinkan karena adanya zonasi memungkinkan area yang terlindung dari pemanfaatan yang dikemudian waktu masih memungkinkan untuk jenis pemanfaatan yang baru ditemukan dengan nilai ekonomi yang jauh lebih tinggi.

Nilai ekonomi total hasil perhitungan tersebut berdasarkan kesesuaian dan daya dukung, meskipun bentuk pemanfaatan yang sesuai belum tentu sudah dimanfaatkan. Oleh karena itu nilai ekonomi tersebut merupakan nilai ekonomi potensial. Beberapa nilai pemanfaatan langsung (direct use value) seperti perikanan budidaya dan wisata, dapat dikembangkan di kawasan seperti ini. Namun demikian, pengembangan implementasi direct use value harus tetap terkendali sesuai dengan daya dukung. Pengendalian pemanfaatan seperti ini dapat dilakukan oleh pemerintah dengan mengutamakan peran serta masyarakat dalam pemanfaatan potensi pemanfaatan tersebut. Pengikut sertaan masyarakat diharapkan dapat membantu upaya pengawasan. Oleh karena itu sosialisasi pengembangan pemanfaatan sangat diperlukan pada tahap awal implementasinya.

Pemetaan kesesuaian dan daya dukung dilakukan setelah adanya zonasi dan deliniasi luas kawasan sesuai zonasi. Oleh karena itu terkadang ditemukan adanya perbedaan luasan antara luas total areal berdasarkan deliniasi kawasan dengan luas total areal berdasarkan analisis kesesuaian. Perbedaan ini dimungkinkan oleh adanya perbedaan waktu dan peralatan penentu posisi yang digunakan.

Berdasarkan uraian-uraian sebelumnya, maka arahan kebijakan yang dapat direkomendasikan adalah sebagai berikut:

- a. Apabila terjadi tumpang tindih kesesuaian pada zona pemanfaatan maka yang dipilih adalah kesesuaian yang memiliki nilai ekonomi tertinggi,
- b. Apabila terjadi tumpang tindih kesesuaian yang tidak dimungkinkan karena aturan zonasi maka yang dipilih adalah kesesuaian yang memenuhi aturan zonasi.
- c. Apabila ditemukan adanya perbedaan luas kawasan antara luas kawasan hasil zonasi dengan luas kawasan hasil analisis kesesuaian, maka yang digunakan adalah luas kawasan hasil zonasi, sementara hasil perhitungan nilai ekonomi total disesuaikan dengan luas kawasan hasil zonasi.
- d. Pengembangan potensi manfaat langsung (direct use value) untuk peningkatan nilai ekonomi total.
- e. Pengikut sertaan masyarakat dalam implementasi pemanfaatan potensial untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal sekaligus memudahkan pengawasan dan pengendalian.
- f. Sosialisasi kesesuaian kawasan dan daya dukung kawasan kepada masyarakat lokal untuk memudahkan pengendalian pemanfaatan kawasan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Wiloughby (1968) yang diacu oleh Boyd (1990), Penentuan Daya Dukung Berdasarkan Kapasitas Kandungan Oksigen Terlarut Dalam Badan Air.
- SK Menteri Kehutanan Nomor 72/Kpts-II/1991 tentang Penunjukan Sebagian Kepulauan Aru bagian Tenggara sebagai Cagar Alam Laut. Berdasarkan Berita Acara Serah Terima Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam dari Departemen Kehutanan kepada Departemen Kelautandan Perikanan Nomor: BA.01/Menhut-IV/2009–BA.108/MEN.KP/III/2009 tanggal 4 Maret 2009, Kawasan Konservasi

- Kepulauan Aru Bagian Tenggara dan Laut di Sekitarnya selanjutnya dikelola oleh Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Departemen Kehutanan (1992) Populasi Mangrove di TWP Kapoposang dan Laut di Sekitarnya.
- SK Menteri Kehutanan dan Perkebunan RI, Surat Keputusan No. 91/Kpts-VI/1997 tanggal 13 Februari 1997 sebagai Kawasan Taman Wisata Alam Laut (TWAL) Kawasan Kepulauan Padaido dan Perairan Sekitarnya.
- SK Menteri Kehutanan No. 85/Kpts-II/1993 Taman Wisata Perairan Gili Matra pada Tahun 2001 ditetapkan sebagai Kawasan Pelestarian Alam Perairan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan No. 99/Kpts-II/2001.
- Departemen Kehutanan kepada Departemen Kelautan dan Perikanan Nomor: BA. 01/Menhut-IV/2009– BA. 108/MEN.KP/III/2009 Berita Acara Serah Terima Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam.
- Menteri Kehutanan No. 588/Kpts-VI/1996 tanggal 12 September 1996 tentang Kepulauan Kapoposang Merupakan Bagian Dari Kepulauan Spermonde dan Secara Administratif Masuk Dalam Wilayah Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan.
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor Per.17/Men/2008 tentang Kawasan Konservasi di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Undang-undang Nomor 40 Tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Seram Bagian Timur, Kabupaten Seram Bagian Barat, dan Kabupaten Kepulauan Aru di Provinsi Maluku.
- UU No. 31 Tahun 2004 Tentang Perikanan beserta Perubahannya (UU No.45 Tahun 2009).
- Fauzidan Anna (2005), Pendekatan Produktifitas Melalui Perhitungan Kuantitatif.
- UU No. 27 Tahun 2007 jo UU No. 1 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Mengarahkan Bahwa Pemerintah dan Seluruh Stakeholder Pembangunan Kelautan Dan Perikanan Lainnya Untuk Mewujudkan Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Berkelanjutan.
- World Ocean Conference (WOC) tahun 2009 deklarasikan Komitmen untuk Membangun 20 juta ha Kawasan Konservasi Perairan, Pesisir, dan Pulau-pulau Kecil pada tahun 2020.
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor Per.02/Men/2009 tentang Tata Cara Penetapan Kawasan Konservasi Perairan serta Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor KEP. 70/MEN/2009 tanggal 3 September 2009. Tentang Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) dengan fungsi sebagai Taman Wisata Perairan (TWP) Pulau Pieh dan Laut di Sekitarnya di Provinsi Sumatera Barat.
- Departemen Kelautan dan Perikanan Berita Acara tanggal 4 Maret 2009 dengan nomer BA 01/Menhut-IV/2009 dan BA 108/Men.KP/III/2009, Serah Terima Pengelolaan. Dan Selanjutnya Dirubah Nomenklatur Menjadi Taman Wisata Perairan (TWP) Kepulauan Kapoposang dan Laut Sekitarnya melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 66/MEN/2009 tentang Penetapan Kawasan Konservasi Perairan Nasional Kepulauan Kapoposang dan laut di sekitarnya di Provinsi Sulawesi Selatan.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. Kep.67/MEN/2009 tentang Penetapan Kawasan Konservasi Perairan Nasional Pulau Gili Ayer, Gili Meno dan Gili Trawangan di Provinsi Nusa Tenggara Barat.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan sesuai dengan nama Taman Wisata Perairan Kepulauan Padaido dan Laut di sekitarnya (TWP Pulau Padaido). Berita Acara Serah Terima no: BA.01/menhut-IV/2009 dan No BA. 108/MEN.KP/III/2009 pada tanggal 4 maret 2009.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor KEP. 63/MEN/2009 tentang Penetapan Kawasan Konservasi Perairan Nasional Kepulauan Aru Bagian Tenggara dan Laut di Sekitarnya.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP. 68/MEN/2009 tentang Penetapan Kawasan Konservasi Perairan Nasional Kepulauan Padaido dan Laut di Sekitarnya di Provinsi Papua.
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor Per.30/Men/2010 tentang Rencana Pengelolaan dan Zonasi Kawasan Konservasi Perairan.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2013. Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Kabupaten/Kota. Jakarta
- Direktorat KKJI-KP3K. Pedoman Umum Pemanfaatan Kawasan Konservasi Perairan Untuk Budidaya Perikanan. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. SNI 8175:2015, Sarana Budidaya-Keramba Jaring Apung Segi Empat Polyethylene Untuk Pembesaran Ikan di Laut. Jakarta
- COREMAP II Agustus 2011. Survey Monitoring Kesehatan Terumbu Karang TWP Kepulauan Kapoposang dan Laut di Sekitarnya.
- (Survey Lapangan, 2011). Budidaya Kerang Mutiara Salah Satu Wilayah yang Menjadi Zona Pengembangan Budidaya Kerang Mutiara yaitu di Wilayah Kepulauan Banda, Tepatnya di daerah Spancibi, Selamon di Pulau Banda Besar
- Aji N dan Murdjani M. 1986. Budidaya rumput laut. Ditjen Perikanan Budidaya–International Development Research Centre. Jakarta
- Analisis Citra Satelit oleh PKSPL IPB (2011), Luas ekosistem terumbu karang di sekitar Kepulauan Aru
- Anggadiredja JT dan Zathika A. 2006. Rumput laut. PT. Penebar Swadaya. Jakarta

- Dahuri R, Ginting SP, RaisJ, dan MJ Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Davis D dan Tisdell C. 1995. Recreational scuba-diving and carrying capacity in marine protected areas. *Ocean and Coastal Management*. Vol 26, No1. Elsevier. Northern Ireland
- ESRI. 2010. ModelBuilder – Executing Tools Tutorial
- Indriani H dan Sumiarsih E. 1999. Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Rumput Laut. PT. Penebar Swadaya. Jakarta
- PKSPL IPB (2011) Mata Pencarian Utama Masyarakat di Sekitar SAP Kepulauan Aru Bagian Tenggara
- Pardede et al, (2012). Pengamatan Persentase Penutupan Karang Keras di Kawasan TWP Gili Ayer, Gili Meno, dan Gili Trawangan
- Yulianda F. 2007. Ekowisata Bahari Sebagai Alternatif Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir Berbasis Konservasi. Standar Sains Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemetaan Sektor Perikanan Laut Kabupaten/ Kota Jawa Timur dengan Metode *Fuzzy K-Means Clustering*

R.A. Norromadani.Y¹, Farizi Rahman², M. Basuki Rahmat³

¹Program Studi Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Prodi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan
Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Prodi Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*norromadaniyuniati@gmail.com

Abstrak

Sebagai sebuah Provinsi yang memiliki potensi sumber daya perikanan terbesar di Indonesia dengan produksi 362.624 ton/tahun sudah selayaknya Jawa Timur memiliki data perikanan laut yang terjabarkan secara spesifik. Berdasarkan kenyataan ini, perlu dikaji lebih mendalam mengenai penyebaran potensi perikanan kabupaten/kota di Jawa Timur, disusun suatu sistem yang terintegrasi sehingga pada akhirnya mampu memberikan *value added* bagi masyarakat setempat setiap kabupaten/kota di Jawa Timur khususnya, dan meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi provinsi Jawa Timur. Seperti yang telah dilakukan oleh Ardiansyah (2014), Pemetaan sektor perikanan dilakukan dengan menggunakan *hierarchical clustering*, dengan menggunakan beberapa variabel perikanan tangkap dan perikanan budidaya. Penelitian ini dilakukan dengan metode berbeda dari sebelumnya, yakni memetakan sektor perikanan laut di Jawa Timur secara optimal dengan menggunakan metode *fuzzy k-means clustering*. Metode *fuzzy k-means clustering* memiliki beberapa kelebihan, antara lain mampu membuat *cluster* secara optimum dan *robust* terhadap beberapa gangguan. Hasil *cluster* selanjutnya akan digunakan sebagai dasar identifikasi potensi sektor dan kekurangan perikanan tangkap di kabupaten/kota Jawa Timur dengan menggunakan *biplot analysis*. Pemetaan sektor perikanan laut di Jawa Timur ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna untuk menentukan kebijakan yang terarah dan komprehensif, serta membantu pelaku usaha memanfaatkan informasi potensi dan kekurangan sektor perikanan setiap Kabupaten/Kota dalam rangka pengembangan bisnis. Berdasarkan hasil pemetaan dengan menggunakan *fuzzy k-means*, maka didapatkan hasil 4 *cluster* yang optimum dengan nilai *indicrate* 0,0244. Cluster A merupakan kelompok potensi perikanan laut tertinggi di Jawa Timur, dengan rata-rata jumlah nelayan sebesar 31.378 orang, produksi ikan sebesar 60.018,17 ton dan nilai produksi ikan Rp. 881.194.865,3. yang terdiri dari Banyuwangi, Lamongan, Sumenep. Kedua, Cluster B memiliki potensi perikanan laut tertinggi ke dua, dan yang termasuk dalam cluster ini adalah Gresik, Pamekasan, dan Mojokerto. Ketiga, Cluster C memiliki potensi perikanan laut tertinggi ketiga yang termasuk dalam cluster ini adalah Kabupaten/ Kota Pacitan, Trenggalek, Malang, Jember, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Bangkalan, dan Sampang. Kelompok ketiga ini relatif memiliki karakteristik mirip dengan kelompok kedua dengan rata-rata jumlah nelayan 7.754. Kelompok keempat merupakan kawasan yang memiliki jumlah nelayan paling kecil dan produksi ikan paling kecil.

Kata Kunci: Perikanan, Fuzzy K-Means, Visual Clustering

1. PENDAHULUAN

Perekonomian suatu Negara tidak lepas dari seberapa besar kontribusi setiap sektor terhadap pendapatan nasionalnya. Salah satu alat ukur pendapatan nasional yang masih banyak digunakan saat ini adalah GNP dan GNI (Gross National Product dan Gross National Income). GNP dan GNI merupakan alat ukur yang paling menyeluruh bagi output nasional untuk menilai semua barang atau jasa yang dihasilkan sebuah Negara selama satu tahun diukur menurut harga pasar. GNP diperoleh dari GDP (Gross Domestic Product) setiap provinsi di Indonesia yang dilihat dari 3 sisi: produksi, pendapatan dan pengeluaran. Berdasarkan data statistik tahun 2014, diketahui bahwa distribusi Produk Domestik Regional Bruto Jawa Timur diperoleh dari sektor industri dan pengolahan sebesar 28,90%, sektor perdagangan, hotel dan restoran sebesar 17,24%, dan yang ketiga sektor pertanian, kehutanan dan perikanan sebesar 13,73%.

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa sektor perikanan memberikan kontribusi yang cukup besar selama 3 tahun terakhir, yaitu Rp.27.520,87 M (tahun 2012), Rp.32.104,07 M (tahun 2013), dan Rp. 37.442,32 M (tahun 2014). Sehingga dapat dikatakan, bahwa sektor maritim merupakan salah satu sektor strategis di Indonesia. Negeri ini diharapkan menjadi negara maritim yang mandiri, maju, kuat, dan berbasiskan kepentingan

nasional. Saat ini, Indonesia merupakan negara maritim dengan 70% wilayah berupa lautan. Indonesia memiliki wilayah laut seluas 5,8 juta kilometer persegi yang terdiri dari wilayah teritorial sebesar 3,2 juta kilometer persegi dan wilayah Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) 2,7 juta kilometer persegi. Selain itu, terdapat 17.504 pulau di Indonesia dengan garis pantai sepanjang 95.181 km (BPS, 2015).

Seiring perkembangan lingkungan strategis, peran laut menjadi signifikan serta dominan dalam mengantar kemajuan suatu negara. Jika kekuatan dan kekayaan laut diberdayakan, maka akan meningkatkan kesejahteraan dan keamanan suatu negara. Salah satu kekayaan laut yang perlu diperhatikan adalah sektor perikanan. Potensi sumber daya perikanan tangkap, budaya, dan pengolahan sebesar US\$ 29 miliar per tahun. Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi dengan volume hasil perikanan tangkap di laut terbesar di Indonesia dengan produksi 362.624 ton/tahun.

Pemerintah Jawa Timur melansir bahwa konsumsi ikan Provinsi Jawa Timur tidak kurang dari 31,6 kg/kapita/tahun. FAO (*Food and Agriculture Organization*) memiliki standar minimal konsumsi ikan di dunia yaitu 30 kg/tahun. Dengan demikian, konsumsi ikan di Jawa Timur sudah melebihi standar FAO. Konsumsi ikan yang tinggi di Jawa Timur berkaitan erat dengan produksi ikan yang terjadi di wilayah ini. Jika konsumsi ikan tinggi, maka idealnya produksi ikan di Jawa Timur juga harus tinggi. Data volume produksi perikanan tangkap di Jawa Timur mencapai 375.823,8 ton per tahun yang merupakan angka tertinggi kedua di Indonesia (BPS, 2015). Data-data tersebut menunjukkan bahwa sektor Perikanan di Jawa Timur sangat menarik untuk dipelajari dengan potensi yang cukup besar termasuk kapal-kapal penangkap ikan yang menjadi penopang utama sektor ini.

Kenyataannya, potensi setiap kabupaten/kota di Jawa Timur belum terjabarkan secara spesifik. Sehingga perlu dikaji lebih mendalam mengenai penyebaran potensi perikanan kabupaten/kota di Jawa Timur, disusun suatu sistem yang terintegrasi sehingga pada akhirnya mampu memberikan *value added* bagi masyarakat setempat setiap kabupaten/kota di Jawa Timur khususnya, dan meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi provinsi Jawa Timur. Adapun langkah awal yang telah dilakukan tim penelitian ini adalah mengumpulkan data sektor perikanan dan laju pertumbuhan ekonomi dan pendapatan regional Jawa Timur melalui Bapan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Sebagai tahap awal penelitian ini, dibagi menjadi dua subjek penelitian yaitu perikanan laut dan perairan umum. Setiap kelompok terdiri dari 6 variabel utama, seperti jumlah nelayan/ petani ikan, rumah tangga/ perusahaan perikanan, jumlah perahu/ kapal yang digunakan, alat penangkap ikan, volume produksi ikan, dan nilai produksi ikan dalam rupiah. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *fuzzy k-means clustering* dan analisis biplot.

Pemetaan sektor perikanan pernah dilakukan dengan menggunakan *hierarchical clustering*, dengan menggunakan beberapa variabel perikanan tangkap dan perikanan budidaya (Ardiansyah, 2014). Metode pemetaan / pengelompokan yang biasa digunakan antara lain *hierarchical clustering* dengan *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, dan sebagainya. Sedangkan untuk metode clustering non hirarki ada metode yang biasa digunakan yaitu *K-means Clustering*

Pada tahun 2011, Jacob Bezdek dalam Syoer menemukan metode *Fuzzy K-Means* yang merupakan salah satu metode pengelompokan yang dikembangkan dari *K-Means* dengan menerapkan sifat *fuzzy* keanggotaannya. Penelitian tentang *Fuzzy K-Means* pernah dilakukan oleh Karti (2013) untuk mengelompokkan indikator pendidikan. Penelitian Sukim (2011) yang menunjukkan bahwa metode *Fuzzy K-Means* lebih kokoh mempertahankan banyaknya *cluster* terhadap adanya data pencilan jika dibandingkan dengan metode *K-Means*.

Pemetaan kabupaten/kota di Jawa Timur ini penting dilakukan dalam rangka membantu pihak terkait membuat perencanaan dan kebijakan yang sesuai. Disamping itu, hasil pemetaan ini membantu bagi pelaku bisnis untuk melihat peta potensi sektor perikanan. Upaya pemetaan ini diharapkan mampu menggabungkan kabupaten/kota yang memiliki kesamaan indikator. Dengan demikian, pemetaan sektor perikanan tangkap akan membantu pihak terkait untuk membuat kebijakan yang lebih terarah karena penanganan akan disesuaikan dengan karakteristik masing-masing kabupaten/kota dan membantu pelaku bisnis untuk membuat strategi yang tepat untuk pengembangan produk-produk hasil olahan perikanan.

Permasalahan penelitian yang diangkat pada penelitian ini adalah mendeskripsikan karakteristik kabupaten/kota di Jawa Timur dengan analisis deskriptif. Kemudian melakukan pemetaan potensi sektor perikanan laut kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan jumlah nelayan/ petani ikan, rumah tangga/ perusahaan perikanan, jumlah perahu/ kapal yang digunakan, alat penangkap ikan, volume produksi ikan, dan nilai produksi ikan dalam rupiah untuk kelompok perikanan laut dengan metode *fuzzy k-means clustering*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Kabupaten/kota di Jawa Timur dan menganalisa potensi sektor perikanan Jawa Timur dengan membuat pemetaan kabupaten/kota di Jawa Timur, berdasarkan jumlah nelayan/ petani ikan, rumah tangga/ perusahaan perikanan, jumlah perahu/ kapal yang digunakan, alat penangkap ikan, volume produksi ikan, dan nilai produksi ikan dalam rupiah kelompok perikanan laut. Adapun subjek Penelitian ini adalah Kabupaten/kota Jawa Timur dengan objek penelitian sejumlah 29 kabupaten dan 9 kota di Jawa Timur, sehingga total kabupaten/kota yang akan menjadi objek penelitian adalah 38 wilayah perikanan air laut.

2. METODOLOGI

Metode *Fuzzy K-Means* merupakan salah satu metode pengelompokan yang dikembangkan dari *K-Means* dengan menerapkan sifat *fuzzy* keanggotaannya. Menurut Bezdek dalam Syoer (2011) metode *Fuzzy K-Means* mengalokasikan kembali data ke dalam masing-masing kelompok memanfaatkan teori *fuzzy*. Dalam metode *Fuzzy K-Means* dipergunakan variabel *membership function* (u_{ik}), yang merujuk pada seberapa besar kemungkinan suatu data bisa menjadi anggota ke dalam suatu kelompok. *Fuzzy K-Means* memperkenalkan suatu variabel m yang merupakan *weighting exponent* dari *membership function*. Variabel ini dapat mengubah besar pengaruh dari *membership function*, dalam proses *clustering* menggunakan metode *Fuzzy K-Means*, m mempunyai wilayah nilai lebih besar dari 1 ($m > 1$). Sampai sekarang tidak ada ketentuan yang jelas berapa besar nilai m yang optimal dalam melakukan proses optimasi suatu permasalahan *clustering*. Nilai m yang umum digunakan adalah 2.

Membership function untuk suatu data ke suatu kelompok tertentu dihitung menggunakan rumus (2.1) sebagai berikut (Sukim, 2011).

$$u_{ik} = \sum_{j=1}^c \left[\left(\frac{D(x_k, v_i)}{D(x_k, v_j)} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (2.1)$$

dimana:

- u_{ik} = *Membership function* data ke- k ke kelompok ke- i
- v_i = Nilai *centroid* kelompok ke- i
- v_j = Nilai *centroid* kelompok ke- j
- m = *Weighting exponent*
- c = Banyaknya *cluster*

Membership function mempunyai jangkauan nilai $0 \leq u_{ik} \leq 1$. Data item yang mempunyai tingkat kemungkinan yang lebih tinggi ke suatu kelompok akan mempunyai nilai *membership function* ke kelompok tersebut yang mendekati angka 1 dan kelompok yang lain mendekati angka 0, dengan syarat $1 < m < \infty$, $0 \leq u_{ik} \leq 1$, $\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1$.

Algoritma *Fuzzy C-Mean* (Bezdek dkk, 1984).

1. Menentukan jumlah *cluster*, misal c .
2. Menentukan inisiasi awal matriks partisi U .
3. Menghitung *centroid* dari masing-masing kelompok
4. Menghitung *distance space*, yang merupakan jarak *euclidean* kuadrat dengan rumus sebagai berikut.

$$D_{ik} = D(x_k, v_i) = \sum_{i=1}^c \|x_k - v_i\|^2 = \sqrt{\sum_{i=1}^c (x_k - v_i)^2} \quad (2.2)$$

dengan:

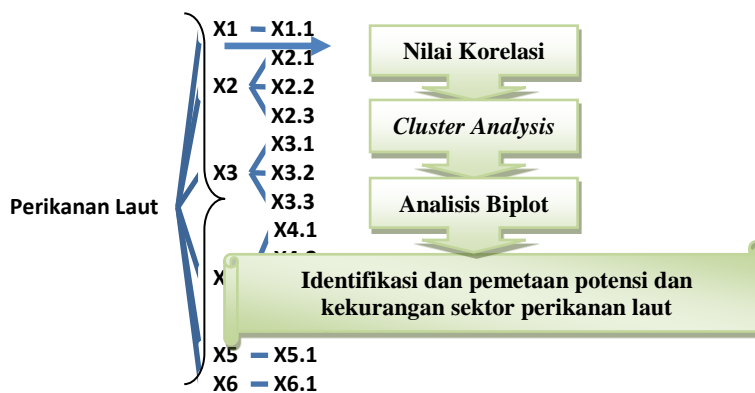
- D_{ik} = Jarak antara objek dengan pusat kelompok
 - x_k = Variabel ke- k
 - v_i = Nilai *centroid* (pusat kelompok) kelompok ke- i
 - c = Banyak *cluster*
5. Menghitung nilai *membership function* masing-masing data ke masing-masing kelompok
 6. Apabila $|U^l - U^{(l-1)}| < \epsilon$, maka proses berhenti. Namun apabila perubahan nilai *membership function* masih di atas nilai *threshold* (ϵ), maka kembali ke langkah 3.

Data perikanan tangkap dari Dinas Kelautan Perikanan (DKP), dan data sektor perikanan Kabupaten/Kota Jawa Timur yang disajikan oleh Biro Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur terbagi ke dalam beberapa variabel yang digunakan sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel	Indikator	Satuan
Nelayan/ petani ikan (X_1)	Jumlah nelayan/ petani ikan ($X_{1,1}$)	Orang
Rumah tangga/ perusahaan perikanan (X_2)	- Tanpa perahu ($X_{2,1}$) - Perahu tanpa motor ($X_{2,2}$) - Perahu motor tempel ($X_{2,3}$)	Unit
Perahu/ kapal ikan yang digunakan (X_3)	- Perahu tanpa motor ($X_{3,1}$) - Perahu motor tempel ($X_{3,2}$) - Kapal motor ($X_{3,3}$)	Buah
Alat penangkap ikan (X_4)	- Payang ($X_{4,1}$) - Jaring insang ($X_{4,5}$) - Degol ($X_{4,2}$) - Pukat cincin ($X_{4,4}$) - Pukat pantai ($X_{4,3}$)	Unit
Produksi ikan (X_5)	Volume produksi ikan ($X_{5,1}$)	Ton
Nilai produksi ikan (X_6)	Nilai produksi ikan dalam satuan uang ($X_{6,1}$)	Rupiah

Berikut rancangan penelitian ini:



Gambar 1. Tahapan, Teknik Pengumpulan dan Analisis Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan untuk mencapai tujuan permasalahan penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kajian pustaka
 Kajian pustaka terus dilakukan selama penelitian berlangsung untuk meningkatkan pengetahuan pelaksana kegiatan. Kajian pustaka dilakukan dengan melakukan telaah buku-buku dan artikel-artikel yang bersesuaian dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.
2. Pengambilan data sekunder dari Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) dan Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, untuk semua variabel pada setiap kabupaten/kota Jawa Timur sejumlah 29 kabupaten dan 9 kota, sehingga total kabupaten/kota yang akan menjadi objek penelitian adalah 38 wilayah.

Adapun struktur data yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Struktur Data Penelitian

No	Kabupaten/Kota	Variabel dan indikator									
		X_1	X_2			X_3			...	X_{14}	
		$X_{1.1}$	$X_{2.1}$	$X_{2.2}$	$X_{2.3}$	$X_{3.1}$	$X_{3.2}$	$X_{3.3}$	dan seterusnya..		
1	Kab. Pacitan										
2	Kab. Ponorogo										
3.	Kab. Trenggalek										
...	...										
37.	Kota Surabaya										
38.	Kota Batu										

Setelah variabel yang diukur selesai ditentukan, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengambilan data. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka digunakan data sekunder yang didapatkan dari Dinas Kelautan dan Perikanan Jawa Timur di Surabaya.

3. Teknik pengolahan dan intepretasi data
 - a. Melakukan pengambilan data di Dinas Kelautan dan Perikanan Jawa Timur
 - b. Setelah mendapatkan data, maka data tersebut diolah dengan menggunakan diagram lingkaran.
 - c. Melakukan Pengujian data Normal Multivariat, sebagai syarat *clustering analysis*
 - d. Menggunakan metode *fuzzy k-means clustering* berdasarkan variabel sektor perikanan tangkap.
 - e. Melakukan analisis biplot.
 - f. Membuat analisa data dan identifikasi potensi dan kekurangan sektor perikanan tangkapdi masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur.
4. Penarikan kesimpulan
 Seluruh rangkaian kegiatan di atas akan dilaporkan dalam bentuk sebuah laporan akhir. Laporan akhir berisi penjelasan pelaksanaan kegiatan penelitian dan pembahasan hasil dan analisa penelitian yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pemetaan dengan menggunakan *fuzzy k-means*, maka didapatkan hasil 4 *cluster* yang optimum dengan nilai *indicate* 0,0244. Berikut ini hasil pengelompokan Kabupaten/ Kota Jawa Timur pada **sektor perikanan laut** berdasarkan data dari “Jawa Timur dalam Angka tahun 2015” dengan menggunakan *Fuzzy K-Means Clustering* terbagi menjadi 4 cluster, yaitu:

- *Cluster A*

Cluster A merupakan kelompok yang memiliki potensi perikanan laut **tertinggi** di Jawa Timur, dengan rata-rata jumlah nelayan sebesar 31.378 orang, produksi ikan sebesar 60.018,17 ton dan nilai produksi ikan Rp. 881.194.865,3. Adapun Kabupaten/ Kota di Jawa timur yang termasuk dalam cluster ini adalah Banyuwangi, Lamongan, Sumenep. Nilai rata-rata Rumah Tangga Perikanan Perikanan Laut yang ada pada anggota cluster sebesar 3.280,67 unit dengan Perahu/ Kapal Ikan yang Digunakan sejumlah 6985 buah dan Alat Penangkap Ikan sejumlah 552.511,33 unit. Nilai ini mengindikasikan potensi perikanan laut yang besar pada anggota cluster dan pengelolaan yang sangat baik sehingga dapat menghasilkan nilai produksi yang tinggi diantara keempat cluster.

Diantara anggota cluster A, Kabupaten Sumenep memiliki jumlah nelayan tertinggi sebesar 40.200 orang, namun nilai produksi ikan yang dilakukan di Kabupaten ini terendah dalam cluster A yakni sejumlah 47.091,9 ton atau bernilai Rp. 768.665.500,-. Dari hasil ini, diketahui bahwa potensi perikanan laut yang sangat besar masih belum dikelola secara optimal di Kabupaten Sumenep, terbukti dari jumlah dan nilai produksi ikan yang relatif rendah dibandingkan ketiga Kabupaten/ Kota dalam kelompok cluster A ini.

Berikutnya, Kabupaten Lamongan memiliki jumlah nelayan tertinggi ke dua dalam cluster A sejumlah 28.154 orang dengan produksi ikan sejumlah 72.496,5 ton dan nilai produksi ikan Rp. 844.862.076. Berdasarkan jumlah produksi ikan menduduki posisi tertinggi dalam cluster A, tetapi nilai produksi ikan di Kabupaten lamongan ini lebih rendah dari pada Kabupaten Banyuwangi tetapi lebih tinggi dari Kabupaten Sumenep.

Kabupaten Banyuwangi memiliki jumlah nelayan terendah dalam cluster A, sejumlah 25.779 orang, namun nilai produksi ikannya mencapai Rp.1.030.057.020 merupakan nilai tertinggi dalam cluster. Sehingga dengan produksi ikan terbesar kedua dalam cluster yaitu sebesar 60.466,1 ton telah dimanfaatkan secara maksimal sehingga mampu mencapai nilai produksi ikan tertinggi diantara semua cluster. Berikut disajikan informasi dengan lebih detail pada cluster A:

Tabel 3. Karakteristik kelompok A

Kelompok A						
Ket	X1	X2	X3	X4	X5	X6
	Nelayan/ Petani Ikan	Rumah Tangga/ Perusahaan Perikanan Laut	Perahu/ Kapal Ikan yang Digunakan	Alat Penangkap Ikan	Produksi Ikan	Nilai Produksi Ikan
	(Orang)	(Unit)	(Buah)	(Unit)	(Ton)	(Rupiah)
Mean	31377.67	3280.67	6985	552511.33	60018.17	881194865.3
STDEV	6110.99	2957.77	2617.13	69488.15	9970.26	163034588.1
Minimum	0	0	0	0	0	0
Maksimum	12300	3039	4159	142152	13068.4	146190094

- *Cluster B:*

Cluster B ini memiliki potensi perikanan laut tertinggi ke dua setelah cluster A. Kabupaten/ Kota di Jawa Timur yang termasuk dalam cluster ini adalah Gresik, Pamekasan, dan Mojokerto. Sebagai cluster kedua tertinggi dalam pengelompokan atau pemetaan ini, cluster B memiliki nilai rata-rata jumlah nelayan sebesar 7.937 orang dengan produksi ikan sebesar 13.263,67 ton atau bernilai Rp. 344.228.406,3 relatif tinggi dan mengindikasikan pengelolaan sektor perikanan telah dilakukan secara baik. Rumah tangga/ perusahaan perikanan laut yang ada dalam cluster B ini berjumlah 2.363,33 unit dengan perahu/ kapal Ikan yang Digunakan sebanyak 2.198,67 buah dan menggunakan Alat Penangkap Ikan sejumlah 103.962,67 unit.

Cluster B merupakan Kabupaten/ Kota di Jawa Timur yang memiliki daerah pantai atau laut yang cukup luas seperti halnya pada cluster A sebelumnya, sehingga banyak masyarakat setempat memanfaatkan letak geografis yang menguntungkan ini. Upaya masyarakat setempat terlihat dari nilai produksi ikan yang cukup besar atau dengan kata lain banyak masyarakat yang memilih memenuhi kebutuhan ekonominya dengan menjadi nelayan atau mengolah hasil perikanan laut untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya.

Pamekasan memiliki jumlah nelayan tertinggi di cluster ini sejumlah 14.608 orang dengan produksi ikan sebesar 22.522 ton atau senilai Rp.368.390.200,-. Kabupaten kedua yang memiliki jumlah nelayan tertinggi dalam cluster ini adalah Gresik yakni sejumlah 9.204 orang dengan produksi ikan yang cukup tinggi sebesar 17.269 ton atau senilai Rp.282.384.190. Sedangkan Kabupaten/ Kota Mojokerto memiliki nilai produksi ikan yang tertinggi dalam cluster B yakni senilai Rp.381.910.829,-. Berikut informasi detail pada Cluster B yang dijabarkan per variabel pengukuran:

Tabel 4. Karakteristik kelompok A

Kelompok B						
Ket	X1	X2	X3	X4	X5	X6
	Nelayan/ Petani Ikan	Rumah Tangga/ Perusahaan Perikanan Laut	Perahu/ Kapal Ikan yang Digunakan	Alat Penangkap Ikan	Produksi Ikan	Nilai Produksi Ikan
	(Orang)	(Unit)	(Buah)	(Unit)	(Ton)	(Rupiah)
Mean	7937.33	2363.33	2198.67	103962.67	13263.67	344228406.3
STDEV	7385.92	2584.39	2269.54	96812.25	11783.13	53983628.75
Minimum	0	0	0	0	0	282384190
Maksimum	14608	5123	4533	191531	22522	381910829

- *Cluster C*

Cluster C ini memiliki potensi perikanan laut tertinggi ketiga diantara empat cluster. Kelompok ini tidak memiliki selisih yang tajam dari cluster sebelumnya dalam hal produksi ikannya, yakni hanya sekitar 7.7%. Produksi ikan pada cluster ini bernilai 12.243,37 ton dengan nilai produksi ikan berjumlah Rp. 118.748.767,9. Rata-rata jumlah nelayan yang terdapat dalam anggota cluster cukup banyak sebesar 7.754 orang. Adapun Kabupaten/ Kota di Jawa Timur yang termasuk dalam cluster ini adalah Pacitan, Trenggalek, Malang, Jember, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Bangkalan, Sampang

Jumlah nelayan terbanyak dalam cluster ini terdapat di Jember sebanyak 14.233 orang, dengan produksi ikan sebesar 8.801,8 ton atau senilai Rp.101.376.915. Bangkalan mempunyai nilai produksi ikan tertinggi dalam cluster ini yaitu sebesar Rp.160.108.808,- dengan jumlah produksi ikan sebanyak 24.966,6 ton. Berdasarkan hasil pemetaan cluster C ini mengindikasikan potensi perikanan laut yang cukup baik, namun masih memerlukan optimalisasi pemanfaat dan pengelolaan ikan untuk meningkatkan added value masyarakat setempat yang menjadi anggota cluster. Berikut ini informasi cluster C disajikan:

Tabel 5. Karakteristik kelompok C

Kelompok C						
Ket	X1	X2	X3	X4	X5	X6
	Nelayan/ Petani Ikan	Rumah Tangga/ Perusahaan Perikanan Laut	Perahu/ Kapal Ikan yang Digunakan	Alat Penangkap Ikan	Produksi Ikan	Nilai Produksi Ikan
	(Orang)	(Unit)	(Buah)	(Unit)	(Ton)	(Rupiah)
Mean	7753.78	1321.89	2337.33	86870.33	12243.37	118748767.9
STDEV	8920.34	1786.41	2065.82	145964.96	18478.38	328565370.9
Minimum	0	0	0	0	0	0
Maksimum	40200	5388	7378	813493	60466.1	1030057020

• *Cluster D*

Ini merupakan cluster dengan potensi perikanan laut terendah, yang terdiri dari Kabupaten/ Kota Ponorogo, Tulungagung, Blitar, Kediri, Lumajang, Bondowoso, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Kediri, Blitar, Malang, Probolinggo, Pasuruan, Madiun, Surabaya, dan Batu. Dilihat dari letak geografis anggota cluster memiliki area pantai atau laut yang sangat kecil dan sektor perikanan laut bukan merupakan penghasilan utama masyarakat setempat sehingga pengelolaan hasil laut kurang maksimal dimanfaatkan. Hal ini tampak pada nilai rata-rata jumlah nelayan pada cluster sebesar 1.963 orang dengan jumlah produksi ikan sebesar 2.427,95 ton atau senilai Rp. 7.444.969,65.

Hasil ini dikuatkan dari perhitungan jumlah rata-rata Rumah Tangga/ Perusahaan Perikanan Laut hanya bernilai 217.43 unit, Perahu/ Kapal Ikan yang Digunakan sebanyak 376.35 buah dan Alat Penangkap Ikan 8590.91 unit. Secara parsial dapat kita lihat bahwa anggota cluster yang memiliki jumlah nelayan tertinggi terdapat di Tuban sejumlah 18.551 orang. Sedangkan nilai produksi ikan terbesar dilakukan oleh Kabupaten/ Kota Sidoarjo yang berhasil mencapai nilai Rp.57.953.560 atau sejumlah 10.917,8 ton. Berikut ini informasi cluster C disajikan

Tabel 6. Karakteristik kelompok D

Kelompok D						
Ket	X1	X2	X3	X4	X5	X6
	Nelayan/ Petani Ikan	Rumah Tangga/ Perusahaan Perikanan Laut	Perahu/ Kapal Ikan yang Digunakan	Alat Penangkap Ikan	Produksi Ikan	Nilai Produksi Ikan
	(Orang)	(Unit)	(Buah)	(Unit)	(Ton)	(Rupiah)
Mean	1963.43	217.43	376.35	8590.91	2427.95	7444969.65
STDEV	7576.78	733.37	1793.88	99769.90	15793.81	192563067.8
Minimum	0	0	0	0	0	0
Maksimum	28154	5123	7527	410363	72496.5	844862076

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian di atas diperoleh kesimpulan di bawah ini:

- a. Pemetaan dengan menggunakan *fuzzy k-means*, maka didapatkan hasil 4 *cluster* yang optimum dengan nilai *indicate* 0,0244.
- b. Hasil *cluster* sebagai berikut
 - Cluster A merupakan kelompok yang memiliki potensi perikanan laut **tertinggi** di Jawa Timur, dengan rata-rata jumlah nelayan sebesar 31.378 orang, produksi ikan sebesar 60.018,17 ton dan nilai produksi ikan Rp. 881.194.865,3. Adapun Kabupaten/ Kota di Jawa timur yang termasuk dalam cluster ini adalah Banyuwangi, Lamongan, Sumenep.
 - Cluster B ini memiliki potensi perikanan laut tertinggi ke dua setelah cluster A. Kabupaten/ Kota di Jawa Timur yang termasuk dalam cluster ini adalah Gresik, Pamekasan, dan Mojokerto.
 - Cluster C ini memiliki potensi perikanan laut tertinggi ketiga diantara empat cluster. Kelompok ini tidak memiliki selisih yang tajam dari cluster sebelumnya dalam hal produksi ikannya, yakni hanya

sekitar 7.7%. Adapun Kabupaten/ Kota di Jawa Timur yang termasuk dalam cluster ini adalah Pacitan, Trenggalek, Malang, Jember, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Bangkalan, Sampang

- Cluster D dengan potensi perikanan laut terendah, yang terdiri dari Kabupaten/ Kota Ponorogo, Tulungagung, Blitar, Kediri, Lumajang, Bondowoso, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Kediri, Blitar, Malang, Probolinggo, Pasuruan, Madiun, Surabaya, dan Batu.

Saran :

- a. Perlu dilakukan analisis potensi bisnis masing-masing cluster.
- b. Perlu tambahan variabel konsumsi ikan untuk tambahan analisis.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah membiayai seminar ini menggunakan dana DIPA 2016.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M.A. 2014. "Pemetaan Potensi Perikanan Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur 2011". Surabaya: ITS
- Bezdek, J.C., Ehrlich, R., Full, W. 1984. *FCM: Fuzzy C-Means Clustering Algorithm*. USA: Computers & Geosciences Vol. 10, No. 2-3, pp. 191-203.
- Bien, Jacob and Tibshirani, Robert. 2011. "Hierarchical Clustering With Prototype via Minimax Linkage". *Journal of the American Statistical Association*
- Fisher, L., dan Van Ness, J. (1971). "Admissible Clustering Procedures." *Biometrika*, 58(1), 91-104
- Gordon, A. D. (1987). "A Review of Hierarchical Classification", *Journal of Royal Statistical Society, Ser. A*, 150(2), 119-137.
- Johnson, R.A. and Winchern, D.W. 2007. "Applied Multivariate Statistical Analysis". Pearson Education International. USA.
- Karti, H.S. 2013. Pengelompokan Kabupaten/Kota di Propinsi Jawa timur Berdasarkan Indikator Pendidikan SMA/SMK/MA Dengan Menggunakan Metode C-Means dan Fuzzy K-Means. Surabaya: ITS.
- Murtagh, F. (1983), "A Survey of Recent advances in Hierarchical Clustering Algorithms", *The Computer Journal*, 26, 354-359.
- PPID. (24 Juni 2012). Konsumsi Ikan Masyarakat Jatim Terbesar. Kominfo Jatim. Halaman 1. Tersedia: <http://kominfo.jatimprov.go.id/watch/31496> (10 Oktober 2013).
- Sukim. 2011. Metode C-Means Cluster dan Fuzzy C-Means Cluster Serta Aplikasinya pada Kasus Pengelompokan Desa/Kelurahan Berdasarkan Status Ketertinggalan. Thesis, Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA-ITS.
- Puspawati, Tuti. 2009. "Algoritma Self Organizing Maps (SOM) untuk Pengelompokan Kecamatan di Kabupaten Malang berdasarkan Indikator Pemerataan Pendidikan". Tesis, Jurusan Statistika, FMIPA ITS, Surabaya.

Analisis Pengaruh Tingkat Risiko PJK dengan *Framingharm Score* pada Pekerja *Offshore* Menggunakan Regresi Logistik Ordinal

Am Maisarah Disrinama^{1*}, Farizi Rachman²

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

* aisyah05.dr@gmail.com

Abstrak

Keselamatan dan Kesehatan kerja merupakan prioritas utama bagi pekerja *offshore*. Kecelakaan kerja akibat penyakit merupakan risiko yang harus dihadapi oleh pekerja *offshore* dalam melakukan pekerjaannya. Penyakit Jantung Koroner (PJK) telah menjadi penyebab kematian utama di Indonesia, khususnya pekerja. Penderita PJK banyak didapatkan adanya faktor-faktor risiko. Faktor risiko utama atau fundamental yaitu faktor risiko lipida meliputi kadar kolesterol dan trigsilerida, karena pentingnya sifat-sifat substansi ini dalam mendorong timbulnya plak di arteri koroner. Sebuah studi yang dipublikasikan pada jurnal The Lancet menemukan fakta bahwa orang-orang yang bekerja lebih dari 55 jam per minggu memiliki risiko PJK 13% lebih tinggi dibandingkan mereka yang bekerja kurang dari waktu itu. Penelitian ini akan melakukan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat risiko PJK pada pekerja *offshore* dengan menggunakan regresi logistik ordinal. Tingkat risiko PJK dihitung dengan menggunakan metode *framingharm score*. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan regresi logistik ordinal, dapat ditarik kesimpulan bahwa ada 6 faktor yang mempengaruhi tingkat risiko PJK yaitu Usia (X1), Kolesterol total (X2), HDL (X3), Tekanan Darah (X4), Diabetes (X5), dan Merokok (X6). Sedangkan variabel yang tidak mempengaruhi tingkat risiko PJK yaitu masa kerja (X7) dan unit kerja (X8) karena memiliki nilai P-value lebih dari alpha 5%.

Kata kunci: *Offshore*, PJK, *Framingharm score*, Regresi Logistik Ordinal

1. PENDAHULUAN

Kesehatan fisik merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menunjang produktifitas kerja. Perkembangan industri yang berkembang pesat menuntut para pekerja untuk bekerja dengan lebih kompetitif. Tenaga kerja yang mengalami gangguan kesehatan akan menurunkan kemampuan fisik, berfikir, bahkan menyebabkan kecelakaan kerja. Data *International Labour Organization* (ILO) menunjukkan sekitar 160 juta pekerja menjadi sakit karena bahaya di tempat kerja, dan sekitar 2,34 juta meninggal akibat penyakit dan kecelakaan yang berhubungan dengan pekerjaan [1]. Data *National Center for Health Statistics, Center for Disease Control and Prevention*, dan *United States Department of Health and Human Services* [2] menunjukkan bahwa pada tahun 2000 jumlah kematian tertinggi berdasarkan penyebab pada pekerja adalah penyakit jantung koroner (710.760 kasus), disusul kanker (553.091 kasus) dan stroke (167.661 kasus).

Kesehatan dan Keselamatan kerja juga merupakan prioritas utama bagi pekerja *offshore*. Kecelakaan kerja akibat penyakit merupakan risiko yang harus dihadapi oleh pekerja *offshore* dalam melakukan pekerjaannya. Namun demikian para pekerja merupakan asset penting perusahaan demi kelancaran pekerjaan, karena itu kondisi fisik dan mental tenaga kerja harus diperhatikan. Pemeriksaan kesehatan secara berkala perlu dilakukan demi mengetahui informasi berkenaan dengan data kesehatan pekerja *offshore*. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.11 Tahun 1979 Tentang Keselamatan Kerja Pada Pemurnian Dan Pengolahan Minyak Dan Gas Bumi yang menyatakan bahwa kepala teknik wajib memperhatikan kesehatan pekerja maka penting untuk dilakukan penilaian risiko kesehatan terhadap penyakit jantung koroner pada pekerja *offshore* di PT.X, sebagai perwujudan dari perhatian terhadap kesehatan pekerja, terutama risiko penyakit jantung koroner yang sangat berbahaya.

Penyakit Jantung Koroner (PJK) telah menjadi penyebab kematian utama di Indonesia, khususnya pekerja. Penderita PJK banyak didapatkan adanya factor-faktor risiko. Faktor risiko utama atau fundamental yaitu faktor risiko lipida meliputi kadar kolesterol dan trigsilerida, karena pentingnya sifat-sifat substansi ini dalam mendorong timbulnya plak di arteri koroner. Penyakit jantung koroner akan mengalami 2,25 kali dibanding dengan yang bukan penderita jantung koroner. Berbagai penelitian epidemiologi menunjukkan adanya keadaan-keadaan sifat dan kelainan yang dapat mempercepat terjadinya penyakit jantung koroner. Memiliki faktor risiko

lebih dari satu seperti hipertensi, diabetes mellitus, dan obesitas, maka akan mempunyai 2 atau kali berpeluang terkena penyakit jantung koroner [3, 4].

Sebuah studi yang dipublikasikan pada jurnal *The Lancet* menemukan fakta bahwa orang-orang yang bekerja lebih dari 55 jam per minggu memiliki risiko PJK 13% lebih tinggi dibandingkan mereka yang bekerja kurang dari waktu itu. Adanya sistem shift dalam bekerja pada pekerjaan *offshore* di PT.X juga merupakan faktor risiko PJK. Hal tersebut berhubungan dengan studi *British Medical Journal* menemukan keterkaitan antara pekerja *shift* malam dengan 23% peningkatan risiko serangan jantung, 24% jantung koroner, dan 5% stroke.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka merupakan hal yang penting untuk melakukan penelitian tentang analisis klasifikasi tingkat risiko PJK pada pekerja *offshore* dengan menggunakan metode *Regresi Logistik Ordinal*. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran faktor mana sajakah yang dapat menyebabkan tingkat risiko PJK pada pekerja *offshore*.

2. METODOLOGI

2.1 Jantung Koroner

Penyakit jantung beraneka ragam dan banyak jenisnya. Beberapa penyakit jantung disebabkan oleh virus dan bakteri yang disebut dengan infeksi pada jantung, sedangkan penyakit jantung bawaan adalah penyakit jantung yang diderita sejak lahir. Penyakit jantung juga dapat terjadi akibat trauma atau benturan saat terjadi kecelakaan. Kondisi jantung juga dapat dipengaruhi oleh organ lainnya, karena jantung merupakan satu-satunya penyuplai darah ke seluruh tubuh, terkait fungsi transportasi kardiovaskuler, sebagai contoh, kerja jantung akan dipengaruhi oleh gaya hidup (pola aktifitas dan pola makan) yang berkembang saat ini adalah penyakit jantung koroner [5].

Faktor risiko dalam prespektif Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dikenal sebagai hazard, yang dapat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berpotensi menyebabkan kerugian baik dalam bentuk cedera atau gangguan kesehatan pada pekerja maupun kerusakan harta benda dan lingkungan serta terganggunya citra perusahaan. Risiko sendiri merupakan, seberapa besar peluang potensi hazard menjadi kenyataan [6].

Dalam hal ini, penyakit jantung koroner merupakan penyakit yang bersifat multifaktorial [7]. Setiap faktor risiko berkontribusi dan satu sama lain akan menguatkan risiko terkena sakit ini. Faktor risiko tersebut terdiri atas faktor risiko yang dapat dicegah dan tidak dapat dicegah serta faktor risiko tambahan.

Faktor risiko PJK yang dapat dicegah adalah Merokok, Hipertensi (Tekanan darah tinggi), Kolesterol, dan Diabetes [5, 8, 9]. Yang kedua Faktor risiko PJK yang tidak dapat dicegah atau tidak bisa diperbaiki adalah Usia dan Jenis kelamin [5, 8]. Disamping dua faktor tersebut ada juga faktor risiko tambahan yaitu stress kerja dan lingkungan kerja [10, 11].

2.2 Regresi Logistik Ordinal

Secara umum regresi logistik ordinal merupakan salah satu metode statistika untuk menganalisis variabel respon yang mempunyai skala data ordinal yang memiliki 3 kategorik atau lebih. Pada regresi logistik ordinal model berupa kumulatif logits model. Sedangkan untuk variabel prediktor yang digunakan berupa data kategorik dan atau kuantitatif. Sifat ordinal dari respon Y pada model logit ini dituangkan dalam peluang kumulatif sehingga kumulatif logit models merupakan model yang didapat dengan membandingkan peluang kumulatif yaitu peluang kurang dari atau sama dengan kategori respon ke-j pada p variabel prediktor yang dinyatakan dalam vektor \mathbf{x}_i adalah

$P(Y \leq j | \mathbf{x}_i)$, dengan peluang lebih besar kategori respon ke-j $P(Y > j | \mathbf{x}_i)$ [12], dengan nilai $\mathbf{X} = [x_1, x_2, \dots, x_p]^T$, $\boldsymbol{\beta} = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p]^T$ dan kumulatif ke-j adalah:

$$\begin{aligned} \pi_k(x_c) &= P(Y \leq j) \\ &= \frac{\exp[g_j(\mathbf{x})]}{1 + \exp[g_j(\mathbf{x})]} \\ &= \frac{\exp[\beta_0 + \mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta}]}{1 + \exp[\beta_0 + \mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta}]}; \\ &= \pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_r \end{aligned} \tag{1}$$

Sedangkan jika $P(Y \leq j)$ dibandingkan dengan peluang suatu respon pada kategori (j+1) sampai dengan kategori r, maka hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{P(Y \leq j)}{P(Y > j)} &= \frac{P(Y \leq j)}{1 - P(Y \leq j)} \\ &= \exp(\beta_{0j} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_k) \\ &= \frac{\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_j}{\pi_{j+1} + \pi_{j+2} + \dots + \pi_r} \end{aligned} \quad (2)$$

Setelah dilakukan transformasi logistik menjadi model regresi logistik (logit) ordinal atau logit kumulatif:

$$\begin{aligned} \text{Logit}[P(Y \leq j)] &= \ln \left[\frac{P(Y \leq j)}{1 - P(Y \leq j)} \right] \\ &= \ln \left(\frac{\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_j}{\pi_{j+1} + \pi_{j+2} + \dots + \pi_r} \right) \\ &= (\beta_{0j} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_k) \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan nilai β_k untuk $k=1,2,\dots,p$ pada setiap model regresi logistik ordinal adalah sama, dimana $k=1,2,\dots,k$

2.3 Data Variabel

Penelitian ini dilaksanakan pada area *offshore* perusahaan perminyakan PT.X dengan obyek penelitian yaitu pekerja PT.X yang bekerja pada area *offshore* dengan jumlah 93 orang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel yang termasuk faktor risiko Penyakit Jantung Koroner (PJK) dan variabel tingkat risiko Penyakit Jantung Koroner (PJK) diobservasi secara bersamaan. Tingkat risiko penyakit jantung pada pekerja *offshore* sebelumnya dihitung dengan metode *Framingham Score*. Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel respon (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respon pada penelitian ini adalah tingkat risiko (PJK) yang terdiri dari 3 kategori yaitu:

1. Low Risk (0)
2. Average (1)
3. High Risk (2)

Berdasarkan literatur dirumuskan variabel prediktor yang terangkum dalam Tabel 1. Variabel tersebut terdiri dari data pemeriksaan pekerja *offshore* berjumlah 7 variabel ($X_1 - X_8$) sebagai berikut:

Table 1. Data Variabel

No.	Variabel	Kategori
1.	Usia	1. < 34 th 2. 35 – 44 th 3. 45 – 54 th 4. 55 – 64 th 5. 64 th
2.	Kolesterol total	1. <160 mg/dl 2. 160–190 mg/dl 3. 200-239 mg/dl 4. 240-279 mg/dl 5. \geq 280 mg/dl
3.	HDL	1. \geq 60 mg/dl 2. 50-59 mg/dl 3. 40-49mg/dl 4. <40 mg/dl
4.	Tekanan darah	1. <120 mmHg 2. 120-129 mmHg 3. 130–139 mmHg 4. 140-159mmHg 5. \geq 160mmHg
5.	Diabetes	1. Diabetes 2. Tidak Diabetes

No.	Variabel	Kategori
6.	Merokok	1. Merokok 2. Tidak merokok
7.	Masa kerja	1. < 5 th 2. \geq 5 th
8.	Unit kerja	1. PGF 2. SBU 3. LMO

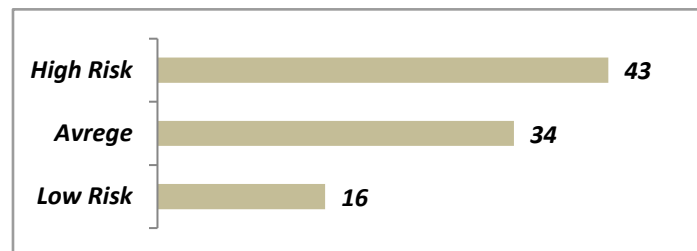
2.4 Langkah Analisis

Dalam melakukan penelitian harus dilakukan analisis yang tepat. Berikut ini merupakan langkah-langkah penelitian:

1. Melakukan pengumpulan data primer dengan pekerja *offshore* di PT.X sesuai variable faktor risiko PJK (variable prediktor) dan tingkat risiko PJK (variabel respon).
 - a. Menerjemahkan variabel dari bahasa medis menjadi variabel pada Tabel 1
 - b. Melakukan pengkodean data
 - c. Melakukan analisis deskriptif pekerja *Offshore* berdasarkan faktor risiko PJK.
2. Melakukan klasifikasi tingkat risiko PJK pekerja *offshore* dengan Framingharm Score.
3. Melakukan uji regresi logistik ordinal antar variabel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari penilaian risiko penyakit jantung koroner menggunakan *framingham score* pada tahun 2015, terlihat pekerja dengan risiko *high risk* paling tinggi yaitu 43 pekerja. Sedangkan pekerja dengan risiko average yaitu sebesar 34, dan pekerja dengan risiko *low risk* sebanyak 16.



Gambar 1. Tingkat Risiko PJK tahun 2015 pada PT.X

Kondisi tersebut merupakan kondisi yang sangat tidak aman bagi kesehatan pekerja terhadap penyakit jantung koroner dan harus segera dilakukan pengendalian. Terlihat masih tingginya jumlah pekerja dengan risiko penyakit Jantung Koroner *High Risk* hal tersebut menunjukkan bahwa program-program kesehatan kerja pada area *offshore* di PT.X yang belum berjalan dengan baik.

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa variable usia (X1) memiliki nilai P-value 0,021 sehingga variabel usia memberikan pengaruh signifikan terhadap risiko PJK. Selanjutnya variabel Kolesterol total (X2), HDL (X3), Tekanan Darah (X4), Diabetes (X5), dan Merokok (X6) masing-masing memiliki nilai P-Value 0,000 sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel-variabel ini juga memiliki pengaruh terhadap tingkat risiko PJK.. Variabel masa kerja (X7) dapat disimpulkan tidak mempengaruhi tingkat risiko PJK, sedangkan variabel unit kerja (X8) memiliki nilai P-value 0,148 sehingga dapat disimpulkan juga tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap risiko PJK.

Tabel 2 Estimasi Parameter Regresi Logistik Ordinal

	Estimate	Std. Error	Wald	df	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Threshold	[Y = 0]	-3.760	2.903	1.677	1	.195	-9.450	1.930
	[Y = 1]	2.436	2.880	.715	1	.398	-3.209	8.080
Location	X1	-.875	.378	5.367	1	.021	-1.615	-.135
	X2	2.419	.498	23.604	1	.000	1.443	3.395
	X3	1.972	.495	15.856	1	.000	1.001	2.943
	X4	2.079	.458	20.618	1	.000	1.181	2.976
	X5	-3.566	.906	15.497	1	.000	-5.342	-1.791
	X6	-4.869	1.044	21.760	1	.000	-6.915	-2.823
	X7	0 ^a	.	.	0	.	.	.
	X8	.904	.626	2.090	1	.148	-.322	2.130

Secara umum, berdasarkan analisis regresi logistik ordinal dapat ditarik kesimpulan bahwa ada 6 faktor yang mempengaruhi tingkat risiko PJK yaitu Usia (X1), Kolesterol total (X2), HDL (X3), Tekanan Darah (X4), Diabetes (X5), dan Merokok (X6). Sedangkan variabel yang tidak mempengaruhi tingkat risiko PJK yaitu masa kerja (X7) dan unit kerja (X8) karena memiliki nilai P-value lebih besar dari alpha 5%.

4. KESIMPULAN

1. Terdapat 6 faktor yang mempengaruhi tingkat risiko PJK yaitu Usia (X1), Kolesterol total (X2), HDL (X3), Tekanan Darah (X4), Diabetes (X5), dan Merokok (X6) karena memiliki nilai P-value kurang dari alpha 5%.
2. PT. X hendaknya melakukan pengendalian sebagai berikut :
 - a. Melakukan reevaluasi terhadap usia pekerja dan masa pensiunnya.
 - b. Pola menu makanan terhadap pekerja karena risiko diabetes, tekanan darah, dan kolesterol terbukti mempengaruhi faktor risiko PJK.
 - c. Melakukan program preventif dan promotif seperti penyuluhan, olah raga rutin, mengurangi merokok, dan lain-lain

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah membiayai seminar ini menggunakan dana DIPA 2016.

6. DAFTAR PUSTAKA

- International Labour Organization. The prevention occupational diseases-2 million workers killed every year [internet]. World Day for safety and health at work. 2013 [cited 2014 Jan 10]. Available from:http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/edprotect/protrav/safework/documents/publication/wcms_208226.pdf.
- National Alliance for Nutrition and Activity (NANA). Obesity and other diet-and inactivity-related diseases; national impact, costs, and solution. Nutrition policy [internet]. 2003 [cited 2011 May 11]. Available from:http://www.spencer.k12.ia.us/pages/hs_library/NANA_advocatesnationalpolicies.pdf.
- Maulana, M. 2008. Penyakit Jantung: Pengertian, Penanganan ,dan Pengobatan. Penerbit Kata Hati, Yogyakarta.
- [Soeharto, I. 2002. Kolesterol dan Lemak Jahat Kolesterol, Lemak baik dan Proses Terjadinya Serangan Jantung dan Stroke Cetakan kedua. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kurniadi, Helmanu. 2013. *Stop! Gejala Penyakit Jantung Koroner*. Yogyakarta : Familia.
- Kurniawidjaja, Meily. 2011. *Teori dan Aplikasi Kesehatan Kerja* .Jakarta : UI- Press.
- Nadesul, Handrawan. 2008. *Sehat itu Murah*. Jakarta : Gramedia.
- Suryaningsih, Endang K. 2009. *Mengenal & Mencegah Penyakit Jantung, Kanker, Stroke*. Yogyakarta : Kirana Publisher.
- Patel, Chandra. 1987. *Fighting Heart Disease*. Great Britain : Dorling Kindersley Publishers Limited.
- Bronson, Ross. C et. Al. 1993. *Chronic Disease Epidemiology And Control*. United State of America : American Public Health Association
- Levy, Barry S. And David H. 1983. *Occupational Health Recognizing and Preventing Work Related Disease*. United State of Amerika : Little, Brown.
- Hosmer, D.W. and Lemenshow. (2000). *Applied Logistik Regression*. USA: John Wiley and Sons.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analisa Kekuatan Deck Crane pada Kapal Tol Laut Nusantara

I Putu Sindhu Asmara^{1*} dan Budianto²

¹Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

* ptsindhu@gmail.com

Abstrak

Pembangunan armada kapal untuk mendukung program Tol Laut memerlukan kesiapan teknologi rekayasa agar manfaat ekonomi segera bisa didapatkan sejak mulai pembangunannya. Salah satu komponen penting yang terdapat pada kapal adalah deck crane. Pada makalah ini kami memperkenalkan rancangan konstruksi deck crane yang akan dipasang pada kapal-kapal pemerintah yang saat ini sedang dibangun untuk mendukung program Tol Laut. Kekuatan konstruksi crane dianalisa untuk menjamin bahwa crane tersebut memiliki safety factor yang sesuai dengan peraturan class. Kekuatan struktur bagian jib crane tersebut dianalisa menggunakan metoda elemen hingga (FEM) sedangkan untuk konstruksi bagian pedestal crane tersebut dianalisa menggunakan perhitungan metoda tegangan maksimum. Massa minimum yang dicapai untuk pembuatan konstruksi jib deck dengan span 14 m dan SWL 30 ton crane adalah 8275. Hasil perhitungan menunjukkan tegangan dan defleksi maksimum pada struktur jib deck crane adalah 160,55 MPa dan 16,67 mm. Kondisi tersebut memenuhi persyaratan *class*.

Kata kunci: Deck Crane, Konstruksi, Kekuatan, FEM

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kandungan lokal dalam negeri pada pembangunan kapal sudah menjadi perhatian kita semua. Beberapa perusahaan sudah memulai membuat inovasi untuk meningkatkan kandungan tersebut. Salah satu bagian penting pada kapal cargo adalah alat bongkar muat. Alat bongkar muat pada kapal cargo umumnya dapat dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu derrick boom dan deck crane. Pada makalah ini, jenis deck crane yang dibahas adalah deck crane yang berupa pilar slewing jib crane. Pilar slewing jib crane terdiri dari 2 (dua) bagian utama yaitu: bagian pilar atau pedestal dan bagian lengan atau jib.

Bagian pilar terdiri dari 2 (dua) bagian lagi, yaitu bagian body yang terikat, dalam hal ini terhubung langsung dengan lambung kapal dan bagian atas pilar, slewing tower, yang terhubung dengan pangkal lengan. Pada bagian slewing tower tersebut biasanya terletak cabin untuk operator. Bagian slewing tower dan body terhubung oleh sistem pemutar. Penampang melintang bagian pilar tersebut umumnya berbentuk penampang lingkaran.

Bagian lengan atau jib berfungsi untuk mengatur panjang jangkauan dan tinggi pengangkatan beban. Bentuk penampang melintang dari bagian ini adalah bentuk box yang terdiri dari pelat kiri dan kanan (web plate), serta pelat atas dan bawah (flange). Bagian ini juga dibedakan menjadi 2 (dua) bagian yang disambung menjadi satu melalui proses assembly.

Struktur pada bagian sambungan ini merupakan bagian yang kritis. Bagian kritis tersebut diakibatkan oleh posisinya yang merupakan jarak terjauh dari posisi pembebanan. Selain itu, bagian ini tidak memiliki penguat memanjang untuk memudahkan pelaksanaan proses assembly. Berbeda dengan konstruksi kapal dimana konstruksi penguat masih bisa dilas dari arah dalam kapal, sedangkan pada konstruksi crane ini proses penyambungan bagian pangkal lengan dan ujung lengan, hanya dilakukan dari sisi luar saja. Kekuatan konstruksi pada bagian ini bertumpu pada kekuatan pelat web, bottom dan pelat top. Bagian sambungan jib inilah yang merupakan permasalahan yang dikemukakan pada makalah ini. Makalah ini dibatasi hanya pada pembahasan analisa kekuatan struktur jib pada deck crane.

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengestimasi kekuatan struktur deck crane. Crane adalah salah satu jenis pesawat angkat yang umumnya terdiri dari mesin penarik, tali baja atau rantai dan puli-puli yang bisa digunakan untuk mengangkat maupun menurunkan material dan memindahkan material tersebut secara horisontal. Pesawat angkat menggunakan satu atau lebih jenis mesin sederhana untuk menciptakan keuntungan mekanik sehingga bisa memindahkan beban diluar batas kemampuan normal manusia.

Analisa metoda elemen hingga (FEM) merupakan metoda matematis yang bisa digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan seperti analisa tegangan. Pada analisa stuktur, analisa FEM dapat digunakan untuk menyelesaikan defleksi dan tegangan pada struktur yang rumit yang menerima beban tertentu pada kondisi batas yang sesuai. Analisa FEM tiga dimensi (3-D) untuk struktur boom deck crane dimodelkan pada pre-processing elemen hingga untuk dianalisa pada main solver. Model mesh yang sudah dibuat, digunakan untuk menghitung titik-titik pada berbagai koneksi dimana tegangan dan deformasi ingin diketahui besarnya. Dengan menggunakan metoda elemen hingga, defleksi dan tegangan diperoleh sepanjang konstruksi crane tersebut.

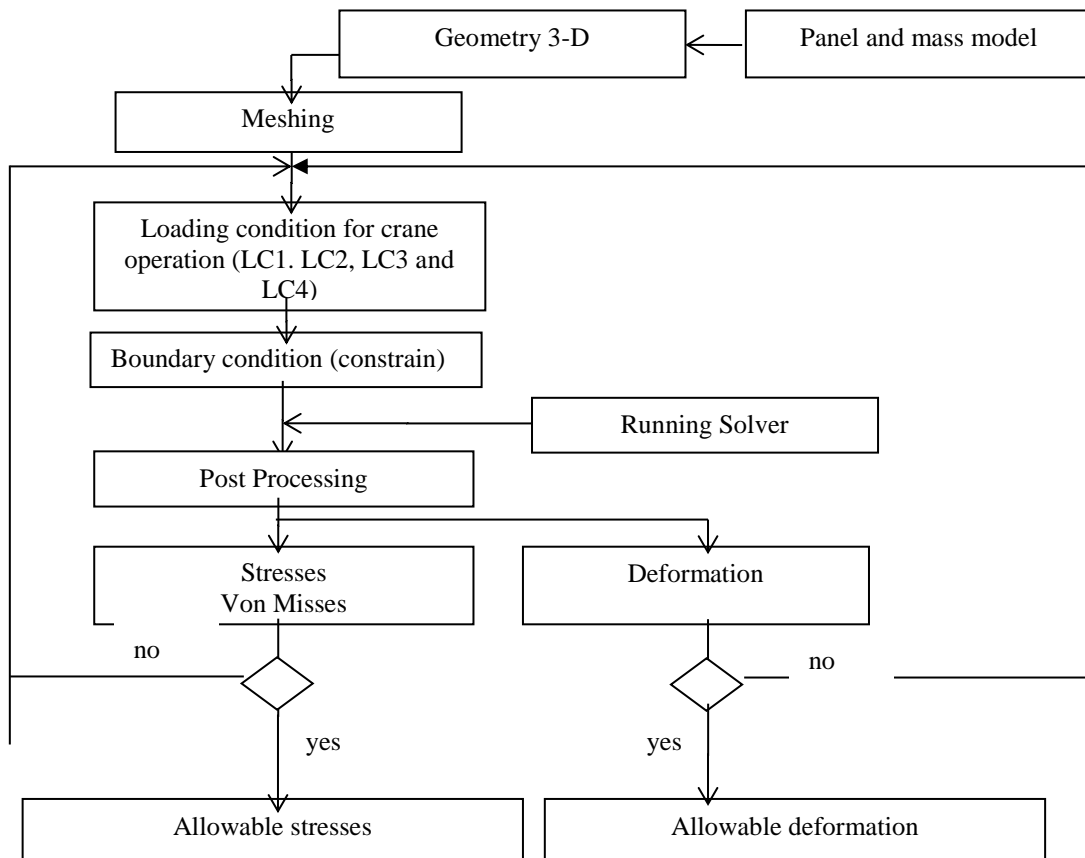
Tujuan umum dari penggunaan program metoda elemen hingga adalah untuk mendapatkan gambaran tegangan sepanjang kostruksi crane dengan kondisi pembebanan statis dan kondisi batas yang sesuai. Posisi defleksi maksimum pada pembebanan tersebut haruslah sesuai dengan logika dan perhitungan tegangan secara konvensional. Tegangan dan defleksi maksimum yang terjadi pada struktur deck crane dibandingkan dengan kriteria perberimaan erdasarkan aturan Biro Klasifikasi Indonesia.

2. METODOLOGI

Analisa struktur yang dilakukan adalah analisa tegangan dan defleksi struktur berdasarkan metoda elemen hingga (FEM) dan metoda perhitungan tegangan maksimum. Urutan pelaksanaan analisa menggunakan metda FEM terdiri dari:

- a. Pemodelan geometri struktur deck crane
- b. Penentuan mesh
- c. Penentuan kondisi pembebanan
- d. Penentuan kondisi batas
- e. Pelaksanaan proses perhitungan menggunakan program

Diagram alur proses pelaksanaan analisa tersebut ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:

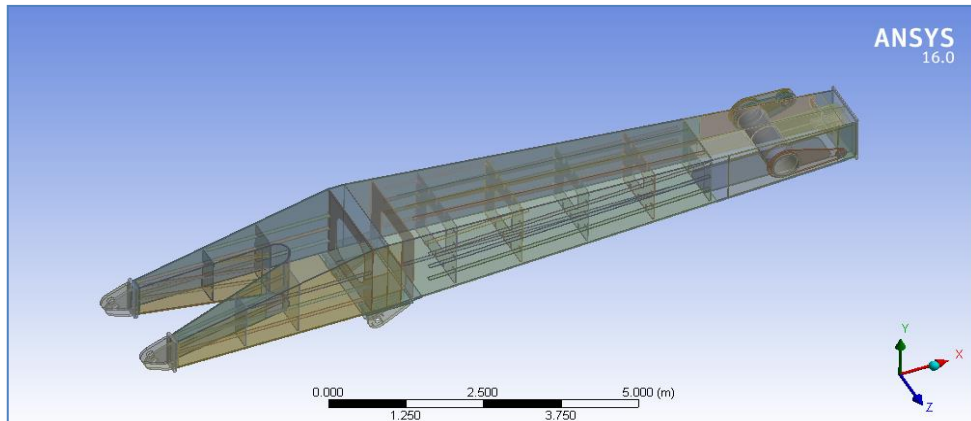


Gambar 1. Diagram Alir Analisa Struktur

Metoda FEM juga telah dilakukan oleh beberapa perusahaan crane seperti Portek (Lam L., Tok, S.C., 2011) untuk menganalisa kegagalan struktur crane dan analisa struktur overhead crane (Patel P.R., Patel V.K., 2013)

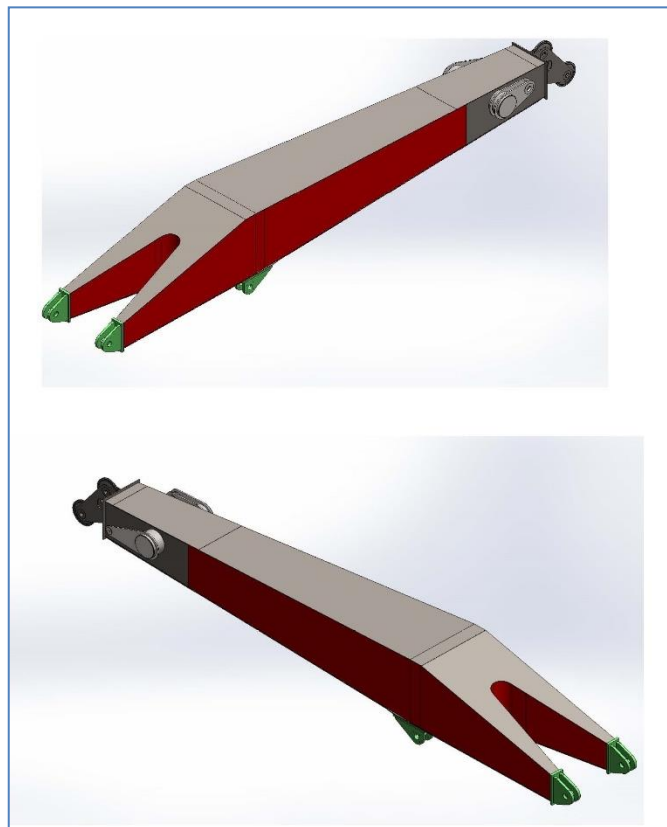
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa tegangan dan defleksi pada jib deck crane sangat bergantung pada jenis deck crane tersebut, yaitu jenis luffing system (Japan P & I, 2015) yang menggunakan sistem puli atau sistem hidrolik. Pada analisa disini, yang digunakan adalah sistem penjunikat menggunakan piston hidrolik. Struktur deck crane bagian lengan (jib) dibuat dalam dalam gambar geometri tiga dimensi (3D), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 : Struktur Deck Crane

Sistem koordinat pada Gambar 3-D tersebut mengikuti sistem koordinat Cartesian tangan kanan, dimana sumbu-X menunjukkan arah memanjang ke ujung boom sebagai arah positif, sumbu-Y menunjukkan arah vertikal boom sebagai arah positif, dan sumbu-Z menunjukkan arah melintang dengan arah positif adalah arah kanan.

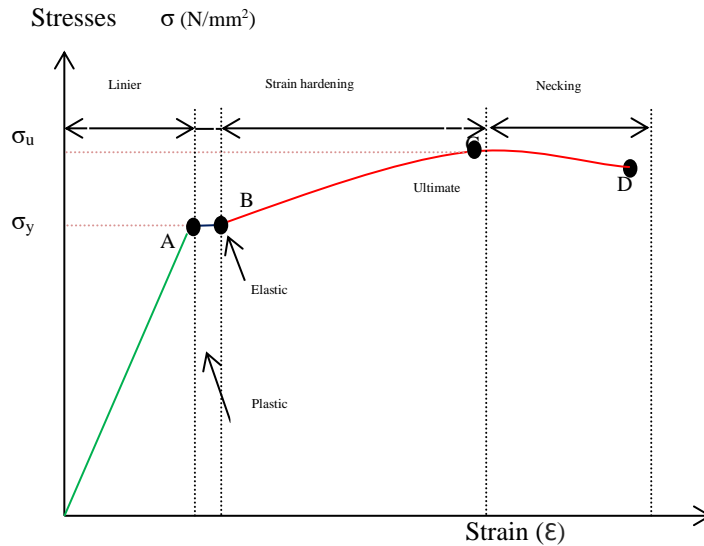


Gambar 3. Material pada Konstruksi Jib

Panjang boom adalah 12847 mm, dengan lebar 1955 mm, dan tinggi 1782 mm. Massa keseluruhan dari struktur jib tersebut adalah 8275 kg. Struktur tersebut terbuat dari 3 (tiga) jenis material, yaitu:

1. ASTM A572 Gr. 50, untuk komponen bracket penghubung engsel boom dengan piston dan pedestal, ditunjukkan dengan warna hijau pada Gambar 3.
2. JIS SM490 YB, untuk struktur web, ditunjukkan dengan warna merah pada Gambar 3.
3. Mild steel ASTM A36, untuk struktur top, bottom, stiffener, diafraghm, dan bagian lainnya, ditunjukkan dengan warna abu-abu pada Gambar 3.

Kondisi operasional pembebanan pada boom tersebut terdiri dari 4 (empat) jenis pembebanan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 4. Diagram Tegangan –Regangan

Tegangan luluh (Gere J.M., 1984) seperti ditunjukkan pada titik A pada Gambar 4 dipergunakan untuk perhitungan batas maksimum tegangan yang diijinkan pada struktur jib. Tegangan maksimum diduga akan terjadi pada bagian top plate sehingga besarnya tegangan ijin adalah sebagai berikut (NK, 1995):

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \frac{\sigma_y}{SF.K} \\ \sigma_a &= \frac{250MPa}{1.5 \times 1} \\ &= 167 \text{ MPa} \end{aligned}$$

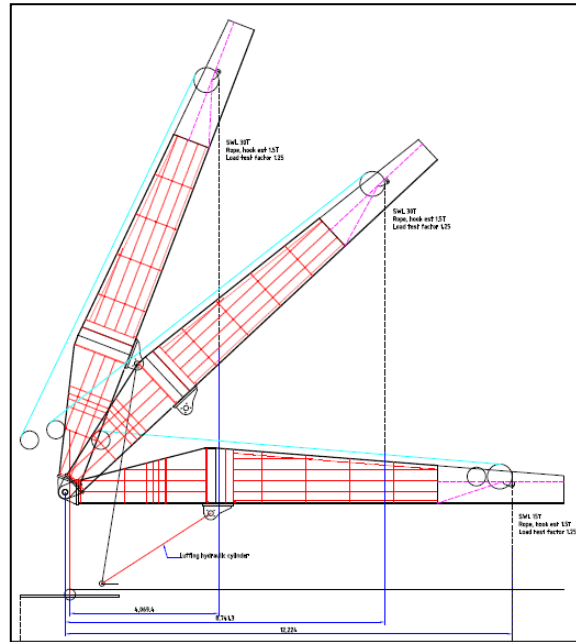
Deformasi atau defleksimaksimum yang diijinkan terjadi pada struktur pada jib adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta x &= L/750 \quad (\text{mm}) \\ \Delta x &= 14000/750 \quad (\text{mm}) \\ \Delta x &= 18.67 \quad (\text{mm}) \end{aligned}$$

Tabel 1. Kondisi Pembebanan Boom

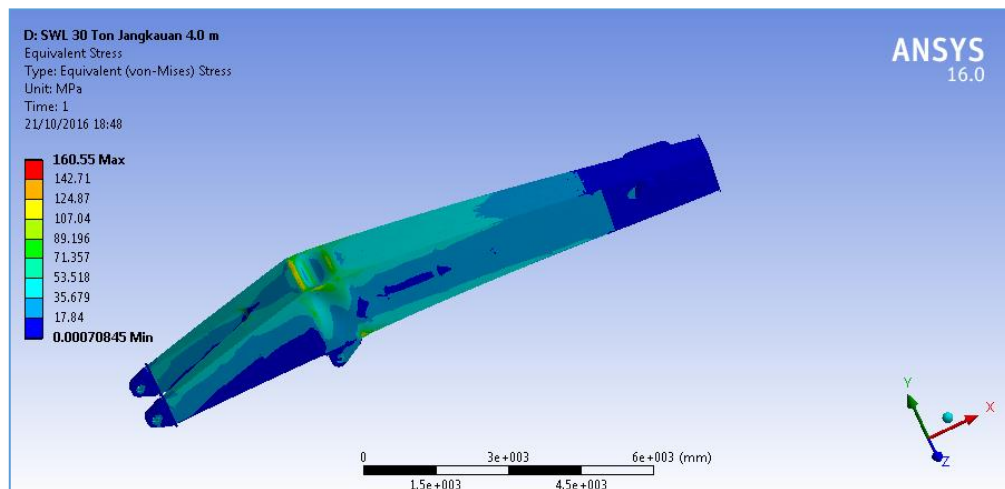
Nomor Pembebanan	Jangkauan Jib (Span), M	Safety Working Load (SWL), Ton
1	14	15
2	8.8	30
3	8.8	15
4	4	30

Kondisi operasional dari pembebanan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5. Tabel tersebut menunjukkan bahwa deck crane tersebut dioperasikan pada dua kondisi, yaitu kondisi beban penuh 30 ton dan beban separuh yaitu 15 ton. Pengangkatan beban 15 ton dan 30 ton adalah menggunakan 2 (dua) sistem angkat yang berbeda. Beban 15 ton diangkat oleh sistem puli yang melalui puli yang terletak di ujung boom, sedangkan beban 30 ton diangkat menggunakan sistem yang lainnya.



Gambar 5. Kondisi Operasional Pembebanan Struktur Boom

Kondisi batas pada engsel sambungan ke piston hidrolik dan sambungan dengan struktur pedestal dimodelkan sebagai tumpuan mati (fixed).

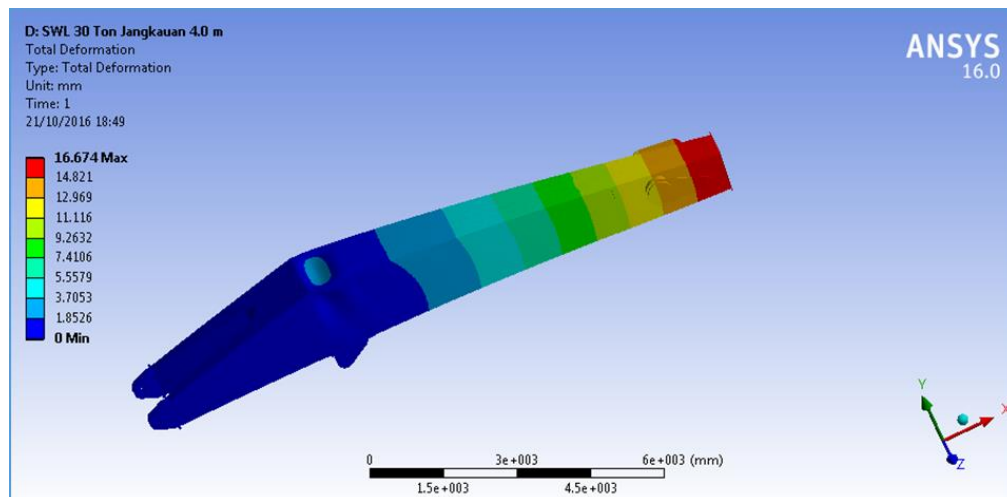


Gambar 6. Distribusi Tegangan pada Jib

Jumlah elemen keseluruhan struktur boom adalah 94994 elemen dan 423570 titik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan maksimum dan defleksi maksimum yang terjadi pada masing-masing kondisi pembebanan adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Pembebanan Boom

Nomor Pembebanan	Tegangan (Stress), Mpa	Defleksi (Deflection), mm
1	99,34	10,66
2	148,35	15,19
3	77,72	7,96
4	160,55	16,67



Gambar 7. Distribusi Deformasi pada Jib

Tegangan dan defleksi maksimum yang terjadi pada keempat kondisi pembebanan seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berada di bawah tegangan dan defleksi maksimum yang diijinkan yaitu 167 Mpa dan 18,67 mm. Tegangan maksimum terjadi pada bagian sambungan lengan bagian atas dengan lengan bagian pangkal seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7.

4. KESIMPULAN

Analisa struktur jib deck crane menggunakan metoda FEM menunjukkan bahwa tegangan maksimum terjadi pada posisi yang telah diduga, yaitu pada sambungan top plate antara bagian pangkal jib dan bagian atas. Berdasarkan analisa tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Tegangan yang terjadi cukup besar walaupun masih dibawah tegangan yang diijinkan.
2. Untuk menurunkan tegangan, disarankan untuk menambah selembat pelat (*doubling plate*) yang dilas di atas top plate di sekitar sambungan yang telah diduga seperti tersebut diatas.
3. Industri pendukung galangan kapal, khususnya industri pembuat deck crane sudah mampu untuk merancang dan membangun konstruksi deck crane.
4. Namun demikian perlu dukungan beberapa industri lagi untuk membuat beberapa komponen , seperti: wire rope dan winch.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT Lelangon yang telah membiayai analisa struktur jib pada konstruksi deck crane ini .

6. DAFTAR NOTASI

P = tekanan [atm]

T = suhu [$^{\circ}$ C]

σ_a = tegangan ijin

σ_y = tegangan luluh

SF = faktor keamanan

K = faktor material

Δx = deformasi/defleksi yang diijinkan

L = span / jangkauan

7. DAFTAR PUSTAKA

Gere J.M., Timoshenco, S.P., 1984. *Mechanics of Materials*. 2nd ed. Boston: Standford University.

Japan P&I, 2015, *Crane, their Operations and Reasons for Failures*. Protection and Indemnity Association Loss Prevention and Ship Inspection Department, Vol. 36

Lam, L., Tok, S.C., 2011. *Premature Crane Structure Failure & Finite Element Method Analysis and Rectification*. Antwerp Expo, Gelgium, 7-9 June 2011.

NK, 1995. *Rules for Cargo Handling Appkiances*. ; Chapter 4. Crane.

Patel P.R., Patel V.K., 2013. *A Review on Structural Analysis of Overhead Crane Girder using FEA Technique*. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology, Vol. 2-4.

Pengembangan Klaster Inovasi untuk Peningkatan Kandungan Lokal Industri Perkapalan

I Putu Sindhu Asmara^{1*}, Mardi Santoso², Eko Julianto³, dan Yugowati Praharsi⁴

¹Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

⁴Program Studi Manajemen Bisnis Maritim, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

* ptsindhu@gmail.com

Abstrak

Pengembangan klaster inovasi industri perkapalan dimaksudkan untuk meningkatkan kandungan lokal armada kapal-kapal pemerintah pada program Tol Laut. Komponen-komponen kapal yang selama ini diimpor, diharapkan bisa dibangun sebanyak mungkin di dalam negeri. Studi ini dilakukan menggunakan metode wawancara dan diskusi pada *focus group discussion*. Kondisi dan kemampuan industri pendukung perkapalan, industri galangan kapal dan pihak-pihak lainnya serta faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan industri perkapalan, diidentifikasi. Rencana pengembangan untuk membentuk klaster inovasi pada pembuatan komponen kapal, dianalisa dan direkomendasi untuk pengambilan kebijakan inovasi. Rekomendasi juga dihasilkan untuk mendukung dan memperkaya faktor budaya inovasi serta fokus dan keterpaduan rantai nilai.

Kata kunci: klaster, inovasi, budaya, rantai nilai

1. PENDAHULUAN

Salah satu sektor strategis yang menjadi tumpuan pembangunan ekonomi adalah konektivitas nasional dengan menjalankan program Tol Laut. Konektivitas laut (Tol Laut, 2014), merupakan isu strategis yang sangat diprioritaskan oleh pemerintahan di bidang maritim. Pengembangan pelabuhan untuk mendukung program Tol Laut perlu ditindaklanjuti dengan pengembangan industri perkapalan, melalui:

1. Peningkatan kapasitas dan kemampuan industri perkapalan;
2. Pengembangan industri pendukung perkapalan (komponen perkapalan).

Pemerintah telah menetapkan kawasan klaster industri perkapalan di Jawa Timur yang mencakup wilayah Surabaya, Gresik, Lamongan dan Tuban sebagai kawasan khusus industri perkapalan. Pengembangan industri perkapalan memerlukan inovasi agar mampu bersaing dengan kawasan lain seperti Batam, Jakarta, Balikpapan dan kawasan di luar negeri seperti China. Telaah konsep maupun beberapa bukti empiris pengalaman praktik mereka yang berhasil menunjukkan bahwa daya saing dan kohesi sosial suatu negara, daerah atau masyarakat sangat dipengaruhi oleh perkembangan “sistem inovasi” negara, daerah atau masyarakat yang bersangkutan. Dinamika sistem inovasi menunjukkan bagaimana suatu bangsa mampu menguasai, memanfaatkan dan mengembangkan pengetahuan, berinovasi dan mendifusikan inovasi tersebut, serta berproses dalam pembelajaran dan beradaptasi terhadap beragam perubahan. Pentingnya jaringan pengetahuan dan kolaborasi serta perannya dalam menciptakan kemakmuran ekonomi dan inovasi untuk mendeteksi mekanisme tanggung jawab dalam pembentukan, pengembangan dan perubahan jaringan, klaster dan sistem inovasi daerah (Brenner et al., 2011).

Daya saing galangan kapal di Indonesia masih lemah, karena 70 persen komponen kapal masih tergantung pada komponen impor. Hal ini diperparah dengan kebijakan fiskal yang tidak berpihak kepada industri perkapalan nasional. Komponen impor masih dibebankan PPN sebesar 10 persen dan suku bunga yang tidak kompetitif untuk industri perkapalan nasional.

Tujuan dari studi ini adalah untuk merumuskan strategi pengembangan industri perkapalan dalam mendukung pengembangan sistem inovasi Jawa Timur berdasarkan faktor yang berpengaruh. Sasaran yang digunakan untuk mencapai tujuan adalah ;

1. Mengidentifikasi jenis industri pendukung perkapalan di Jawa Timur
2. Untuk memperoleh gambaran umum mengenai kondisi industri eksisting,

3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan industri perkapalan.

Penelitian ini dilakukan dengan batasan kluster inovasi untuk industri perkapalan di Jawa Timur. Kluster mempunyai pengertian sebagai kumpulan, kelompok, himpunan, atau gabungan obyek tertentu yang memiliki keserupaan atau karakteristik tertentu. Ada beberapa definisi kluster menurut para pakar. Michael Porter mendefinisikan kluster sebagai sekumpulan perusahaan dan lembaga-lembaga terkait di bidang tertentu yang berdekatan secara geografis dan saling terkait karena kebersamaan dan komplementaritas.

Roelandt dan den Hertog (1998) mendefinisikan kluster sebagai jaringan produksi dari perusahaan-perusahaan yang saling bergantung secara erat (termasuk pemasok yang terspesialisasi), agen penghasil pengetahuan (perguruan tinggi, lembaga riset, perusahaan rekayasa), lembaga perantara (broker, konsultan) dan pelanggan, yang terkait satu dengan lainnya dalam suatu rantai produksi peningkatan nilai tambah.

Lyon dan Atherton (2000) berpendapat bahwa terdapat tiga hal mendasar yang dicirikan oleh kluster industri, terlepas dari perbedaan struktur, ukuran ataupun sektornya, yaitu: (1) Komonalitas/Kebersamaan yaitu bahwa bisnis-bisnis beroperasi dalam bidang-bidang serupa atau terkait satu dengan lainnya dengan fokus pasar bersama atau suatu rentang aktivitas bersama; (2) Konsentrasi yaitu bahwa terdapat pengelompokan bisnis-bisnis yang dapat dan benar-benar melakukan interaksi; (3) Konektivitas yaitu bahwa terdapat organisasi yang saling terkait/ bergantung dengan beragam jenis hubungan yang berbeda.

Kluster industri merupakan kelompok industri spesifik yang dihubungkan oleh jaringan mata rantai proses penciptaan/peningkatan nilai tambah. Kelompok industri spesifik tersebut merupakan jaringan dari sehimpunan industri yang saling terkait yang disebut dengan industri inti, industri pendukung, dan industri terkait, serta pihak/lembaga yang menghasilkan pengetahuan/ teknologi seperti perguruan tinggi dan lembaga penelitian, pengembangan dan rekayasa/litbangyasa, institusi yang berperan menjembatani seperti broker dan konsultan, dan juga pembeli, yang dihubungkan satu dengan lainnya dalam rantai proses peningkatan nilai (Tatang Taufik, 2016).

Porter berpendapat bahwa suatu negara memperoleh keunggulan daya saing jika perusahaan-perusahaan didalam negara tersebut kompetitif. Kemampuan industri melakukan inovasi dan meningkatkan kemampuannya menentukan daya saing suatu negara. Sebagai contoh dengan peningkatan teknis proses produksi atau kualitas produk. Selanjutnya Porter mengajukan Diamond Model (DM) yang terdiri dari empat penentu daya saing suatu bangsa. Empat atribut ini adalah: Faktor kondisi, Kondisi permintaan, Industri terkait dan pendukung, serta strategi, struktur, dan persaingan perusahaan.

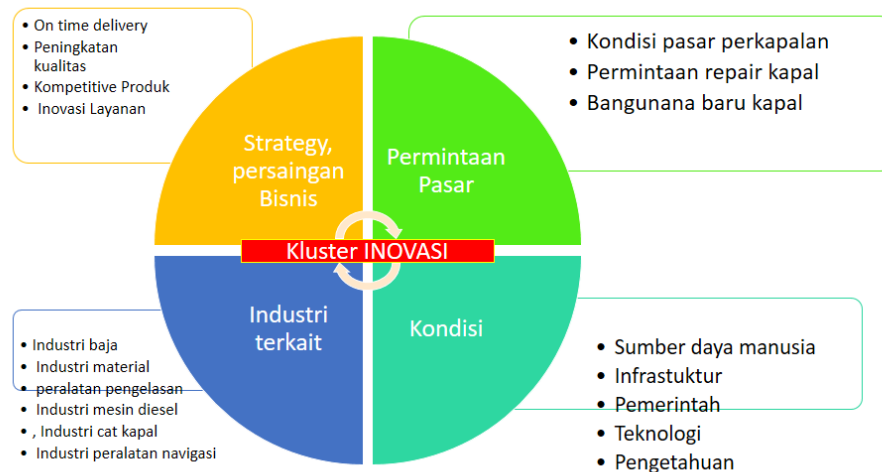
2. METODOLOGI

Metode yang digunakan adalah ulasan literatur untuk menentukan variabel kluster inovasi perkapalan di Jawa Timur dan selanjutnya dilakukan analisis deskriptif dari hasil wawancara terhadap pemangku kepentingan di Jawa Timur.

Metode kluster inovasi yang digunakan untuk industri perkapalan di Jawa Timur ditunjukkan pada Gambar 1. Metode kluster diamond Porter tersebut mencerminkan kriteria kebijakan inovasi. Kondisi permintaan pasar, kondisi galangan dan kebijakan pemerintah, dan kondisi industri terkait akan menjadi dasar pengembangan inovasi sebagai strategi dalam persaingan bisnis. Semua kondisi tersebut didapatkan melalui wawancara dan diskusi pada Fokus Group Discussion (FGD).

Melalui FGD didapatkan informasi terkini dari pelaku utama industri perkapalan di Jawa Timur mengenai perkembangan industri perkapalan, yang mencakup industri pembangunan kapal (galangan), industri pendukung galangan kapal, dan industri pengguna. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari FGD, dirumuskan 4 (empat) hal, yaitu:

1. Tahapan usia kluster industri perkapalan saat ini (embryonic, emerging, mature).
2. Potensi inovasi pada tingkatan mikro, meso dan makro.
3. Peta rencana (roadmap) kolaborasi jangka menengah antar anggota.
4. Prioritas teknologi kunci yang mempunyai dampak dan mengungkit daya saing kluster inovasi.



Gambar 1. Metode Pengembangan Kluster Inovasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari hasil pelaksanaan FGD dikelompokkan menjadi 4 (empat), yaitu kondisi permintaan pasar, kondisi galangan dan kebijakan pemerintah, kondisi industri terkait, serta strategi dalam persaingan bisnis, yaitu sebagai berikut:

3.1. Kondisi Pasar

Kondisi pasar perkapalan meliputi 3 (tiga) bagian, yaitu kondisi industri pelayaran, permintaan bangunan kapal baru dan reparasi kapal, serta kondisi pasar industri pendukung, yaitu:

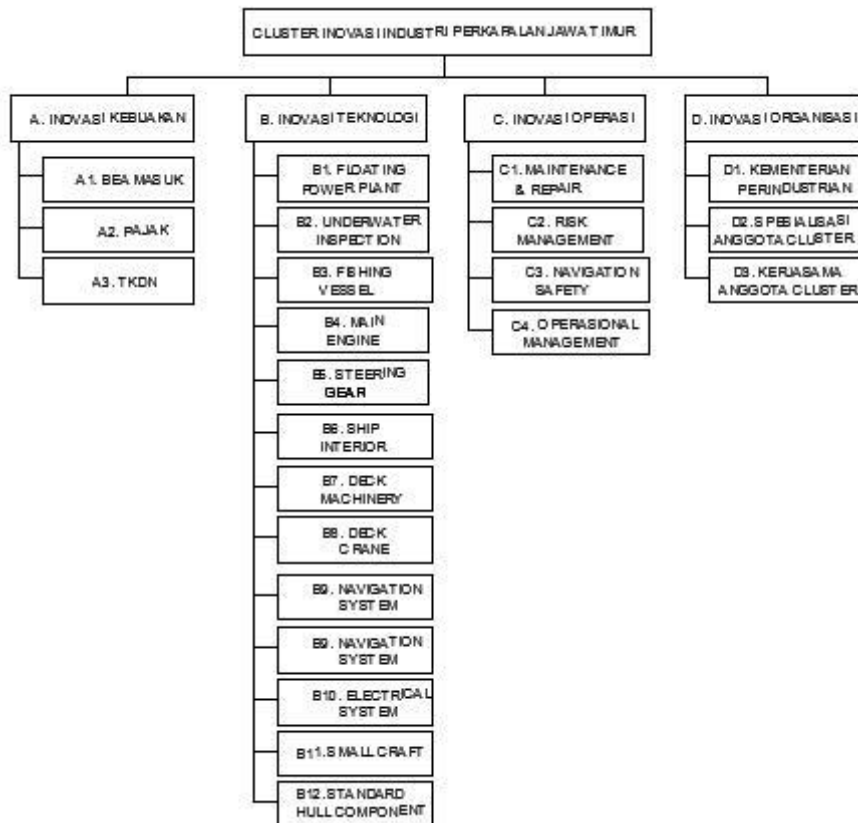
1. Kondisi pasar untuk industri pelayaran menghadapi 3 (tiga) kondisi yang tidak menguntungkan, yaitu:
 - a. Permintaan pasar untuk industri pelayaran sedang menurun sebagai akibat dari dampak kelesuan ekonomi global, dimana banyak kapal yang tidak beroperasi dan dijual dengan harga murah.
 - b. Permintaan pasar untuk industri pelayaran semakin mengalami tekanan akibat dari program Tol Laut yang memberikan berbagai fasilitas kemudahan bagi masyarakat.
 - c. Perusahaan pelayaran mengalami kesulitan untuk mendapatkan awak kapal karena awak kapal cenderung memilih bekerja di kapal asing.
2. Kondisi pasar untuk industri galangan kapal di Jawa Timur adalah sebagai berikut:
 - a. Galangan kapal besar yang bertaraf internasional dengan pelanggan dari luar negeri juga merasakan kurangnya pasar bangunan baru sebagai akibat dari lesunya perekonomian secara global.
 - b. Tidak seperti yang dialami oleh industri pelayaran, kebijakan pemerintah untuk melaksanakan program konektivitas nasional sangat membantu industri galangan kapal. Hampir semua industri galangan mengalami puncak permintaan pembangunan kapal baru, seperti kapal perintis, kapal alat utama sistem pertahanan, kapal ikan, dan pembangunan galangan kapal di Indonesia bagian Timur.
 - c. Permintaan pasar untuk reparasi kapal juga mengalami penurunan sebagai dampak dari lesunya ekonomi global.
3. Kondisi pasar untuk industri pendukung adalah sebagai berikut:
 - a. Pembangunan kapal pemerintah membuka pasar yang sangat luas bagi industri pendukung.
 - b. Sayangnya peluang tersebut tidak bisa dimanfaatkan dengan baik karena sebagian besar komponen kapal yang ditawarkan oleh industri pendukung mempunyai kandungan lokal yang sangat rendah.
 - c. Rendahnya kandungan lokal tersebut diakibatkan oleh kurangnya koordinasi antara pemerintah, dalam hal ini Kementerian Perindustrian dengan industri pendukung di bidang perkapalan.

3.2. Kondisi Industri Perkapalan

Kondisi industri perkapalan menyangkut 5 (lima) hal, yaitu kondisi sumber daya manusia, infrastruktur, dukungan kebijakan pemerintah, teknologi dan pengetahuan. Informasi yang didapat mengenai kelima hal tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kondisi sumber daya manusia untuk mendukung industri perkapalan adalah sebagai berikut:
 - a. Kemampuan sumber daya manusia (SDM) dalam hal rancang bangun kapal diakui masih belum memuaskan industri pengguna, khususnya dalam hal stabilitas kapal produk dalam negeri yang dinilai masih kalah dengan stabilitas kapal impor.
 - b. SDM perkapalan Jawa Timur sudah berhasil membuat desain standar kapal nasional, yaitu:
 - i. Desain Kapal Kontainer
 - ii. Desain Kapal Pengangkut Ikan
 - c. Selain mampu membangun berbagai jenis kapal dagang, SDM perkapalan juga sudah mampu membangun berbagai jenis kapal alutsista, yaitu:
 - i. Perusak Kawal Rudal (PKR)
 - ii. Fast Patrol Boat (FPR)
 - iii. Kapal Cepat Rudal (KCR).
 - d. SDM perkapalan juga sudah berhasil membangun barge untuk power plant, *Barge Mounted Power Plant* (BMPP).
 - e. Jawa Timur merupakan pusat pembentukan SDM perkapalan. Khusus untuk pendidikan vokasi di bidang perkapalan masih dibutuhkan beberapa politeknik perkapalan di seluruh Indonesia.
2. Kondisi infrastruktur untuk mendukung industri perkapalan. Infrastruktur yang dimiliki oleh Jawa Timur untuk mendukung industri perkapalan adalah cukup memadai. Hal tersebut disimpulkan dari beberapa kenyataan yaitu sebagai berikut:
 - a. Di Jawa Timur terdapat galangan kapal terbesar di Asia Tenggara. PT PAL memiliki fasilitas yang cukup lengkap sehingga mampu membangun berbagai jenis kapal, kecuali kapal pengangkut LNG.
 - b. Terdapat beberapa industri galangan kapal lainnya, yaitu:
 - i. PT Dok dan Perkapalan Surabaya
 - ii. PT Dok dan Perkapalan Dumas
 - iii. PT Dok dan Perkapalan Adi Luhung
 - iv. PT Dok dan Perkapalan Orela
 - v. PT Dok dan Perkapalan Lamongan
 - vi. PT Dok dan Perkapalan Najatim
 - c. Juga terdapat galangan kapal-kapal kecil, yaitu:
 - i. PT Lundin
 - ii. PT FI Indonesia
 - iii. PT Fiberboat Indonesia
 - iv. PT Surabaya Marine
 - d. Terdapat PT PINDAD yang mempunyai fasilitas dan mampu membuat berbagai jenis peralatan dan permesinan.
3. Kondisi pemerintahan yang terkait dengan pengembangan industri perkapalan adalah sebagai berikut:
 - a. Saat ini, peran pemerintahan untuk membina dan mendukung industri perkapalan dinilai sangat kurang karena tidak adanya pejabat yang mempunyai kewenangan yang cukup untuk mengambil kebijakan di industri perkapalan. Hal ini disebabkan karena di Kementerian Perindustrian, industri perkapalan hanya dikelola oleh seorang pejabat setingkat eselon 3, sedangkan pada pemerintahan sebelumnya hal ini diurus oleh seorang menteri di kementerian maritim. Kebijakan Menteri Koordinator bidang Kemaritiman dinilai tidak bisa diimplementasikan oleh seorang pejabat yang hanya setara dengan posisi eselon 3.
 - b. Kementerian Perindustrian kurang mendukung industri galangan perkapalan karena harga impor lebih murah daripada harga di dalam negeri, sedangkan salah satu persyaratan tender adalah harus menggunakan produk dalam negeri. Diharapkan Departemen Perindustrian mendukung industri pendukung untuk meningkatkan kemampuannya.
 - c. Dukungan pemerintah di bidang perkapalan sudah mulai dirintis, dengan dibuatnya list komponen standar pendukung industri perkapalan. Kebijakan untuk membina dan mengembangkan industri pendukung sangat dinantikan oleh pelaku industri pendukung galangan kapal.
 - d. Di Jawa Timur terdapat kantor cabang Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) yang bekerja sama dengan Kementerian Perindustrian untuk membuat list standar komponen tersebut.
 - e. PT PAL juga sudah membuat list standar komponen kapal dan sudah diserahkan kepada Menteri Koordinator bidang Kemaritiman.

- f. Dinas Kelautan dan Perikanan Jawa Timur menyampaikan komitmennya untuk bekerjasama dengan klaster inovasi industri perkapalan di Jawa Timur.
4. Pengetahuan dan Teknologi yang dimiliki oleh industri perkapalan cukup memadai dan bisa terus dikembangkan melalui kerjasama dengan institusi yang ada di Jawa Timur, yaitu:
 - a. Balai Teknologi Hidrodinamika yang memiliki fasilitas towing tank yang sangat memadai.
 - b. National Ship Design and Construction (NASDEC) di ITS yang merupakan pusat desain kapal nasional.
 - c. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang merupakan politeknik satu-satunya di Indonesia yang sepenuhnya berorientasi pada pendidikan vokasi di bidang perkapalan.
 - d. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) yang merupakan institut terbesar di Indonesia bagian Timur serta memiliki Fakultas Teknologi Kelautan.
 - e. PT. PAL mendukung PPNS untuk ikut serta mendukung pengembangan teknologi di bidang oil and gas.
- 3.3. Kondisi Industri Pendukung
- Informasi yang didapatkan mengenai industri pendukung adalah sebagai berikut:
1. Kondisi industri baja di Indonesia, saat ini mendapat tekanan dari pelat impor asal China karena mereka kelebihan stok akibat lesunya perekonomian secara global.
 2. Kondisi industri material lain, seperti material untuk pelapisan dinding, lantai, dan *ceiling* belum ada di Indonesia sehingga 100% komponen tersebut adalah produk impor.
 3. Industri pengecatan juga masih belum memuaskan dalam implementasi proses pengecatan di galangan. Industri cat belum memberlakukan standar secara ketat dalam hal prosedur penggunaan cat yang mereka produksi.
 4. Industri peralatan pengelasan dan perkakas juga masih mengandalkan produksi luar negeri.
 5. Industri mesin dan listrik, mesin dan komponen kelistrikan juga belum bisa bersaing dengan produk luar negeri.
 6. Industri elektronika dan navigasi juga masih belum tersedia di dalam negeri sehingga 100 % tersebut adalah produk impor.
- 3.4. Strategi dalam Persaingan Bisnis
- Strategi yang akan dilaksanakan untuk mendukung industri perkapalan dan penunjangnya dapat dikelompokkan menjadi 4 (empat) , yaitu sebagai berikut:
1. Pengiriman produk yang tepat waktu. Dalam hal penyelesaian produk yang tepat waktu, ada beberapa hal yang bisa diusahakan yaitu sebagai berikut:
 - a. Pengembangan industri pendukung galangan kapal untuk mampu membuat produk yang mampu bersaing dengan komponen kapal produk impor.
 - b. Setiap industri pendukung perlu melakukan kerjasama pengembangan produk dengan institusi pendidikan dan pemerintah, serta melibatkan industri rumah tangga untuk pembuatan komponen-komponen turunannya.
 - c. Pengembangan sistem pembangunan kapal yang presisi sehingga sistem blok dapat dijalankan dengan baik. Dukungan teknologi yang memadai perlu diadakan untuk menjamin blok-blok kapal yang dibangun diberbagai tempat bisa digabung (*erection*) di galangan kapal dengan tingkat presisi yang tinggi.
 - d. Pengembangan standar alat ukur dan standar prosedur jaminan mutu untuk mendukung pembangunan kapal yang presisi.
 2. Peningkatan kualitas produk oleh industri galangan kapal dan industri pendukungnya bisa dilakukan melalui:
 - a. Kerjasama pengembangan produk dengan institusi pendidikan dan lembaga penelitian dalam hal pengembangan material, desain, maupun proses produksi.
 - b. Kerjasama tersebut perlu mendapatkan dukungan dari pemerintah, baik melalui kementerian RISTEK DIKTI, Perhubungan, maupun Perindustrian.
 3. Harga produk yang kompetitif bisa dicapai melalui beberapa strategi, yaitu:
 - a. Standarisasi produk nasional, sehingga semakin banyak industri yang mampu membuat produk tersebut yang pada gilirannya akan meningkatkan kompetisi yang sehat dan harga yang lebih murah.
 - b. Kerjasama dengan industri rumah tangga.
 4. Inovasi produk dan layanan. Inovasi produk dan pelayanan merupakan intisari dari studi pengembangan klaster inovasi industri perkapalan di Jawa Timur ini. Klaster inivasi tersebut diuraikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Klaster Inovasi Industri Perkapalan

- a. Inovasi produk dan layanan dikelompokkan menjadi 4 (empat), yaitu:
 - i. Inovasi kebijakan, mencakup: kebijakan bea cukai, kebijakan pajak, dan kebijakan pemberlakuan tingkat kandungan dalam negeri (TKDN).
 - ii. Inovasi teknologi, mencakup berbagai inovasi seperti: *floating power plant*, *underwater inspection*, *fishing vessel*, *main engine*, *steering gear*, *standard hull component*, *deck machinery*, dan sebagainya.
 - iii. Inovasi operasi, mencakup: perawatan dan perbaikan kapal, manajemen resiko, keselamatan navigasi, dan manajemen operasional.
 - iv. Inovasi organisasi, mencakup dukungan kementerian perindustrian terhadap pembinaan dan pengembangan industri pendukung, spesialisasi industri pendukung, dan kerjasama antara anggota kluster inovasi.
- b. Pada tahap pertama semua pihak yang berada di dalam masing-masing kluster inovasi tersebut di atas mempunyai komitmen untuk bekerja-sama dalam menjalankan roadmap yang sudah diputuskan.

4. KESIMPULAN

Beberapa hal dapat disimpulkan dari pembahasan di atas, yaitu:

1. Industri pendukung perkapalan di Jawa Timur belum berkembang dengan baik dan belum bisa bersaing dengan produk impor, bahkan beberapa jenis komponen masih 100% adalah bukan kandungan dalam negeri.
2. Kondisi industri perkapalan di Jawa Timur dapat digolongkan ke dalam 2 (dua) kelompok, yaitu:
 - a. Galangan kapal besar seperti PT PAL mengalami dampak kelesuan ekonomi global sehingga pekerjaan bangunan kapal pesanan luar negeri belum banyak yang bisa dikerjakan. Kelesuan ini dihadapi dengan usaha untuk membenahi industri maritim nasional melalui berbagai program yang dibangun bersama pemerintah pusat.
 - b. Galangan kapal menengah dan galangan kapal kecil sedang mengalami pesanan bangunan kapal baru yang melimpah untuk mendukung program konektivitas nasional dan program pembangunan kapal ikan.
 - c. Industri pendukung yang menyediakan komponen-komponen kapal berada dalam kondisi yang belum siap untuk mendukung program pemerintah. Belum kebijakan pemerintah dinilai terlalu cepat tanpa didahului oleh koordinasi dengan pihak industri pendukung.

3. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengembangan industri perkapalan di Jawa Timur adalah: adanya permintaan pasar, sumber daya manusia, infrastruktur, pemerintah, pengetahuan dan teknologi, kesiapan industri pendukung, persaingan usaha dan budaya inovasi. Dari berbagai faktor tersebut, hal-hal yang perlu dibenahi adalah:
 - a. Penguatan industri pendukung melalui kerjasama antara industri, lembaga penelitian dan pemerintah.
 - b. Kebijakan yang pas oleh pemerintah berkaitan dengan kebijakan bea cukai, pajak dan implementasi ketetapan undang-undang tentang tingkat kandungan dalam negeri.
 - c. Kesiapan teknologi dan manajemen kualitas serta kerjasama dalam manajemen produksi untuk mendukung proses produksi yang tepat waktu dengan biaya produksi yang bersaing.
 - d. Kerjasama antar anggota klaster inovasi untuk melaksanakan roadmap yang sudah disepakati bersama sehingga ketetapan tingkat kandungan dalam negeri dapat tercapai dan memberi manfaat yang signifikan kepada masyarakat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai studi Pengembangan Klaster Inovasi Perkapalan di Jawa Timur ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Mohamad et al. 2013. Sistem inovasidaerah: inovasi teknologi dalam pengembangan ekonomi lokal. Bogor: IPB Press.
- Asheim, B.T. and Coenen, L. 2005. Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research Policy*. 34: 1173–1190.
- Brenner, T. et al. 2011. Regional Innovation Systems, Clusters, and Knowledge Networking. *Papers in Regional Science*. Vol. 90, No. 2, June: 243-249.
- Lyon, F., & Atherton, A. 2000. A Business View of Clustering: Lessons for ClusterDevelopment Policies. *Fondation for SME Development* , 2-13.
- Langen, P. W. (2002). Clustering and performance: the case of maritime clustering in The Netherlands. *Maritime Policy & Management*, 29(3), 209-221.
- Roelandt TJA , den Hertog P. (1998). Cluster Analysis & Cluster-Based Policyin OECD-Countries : Various Approaches, Early Results Policy Implications. Report by the Focus Groupon: Industrial clusters Draft synthesis report on phase11. OECD-Focus Group on industrial clusters. Presented at the 2nd OECD – work shop on cluster analysis and cluster based policy. Vienna, May 4th&5th. TheHague / Utrecht, May1998.
- Taufik, T. A. (2006). Strategi Dual Pengembangan kemampuan Industri TIK Nasional Sistem Inovasi Nasional . Sistem Informasi Nasional.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Evaluasi Kondisi Iklim Kerja di Bengkel *Outfitting* PT. Indonesia Marina Shipyard

Mochamad Luqman Ashari^{1*}, Denny Dermawan²

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*ashari.luqman@ppns.ac.id

Abstrak

Tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap, lokasi tenaga kerja bekerja atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan didalamnya terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya (Depnaker RI, 1970). Iklim kerja adalah hasil perpaduan suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga sebagai akibat pekerjaannya (Depnakertrans RI, 2011). Iklim kerja yang tinggi dapat mempengaruhi kinerja dan kesehatan pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi iklim kerja di Bengkel *Outfitting* PT. Indonesia Marina Shipyard (PT. IMS). Standar yang digunakan dalam mengevaluasi iklim kerja adalah Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. 13/2011 tentang NAB Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja. Penelitian ini menggunakan alat thermocouple dengan metode pengukuran langsung pada daerah konsentrasi kerumunan aktifitas pekerja. Faktor yang diamati pada pengukuran iklim kerja yaitu jenis pekerjaan, lamanya jam kerja, jenis kelamin, dan berat rata-rata pekerja. Data-data tersebut digunakan untuk menghitung beban kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total kalori yang dibutuhkan oleh pekerja dengan jenis kelamin laki – laki membutuhkan 310,1 Kkal/jam, masuk dalam kategori beban kerja sedang (200-350 Kkal/jam). Rata-rata Indeks Suhu Bola Basah (ISBB) adalah 27,3°C dengan 75% waktu kerja dan 25% waktu istirahat, sehingga kondisi ini masih sesuai dengan NAB. Rekomendasi yang diberikan dalam bentuk tindakan *administrative control* adalah mempertahankan komposisi waktu kerja dan waktu istirahat yang telah ada, serta untuk tindakan *engineering control* adalah mempertahankan bukaan ventilasi alami dan operasional ventilasi mekanis yang telah berjalan.

Kata kunci: iklim kerja, bengkel outfitting PT. IMS, ISBB, *administrative control*, *engineering control*.

1. PENDAHULUAN

Tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan dimana terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya (Depnaker RI, 1970). Iklim kerja adalah hasil perpaduan suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga sebagai akibat pekerjaannya. Iklim kerja merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas kerja pekerja di tempat kerja (Depnaker RI, 2011). Evaluasi kondisi iklim kerja pada tempat kerja di Bengkel *Outfitting* PT. IMS merupakan upaya penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di PT. IMS. Pada penelitian di Bengkel Non Metal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dengan pekerjaan pembuatan kapal dengan aktifitas sejenis dengan yang dilakukan di Bengkel *Outfitting* PT. IMS yaitu pekerjaan kayu dan logam diperoleh beban kerja kategori sedang dan iklim kerja melampaui NAB (Wirawan dan Dermawan, 2011). Efek samping proses produksi berupa kegiatan pembuatan dan perawatan kapal dapat berakibat buruk kepada pekerjaan dan lingkungan kerja, sehingga tidak memenuhi syarat-syarat kesehatan terhadap tenaga kerja dan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan (Soeripto, 2008). Respon-respon fisiologis tubuh akan terlihat jelas terhadap pekerja dengan iklim kerja panas tersebut, seperti peningkatan darah dan denyut nadi yang signifikan pada tenaga kerja sebelum dan sesudah terpapar panas, sehingga iklim kerja akan memperburuk kondisi pekerja, selain respon tekanan darah dan denyut nadi, sistem *Thermoregulator* di otak (*Hypothalamus*) akan merespon dengan beberapa mekanisme kontrol seperti konduksi, konveksi, radiasi, dan evaporasi dengan tujuan untuk mempertahankan suhu tubuh sekitar 36°C - 37°C. Namun apabila paparan dibiarkan terus - menerus akan menyebabkan kelelahan (*fatigue*) dan akan menyebabkan mekanisme kontrol ini tidak lagi bekerja yang pada akhirnya akan menyebabkan timbulnya efek "heat stress" (Budiono, 1990). Penelitian ini membahas kondisi iklim kerja di Bengkel *Outfitting* PT. IMS mengacu pada NAB untuk iklim kerja dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. 13/2011 tentang NAB Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja seperti tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. NAB ISBB di Tempat Kerja

Pengaturan waktu kerja setiap jam	ISBB (°C)		
	Beban Kerja		
	Ringan	Sedang	Berat
75% - 100%	31,0	28,0	-
50% - 75%	31,0	29,0	27,5
25% - 50%	32,0	30,0	29,0
0% - 25%	32,2	31,1	30,5

(Sumber: DEPNAKERTRANS RI, 2011)

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu:

- Studi pustaka tentang iklim kerja (definisi, akibat negatif, teknik pengukuran, beban kerja, NAB iklim kerja, dan teknik pengendalian).
- Pengamatan langsung aktifitas pekerja di lapangan. Hasil pengamatan digunakan untuk menghitung beban kerja.
- Pengukuran iklim kerja dengan menggunakan alat *thermocouple*. Pengukuran dilakukan di 3 (tiga) titik lokasi konsentrasi para teknisi bekerja, setiap titik dilakukan 3 (tiga) kali pengukuran. Hasil yang diambil adalah nilai iklim kerja tertinggi. *Thermocouple* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

**Gambar 1.** *Thermocouple*

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2016)

**Gambar 2.** Aktivitas Kerja Teknisi Bengkel *Outfitting* PT.IMS

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 20116)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran iklim kerja dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Indeks Suhu Bola Basah di Bengkel *Outfitting* PT.IMS

Titik	ISBB Indoor (°C)
1	27,3°C
2	27,4°C
3	27,2°C
Rata-rata	27,3°C

(Sumber: Hasil Pengukuran, 2016)

Perhitungan beban kerja berdasarkan hasil pengamatan secara langsung aktifitas Teknisi Bengkel *Outfitting* PT.IMS adalah:

- a. Berat badan rata-rata pekerja: 60 kg BB.
- b. Metabolisme basal = 1 x Kkal/jam x Berat Badan.
- c. Durasi pekerjaan: 7 jam kerja dan 1 jam istirahat (termasuk kategori 75 - 100% waktu kerja).
- d. Beban kerja:

Pekerjaan kayu, logam, dan pengecatan dalam industri
= (3,43 kkal / jam.kgBB) x 70 kg = 240,1 Kkal/jam

Metabolisme Basal:
= (1 kkal / jam.kgBB) x 70 kg = 70 Kkal/jam

Perhitungan Total Kalori per jam
= 240,1 Kkal/jam + 70 Kkal/jam
= 310,1 kkal/jam

Berdasarkan perhitungan ini diketahui, bahwa aktifitas teknisi Bengkel *Outfitting* PT.IMS termasuk beban kerja sedang dengan kebutuhan kalori sebesar 310,1 Kkal/jam (>200-350 Kkal/jam) dengan waktu kerja 7 jam dan jumlah total waktu kerja dalam sehari adalah 8 jam, sehingga pengaturan waktu kerjanya adalah 75 – 100%. Rata-rata ISBB adalah 27,3°C. Kondisi ini menunjukkan, bahwa iklim kerja dikaitkan dengan beban kerja dan waktu kerja masih sesuai dengan standar berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. 13/2011. NAB iklim kerja yang diperbolehkan adalah maksimal 28°C.

Rekomendasi yang diberikan dalam bentuk tindakan *administrative control* adalah mempertahankan komposisi waktu kerja dan waktu istirahat yang telah ada, serta untuk tindakan *engineering control* adalah mempertahankan bukaan ventilasi alami dan operasional ventilasi mekanis yang telah berjalan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Kondisi iklim kerja di Bengkel *Outfitting* PT.IMS dikaitkan dengan beban kerja dan waktu kerja telah sesuai dengan standar berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. 13/2011. NAB iklim kerja yang diperbolehkan adalah maksimal 28°C, sedangkan hasil pengukuran iklim kerja sebesar 27,3°C.
2. Rekomendasi pengendalian iklim kerja meliputi tindakan *administrative control* adalah mempertahankan komposisi waktu kerja dan waktu istirahat yang telah ada, serta untuk tindakan *engineering control* adalah mempertahankan bukaan ventilasi alami dan operasional ventilasi mekanis yang telah berjalan.

5. DAFTAR NOTASI

ISBB = Indeks Suhu Basah dan Bola [°C]

6. DAFTAR PUSTAKA

- ACGIH, 2005. Kategori Beban Kerja Dengan Kategori Tingkat Metabolisme, ACGIH, USA.
- ACGIH, 2005. Paparan Panas WBGT yang Diperkenankan Sebagai NAB (WBGT dalam °C), ACGIH, USA.
- Arismunandar, S. H, 1981. Penyegara Udara. Pradya Paramita, Surabaya, Indonesia.
- Budiono, A.M. Sugeng (editor), 1990. Panduan Pelayanan Hiperkes dan Keselamatan Kerja, Tri Tunggal Tata Fajar, Semarang, Indonesia.
- Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI, 1970. Undang-Undang No. 1/1970 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI, Jakarta, Indonesia.
- Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI, 2011. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. 13/2011 tentang NAB Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja, Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI, Jakarta, Indonesia.
- Heru, S, 2007. Hygiene Lingkungan Kerja, Mitra Cendekia Press, Jogjakarta, Indonesia.
- Soeripto, M, 2008. Hygiene Industri, Balai Penerbit FKUI, Jakarta, Indonesia.
- Wirawan, A., Dermawan, D., 2011. Pengaruh Iklim Kerja terhadap Produktivitas Kerja pada Pembuatan Kapal Fiber (Studi Kasus: PT. Fiberboat Indonesia), Program Studi MMT-ITS, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIV, Surabaya, Indonesia, 23 Juli 2011, Program Studi MMT-ITS, Surabaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Teknik Pemasangan Pipa Air Minum Bawah Laut dengan Metode TT dari Pulau Tidore ke Pulau Maitara

Witono Hardi^{1*}, Tri Suyono²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Kampus 2 Gambesi, Jl. Pertamina, Ternate Selatan, Kota Ternate, Maluku Utara

² Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Kampus 2 Gambesi, Jl. Pertamina, Ternate Selatan, Kota Ternate, Maluku Utara

*witonounkhair@yahoo.co.id

Abstrak

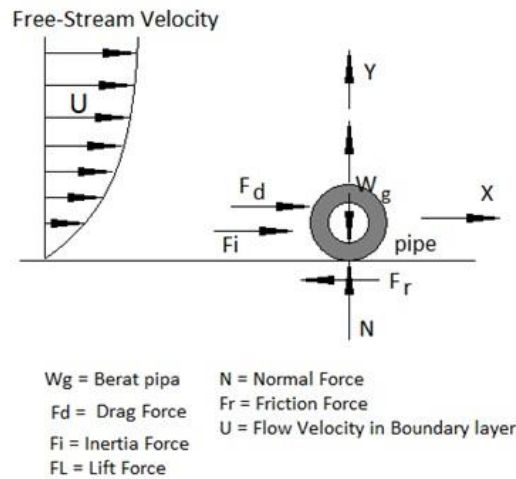
Permasalahan air minum merupakan masalah yang sangat mendesak di Maluku Utara. Kondisi wilayahnya yang berupa kepulauan yang mana tidak semua pulau memiliki sumber air minum yang memadai maka instalasi pipa air minum bawah laut antar pulau merupakan salah satu cara untuk memecahkan masalah ini. Pulau Maitara yang terkenal dengan pulau seribu rupiah adalah sebuah pulau kecil berjarak 1 km dari pulau Tidore merupakan pulau yang tidak tersedia sumber air minum sendiri oleh karena itu dilakukan pemasangan pipa untuk mengalirkan air minum dari pulau Tidore. Selat Maitara adalah selat sempit dengan kedalaman maksimum 60 m merupakan daerah aman dari lalu lintas kapal, namun demikian arus lautnya sangat besar. Oleh karena itu perlu diperhitungkan secara mendalam teknik pemasangan pipa bawah laut yang terbuat dari HDPE. Telah dilakukan pemasangan pipa bawah laut dengan metode TT (tarik-tenggelamkan) yang menghubungkan P Maitara dengan P Tidore. Tali pengarah yang selanjutnya disebut tali koordinat terbuat dari baja dipasang di sepanjang jalur yang akan dilalui pipa selanjutnya dikunci mati di pinggir pantai. Pada badan pipa HDPE diameter 110 mm dipasang cincin cincin tali. Dari arah pulau Tidore, cincin tali pada pipa dikaitkan di sepanjang tali koordinat dengan ujung pipa ditarik ke arah pulau Maitara. Air laut masuk ke dalam pipa dan dijaga agar pipa tetap penuh air agar tidak terjadi udara terjebak di dalam pipa. Pipa terus ditarik sampai daratan pulau Maitara. Selanjutnya dari arah pulau Maitara, dimulai dari bagian pipa yang berada di tepi pantai, pemberat beton bertulang K700, 85 kg dipasang pada pipa secara berurutan setiap 3 meter ke arah tidore. Secara perlahan lahan cincin tali dilepas sehingga pipa mulai tenggelam berangsur angsur dimulai dari sisi maitara ke arah Tidore. Agar tidak terlalu membebani tali koordinat, pelampung sementara dipasang di pipa pada bagian yang belum terpasang pemberat tapi secara berangsur angsur dilepas dengan terpasangnya pemberat. Demikian pekerjaan dilakukan sampai seluruh pipa tenggelam di dasar laut. Ada 3 jalur pipa terpasang berjajar dengan panjang masing masing pipa 1.6 km. Pekerjaan finishing dilakukan dengan melakukan penyelaman untuk memastikan pipa dan pemberatnya berada di lokasi yang aman, tidak terganggu karang maupun palung laut yang bisa menyebabkan tegangan lokal pada pipa yang dapat menyebabkan kegagalan.

Kata kunci: pipa air minum, bawah laut, HDPE, tarik-tenggelamkan

1. PENDAHULUAN

Pipa air minum bawah laut yang menghubungkan pulau Tidore dengan pulau Maitara dibangun dengan mempertimbangkan segala aspek yang ada yaitu arus laut, efek gelombang serta kondisi dasar laut selat Maitara. Selat Maitara memiliki panjang sekitar 1 km dengan kedalaman maksimum 60 meter. Merupakan selat sempit yang memungkinkan terjadinya pergerakan arus laut dari laut Maluku menuju perairan di sekitar Halmahera dan sebaliknya. Hal ini menjadi salah satu pertimbangan kontruksi pipa. Pipa HDPE yang dipakai berdiameter luar 110 mm. Dilakukan penyambungan dengan alat penyambung pipa HDPE agar tercapai panjang yang diinginkan.

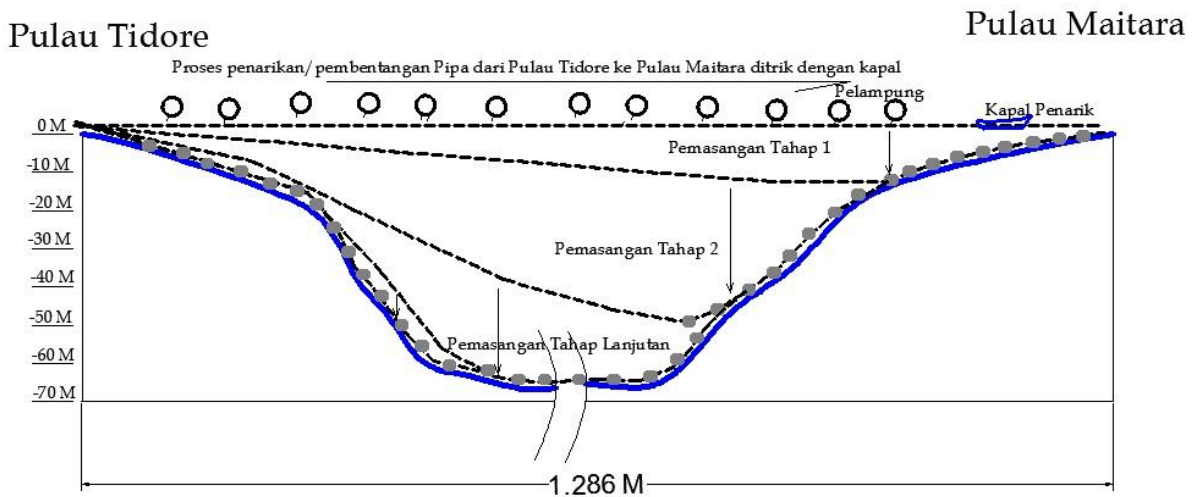
Pengaruh gelombang pada kontruksi pipa akan besar ketika pipa berada pada permukaan dan akan berangsur mengecil dengan bertambahnya kedalaman pipa. Demikian juga arus laut. Adapun gaya-gaya yang terjadi ketika pipa di dalam air mendapat gaya dari arus laut adalah sebagai berikut



Gambar 1. Gaya-gaya pada pipa di dalam air

Oleh karena itu dengan pertimbangan adanya arus laut yang besar di selat Maitara maka pemasangan pipa air minum dilakukan dengan menenggelamkan di dasar laut (seabed). Pada metode ini pengaruh gelombang arus dan defleksi akibat berat pipa kecil. Namun demikian juga harus diperhatikan stabilitas pipa di dasar laut (on bottom stability), pengaruh tekanan dan kondisi dasar laut (seabed) yang akan mempengaruhi kelangsungan jaringan pipa.

Kedalaman laut selat Rum- Maitara maksimal adalah 62 meter maka proses pemasangan dapat dilakukan dengan menyederhanakan proses pemasangan yaitu dengan metode TT (Tarik-tenggelamkan). Proses pemasangan dilakukan dengan melakukan penyambungan pipa dengan ukuran panjang yang sesuai kebutuhan yaitu panjang pipa bottom tow dengan toleransi 20% untuk mengantisipasi jika terjadi pergeseran horisontal pipa akibat arus atau gelombang pada saat pemasangan.

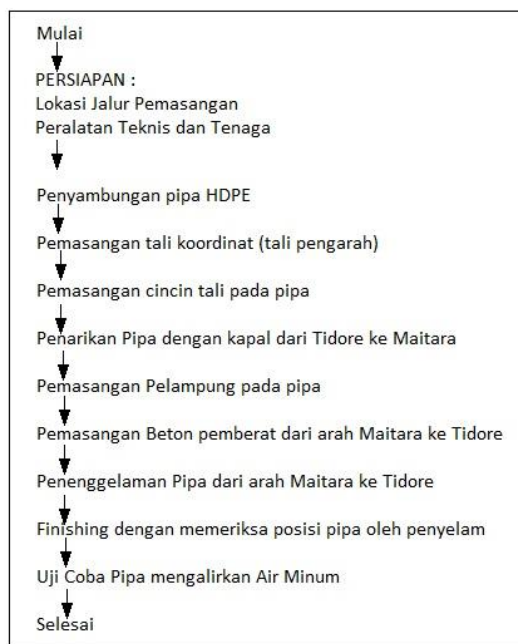


Gambar 2. Pemasangan Pipa Bawah Laut dengan metode TT (Tarik-Tenggelamkan)

Maksud dan tujuan dari metode ini adalah agar proses pemasangan pipa bawah laut berjalan dengan baik dan memberi keuntungan secara teknis maupun ekonomis sehingga terjadi pemerataan sumber air minum utama di seluruh wilayah pulau Maitara.

2. METODOLOGI

Metodologi pemasangan pipa air minum bawah laut dapat dijelaskan melalui diagram alur sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alur

Lokasi jalur pemasangan harus terbebas dari aktifitas apapun. Nelayan dan lalu lintas kapal dihentikan. Dicari waktu yang tepat dengan arus laut yang rendah dan gelombang sesuai dengan data dari BMG. Pada pemasangan pipa di laut diperlukan kapal sebagai penarik dan pemuat material. Untuk metode TT diperlukan sebuah kapal yang kapasitasnya mampu memuat seluruh material yang diperlukan yaitu peralatan pasang dan blok beton pemberat dengan jumlah dan bobot yang sesuai. Untuk pemasangan pipa Rum – Maitara diperlukan blok beton pemberat pipa minimal 85kg dengan jarak pemasangan 3 meter sehingga untuk panjang pipa sekitar 1.500 meter diperlukan blok beton pemberat pipa sebanyak 500 buah. Kapal yang disiapkan adalah Kapal adar mampu melakukan pendaratan tanpa dermaga sehingga mampu mengantar pipa pada daerah yang dangkal. Untuk keperluan di Rum – Maitara cukup digunakan satu unit Kapal dan satu kapal kecil sebagai kapal pembantu ukuran 3 GT. Jenis Pipa yang direncanakan adalah pipa HDPE diameter luar 110 mm PN 20 bar, sehingga selain pipa aman dari tekanan dalam dan luar pipa juga aman dari segi sambungan. Tenaga penarik yang bekerja di permukaan maupun tenaga penyelam disiapkan agar proses pemasangan bisa secepat mungkin sebelum kondisi laut menjadi tidak bersahabat.

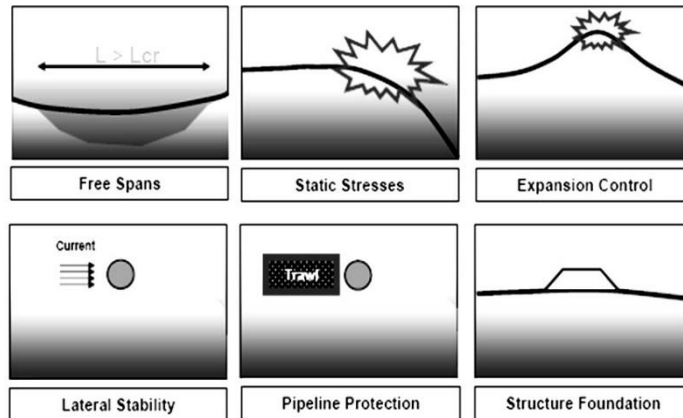
Penyambungan pipa HDPE dilakukan di darat dengan menggunakan alat sambung. Pada penyambungan ini harus dilakukan dengan teliti dan tidak boleh terjadi kegagalan. Penyambungan dilakukan secara bertahap 60 meter atau 5 titik sambungan. Tali koordinat atau tali pengarah dipasang pada jalur yang sudah diambil. Tali terbuat dari baja dan dipasang dengan erat di koordinat pemasangan pipa, titik di Pulau Tidore maupun di Pulau Maitara. Pada jalur inilah pipa akan dipasang. Cincin tali dipasang pada pipa agar pipa bisa dikaitkan sepanjang tali koordinat. Setelah dikaitkan maka pipa ini bisa ditarik sepanjang jalur tali dengan lancar.

Ujung pipa HDPE ditarik dengan kapal. Air laut dibiarkan masuk ke dalam pipa agar tercipta stabilitas pipa di atas permukaan air laut. Penarikan pipa ini dari arah Tidore ke Maitara. Proses penarikan pipa ini akan berhenti sejenak pada panjang 60 meter untuk menunggu sambungan pipa berikutnya. Total diperlukan waktu kurang dari 8 jam untuk bisa menarik sekaligus penyambungan pipa dari Tidore ke Maitara dengan panjang 1500 meter. Pelampung dipasang sementara pada jalur pipa yang sudah terpasang di permukaan laut itu. Agar mudah dilakukan pemasangan beton pemberat. Pelampung ini diikat pada pipa dengan sambungan yang mempermudah untuk pelepasannya nanti.

Beton pemberat dari beton 85 kg dipasang setiap 3 meter. Berat beton ini ditentukan berdasarkan pertimbangan kondisi pipa HDPE yang tetap terapung karena massa jenisnya yang lebih kecil dari masa jenis air. Dengan memasang beton pemberat ini diharapkan pipa akan mantap dan stabil di dasar laut. Penenggelaman dimulai dari arah Maitara. Beton dipasang dari tepi pantai Maitara dan pemasangan setiap 3 meter ke arah Tidore. Cincin tali juga dilepaskan dari tali pengarah. Secara berangsur angsur pipa akan tenggelam. Pada saat yang sama

pelampung dilepas dari arah Maitara juga. Demikian pekerjaan dilakukan sampai seluruh pipa tenggelam dalam laut.

Pekerjaan finishing dilakukan dengan melakukan penyelaman untuk memastikan pipa dan pemberatnya berada di lokasi yang aman, tidak terganggu karang maupun palung laut yang bisa menyebabkan tegangan lokal pada pipa yang dapat menyebabkan kegagalan. Adapun hal-hal yang harus dihindari adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Hal-hal yang harus dihindari pada pemasangan pipa bawah laut

Uji coba dilakukan dengan mengisi pipa yang sudah terpasang itu dengan air minum dan mengalirkan secara terus menerus selama 24 jam agar bisa diketahui ketahanan dan kemantapan konstruksinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemasangan pipa bawah laut Tidore Maitara dapat terlaksana dengan baik dengan menggunakan metode TT ini. Pemasangan pipa bawah laut untuk kedalaman 62 m seperti di Selat Maitara ini terbukti cukup efektif. Ada 3 jalur pipa yang terpasang pada selat maitara dengan panjang masing masing 1.6 km. Pemasangan hanya membutuhkan peralatan dan kapal yang bukan didesain secara khusus untuk pemasangan pipa bawah laut sehingga secara ekonomis lebih baik.

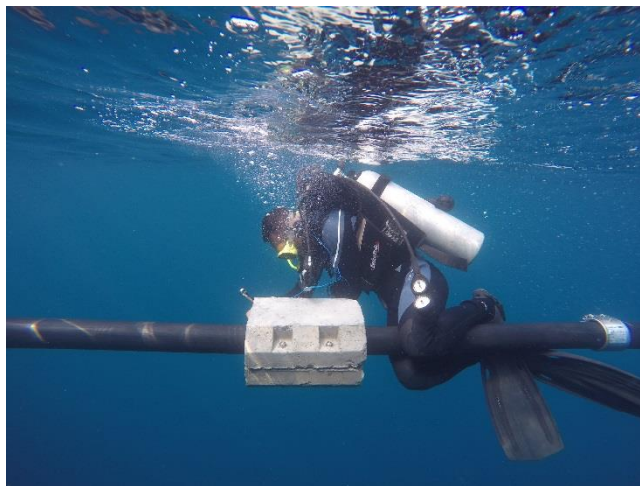
Penggunaan pemberat 85 kg tiap 3 meter akan meletakkan pipa pada posisi yang sangat stabil di dasar selat maitara sehingga konstruksinya sangat kokoh. Air laut dimasukkan pada saat pemasangan menjamin pipa dalam kondisi penuh sehingga menghindari udara terjebak di dalam pipa yang bisa berakibat penurunan tekanan air dan daya dorong. Di bawah ini ditampilkan foto-foto pemasangan pipa yang sudah dilaksanakan.



Gambar 5. Sambungan Pipa



Gambar 6 Pemasangan di Laut



Gambar 7. Pemasangan Pemberat

4. KESIMPULAN

Penggunaan metode TT sangat efektif pada kedalaman laut di bawah 100 meter. Namun demikian kondisi arus laut dan gelombang pada pemasangan ini harus dalam kondisi tenang. Jika tidak tentu ada perhitungan lain yang lebih kompleks. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian BMG yang sangat akurat. Pemasangan pipa air minum ini telah memberikan manfaat kepada pulau Maitara di Maluku Utara

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zaenal. 2008. Analisis On-Bottom Stability dan Instalasi Pipa Bawah Laut di Daerah Shore Approach. Indonesia: Institut Teknologi Bandung.
- Alfansuri, Solihin. 2007. Perlindungan Pipa Bawah Laut. Surabaya
- Bu energy, 2010, Teknik Pemasangan Pipa di Dasar Laut (updated 30 Oktober 2010)
<http://bu-energy.blogspot.co.id/2010/10/teknik-pemasangan-pipa-di-dasar-laut.html> [akses 4 Januari 2015]
- Liu, Henry, Pipeline Engineering, Lewis Publishers, Florida, 2003.
- Setiawan,P.Aditya.2010.Menghitung Tebal Pipa
<http://putukebarongan.blogspot.co.id/search/label/Calculation>
- Yusuf, Arizafahluzi. 2012. Metode Pemasangan Pipa Bawah Laut

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analisa Beban Kerja Pekerja Tahapan Pengemasan Unit Padatan PT Petrosida Gresik dengan Metode *Recommended Weight Limit* (RWL)

Margareta Citra Resdianti*), Lukman Handoko, Anda Iviana Juliana

Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Jurusan Teknik Industri, FTI, Gedung Teknik Industri, Kapus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.
Jurusan Kesehatan Masyarakat, Unair, Jl. Mulyorejo, Surabaya Indonesia 60115
margaretacitra863@gmail.com, andahome@gmail.com, aluk.96@yahoo.com

Abstrak

PT Petrosida Gresik merupakan perusahaan Agroindustri yang memproduksi produk-produk kimia pertanian (Agrokimia) seperti pestisida, pupuk, Bahan kimia untuk perkebunan serta Bio Pestisida dan Bio Fertilizer. Salah satu unit yang memproduksi produk-produk tersebut yaitu unit Padatan. Pada Unit Padatan tersebut terdapat tahap pengemasan yang masih dilakukan secara manual. Aktifitas yang sering dilakukan yaitu pengangkatan,, mendorong, menarik, mengangkut dan memindahkan barang dengan frekuensi mengulang yang cukup tinggi serta adanya keluhan dari pekerja. Sehingga hal ini dapat menyebabkan pekerja mengalami cedera otot (*Musculoskeletal Disorders*) ataupun cedera tulang (*Back Injury*). Penelitian ini menggunakan metode RWL (*Recommended Weight Limit*) dan LI (*Lifting Index*) untuk menilai beban maksimum yang mampu diangkat pekerja serta tingkat stress kerja akibat beban kerja yang dilakukan pada tahap pengemasan Unit Padatan PT Petrosida Gresik. Beban kerja maksimum yang mampu dilakukan pekerja mengangkat atau memindahkan keranjang kemasan produk keperetakan memiliki Nilai LI 1,5 origin dan destinasi 0,71 untuk yang destinasi <1 sehingga masih masuk dalam kategori aman sedangkan untuk yang origin >1 makan dapat menyebabkan back Injury. Untuk kegiatan pemindahan karung produk ke pengemasan, pemindahan kardus dari meja penalian dan ke pallet hasil LI >1, yaitu 2,9486, 7,5228 dan 7,1463 sehingga bias disimpulkan bahwa ketiga kegiatan tersebut sangat tinggi untuk menyebabkan adanya cedera otot ataupun cedera tulang pada pekerja.

Kata kunci : RWL, MsDs, LI

1. PENDAHULUAN

PT Petrosida Gresik merupakan perusahaan Agroindustri yang memproduksi produk-produk kimia pertanian (Agrokimia) seperti pestisida, pupuk, Bahan kimia untuk perkebunan serta Bio Pestisida dan Bio Fertilizer. Salah satu unit yang memproduksi produk-produk tersebut yaitu unit Padatan. Pada Unit tersebut tahap pengemasan masih dilakukan secara manual. Kegiatan pada tahap pengemasan memiliki risiko cedera otot pada pekerja karena aktivitasnya pekerja yaitu melakukan pekerjaan *Manual Material Handling*. pekerja melakukan pekerjaan pengangkatan dengan beban yang cukup besar dan dilakukan secara berulang-ulang. Adanya kemungkinan beban kerja yang diatas kemampuan pekerja yang dapat menyebabkan cedera pada pekerja. Dari kuisoner *Nordic Map* Pekerja mengalami keluhan pada beberapa bagian tubuh. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) serta menghitung nilai *Lifting Index* (LI) dari aktivitas pengangkatan yang dilakukan pada tahap pengemasan unit Padatan PT Petrosida Gresik.

2. METODOLOGI

2.1. Studi penelitian Pendahuluan

Etika Muslimah, dkk. Dalam penelitiannya mengatakan RWL (*Recommended Weight Limit*) adalah hasil revisi dari persamaan pengangkatan (*lifting equation*) NIOSH (*Nation Institute for Occupational Safety and Health*). RWL didefinisikan untuk sekumpulan tugas sfesifik dimana berat beban dapat diangkat oleh hampir seluruh pekerja yang sehat dalam waktu yang cukup lama. Hasil dari penelitian tersebut yaitu diperoleh nilai RWL rata-rata pada pekerja yaitu 10,008 Kg dan beban yang bawa oleh pekerja yaitu 40 Kg sehingga mengakibatkan Nilai LI>1 dan berisiko mengakibatkan cedera otot ataupun tulang.

2.2. Recommended Weight Limit (RWL)

RWL (Recommended Wight Limit) adalah nilai beban angkat yang disarankan untuk pekerjaan mengangkat beban. Tujuan untuk mencegah terjadinya cedera tulang belakang bagian bawah bagian pekerja dalam melakukan pengangkatan beban manual.

Persamaan NIOSH RWL berlaku pada keadaan (waters, 1994)

1. Beban yang diberikan adalah beban statis, tidak ada penambahan ataupun pengurangan beban ditengah-tengah pekerjaan.
2. Beban diangkat dengan kedua tangan.
3. Pengangkatan atau penurunan benda dilakukan dalam waktu maksimal 8 jam.
4. Pengangkatan atau penurunan benda tidak boleh dilakukan saat duduk atau berlutut.
5. Tempat kerja tidak sempit.

Formulasi RWL :

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM(2.1)$$

Tabel 1. Coupling Multiplier (CM) (Tarwaka, 2010)

Faktor Pengali		
Kualitas Kopling	V < 75 cm	V > 75 cm
Baik	1.00	1.00
Cukup	0.95	1.00
Kurang	0.90	0.90

2.3. Lifting Index (LI)

Menyatakan nilai estimasi dari tingkat tegangan fisik tersebut, dinyatakan sebagai hasil bagi antara nilai beban angkatan (*load weight*) dengan nilai RWL.

Formulasi LI single Task :

$$LI = \frac{Load\ Weight}{RWL} \tag{2.7}$$

Formulasi LI Multitask

$$\sum \Delta LI = (FILI_2 \times (\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1})) + (FILI_3 \times (\frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}})) + (FILI_4 \times (\frac{1}{FM_{1,2,3,4}} - \frac{1}{FM_{1,2,3}})) + (FILI_5 \times (\frac{1}{FM_{1,2,3,\dots,(n)}} - \frac{1}{FM_{1,2,3,\dots,(n-1)}})) \tag{2.8}$$

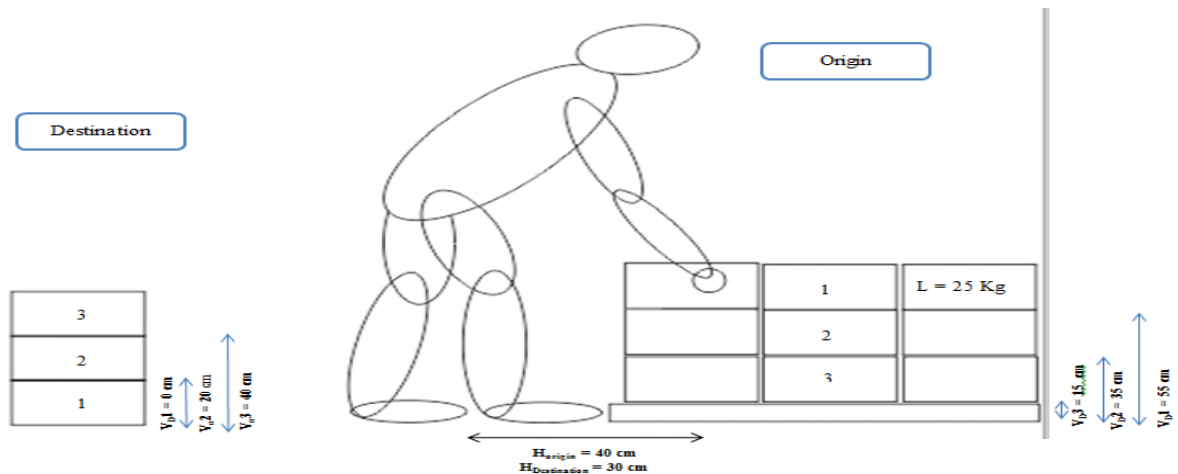
Berat Beban yang aman untuk dipindahkan adalah berat beban yang sama dengan nilai RWL dengan demikian *lifting Index*-nya (LI) mempunyai nilai 1 (satu). Semakin besar nilai LI maka semakin sedikit jumlah pekerja yang mampu secara aman bertahan untuk pekerjaan tersebut. (Iviana, 2005).

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Risiko Terhadap Nilai LI (Tarwaka, 2010)

Nilai LI	Tingkat Risiko	Deskripsi Perbaikan
<1	Rendah	Tidak adanya masalah dengan pekerjaan mengangkat, maka tidak diperlukan perbaikan terhadap pekerjaan, tetapi tetap terus mendapatkan perhatian sehingga nilai LI dapat dipertahankan <1
1 - <3	Sedang	Ada beberapa parameter angkat, sehingga perlu dilakukan pengecekan dan redesain segera pada parameter yang menyebabkan nilai RWL tinggi. Upayakan perbaikan sehingga nilai RWL <1.
3	Tinggi	Terdapat banyak permasalahan dari parameter angkat sehingga diperlukan pengecekan dan perbaikan sesegera mungkin secara menyeluruh terhadap parameter-parameter yang menyebabkan nilai tinggi. Upayakan perbaikan sehingga nilai RWL <1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pengemasan pengemasan ini ada 8 aktivitas kegiatan namun aktifitas yang sesuai dengan syarat perhitungan RWL hanya 4, yaitu mengangkat karung produk dari pallet menuju ketahap pekerja yang mengemas, mengangkat keranjang kemasan ke meja perekatan, mengangkat kardus produk ke meja penalian dan mengangkat kardus dari meja penalian ke pallet. Mengidentifikasi dengan perumpamaan seperti gambar berikut :



Gambar 1. Gambaran Pekerja saat beraktivitas mengangkat karung produk ke pekerja pengemasan

Tabel 3. Tahap 1 Mengukur dan mencatat variable pekerjaan

No. Pekerjaan	Berat Objek		Lokasi Tangan				Jarak Vertical	Sudut Asimetri		Rata Frekuensi lift/min	Durasi jam	kopling objek C
			Origin		Dest			Origin	Dest			
	L (rata-rata)	L (Max)	H	V	H	V	DM	A	A	F	jam	C
1	25	25	40	55	30	0	55	0	0	2	1	sedang
2	25	25	40	35	30	20	15	0	0	2	1	sedang
3	25	25	40	15	30	40	25	0	0	2	1	sedang

Tabel 4. Tahap 2. Menghitung multiplier dan FIRWL, STRWL, FILI, STLI pada masing-masing pekerjaan

No. Pekerjaan	LC x HM x VM x DM x AM x CM						FIRWL x FM	STRWL	FILI = L/FIRWL	STLI = L/STRWL	No. Pekerjaan baru	F
1	23	0.625	0.94	0.9	1	0.95	11.5532	0.91	10.513	2.1639	2	2
2	23	0.625	0.88	1	1	0.95	12.0175	0.91	10.936	2.0803	3	2
3	23	0.625	0.82	1	1	0.95	11.1981	0.91	10.190	2.2325	1	2

Tabel 5. Tahap 3 Menghitung Composite Lifting Index (CLI) (setelah penomoran ulang)

CLI =	STLI	+	FILI ₁	+	FILI ₂	total
CLI =	2.4533		0.1982		0.2972	2.9486

Dari tabel dapat dilihat dari kelima tumpukan nilai FILI > 1.0 maka kekuatan pada tubuh yang terbebani cukup besar, sehingga perlu adanya perubahan ergonomi untuk mengurangi adanya permintaan kekuatan yang diperlukan. Nilai STLI dari ketiga pekerjaan tumpukan ini juga melebihi 1.0 sehingga mengakibatkan kelelahan pada pekerja, nilai STLI ini digunakan untuk mengurutkan pekerjaan individu yang berdasarkan tekanan secara fisik sehingga pekerjaan ini perlu adanya perubahan secara ergonomi. Nilai CLI dari pekerjaan ini yaitu 7.5228 hal ini bahwa tenaga kerja akan mengalami stress secara fisik, kemungkinan perlu adanya redesign di beberapa bagian pekerjaan. Tingkat risiko dikategorikan tinggi karena melebihi 3. Diperlukannya pengecekan dan perbaikan sesegera mungkin secara menyeluruh pada semua parameternya yang menyebabkan nilainya tinggi.

Hasil penelitian yang telah dilakukan dan dijelaskan disusun dalam tabel 5 yang merupakan ringkasan dari hasil perhitungan RWL dan LI pada aktivitas pekerja tahap pengemasan unit Padatan PT Petrosida Gresik. Tabel dibawah ini menunjukkan beban kerja pekerja yang mampu dilakukan oleh pekerja pada tahapan pengemasan dan juga tingkat risiko pada pekerja.

Tabel 6. Hasil perhitungan LI dari semua kegiatan

	FIRWL	FILI	STRWL	STLI	LI
Mengangkat keranjang kemasan	Origin				1.49955
	Destination				0.71988
Mengangkat Karung Produk ke pengemasan					
Tumpukan 1	11.553	2.1639	10.5134	2.3779	2.9486
Tumpukan 2	12.018	2.0803	10.9359	2.2860	
Tumpukan 3	11.198	2.2325	10.1903	2.4533	
Mengangkat kardus ke meja penalian					
Tumpukan 1	12.5889	1.9859	10.4757	2.3641	7.5228
Tumpukan 2	14.9048	1.6773	12.5201	1.9968	
Tumpukan 3	14.9048	1.6773	12.5201	1.9968	
Tumpukan 4	12.2852	2.0350	10.3195	2.4226	
Tumpukan 5	10.5957	2.3595	8.9004	2.5928	
Mengangkat kardus ke pallet					
Tumpukan 1	12.6018	1.9838	10.5855	2.3617	7.1463
Tumpukan 2	13.4514	1.8585	11.2922	2.2125	
Tumpukan 3	14.1594	1.7656	11.8938	2.1019	
Tumpukan 4	14.1594	1.7656	11.8938	2.1019	
Tumpukan 5	12.7434	1.9618	10.7045	2.3355	

4. KESIMPULAN

Beban kerja maksimum yang mampu dilakukan pekerja mengangkat atau memindahkan keranjang kemasan produk keperekatan memiliki Nilai LI 1,5 origin dan destinasi 0,71 untuk yang destinasi <1 sehingga masih masuk dalam kategori aman sedangkan untuk yang origin >1 makan dapat menyebabkan back Injury. Untuk kegiatan pemindahan karung produk ke pengemasan, pemindahan kardus dari pengepakan ke meja penalian dan ke pallet hasil LI >1, yaitu 2,9486, 7,5228 dan 7,1463 sehingga bias disimpulkan bahwa ketiga kegiatan tersebut sangat tinggi untuk menyebabkan adanya cedera otot ataupun cedera tulang pada pekerja.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Allah SWT dan juga Orang tua. Terimakasih kepada PT Petrosida gresik yang memberikan data dan informasi sehingga terselesaikannya penelitian ini dan tak lupa terhadap Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang memeberikan kesempatan memberikan waktu dantempat penelitian. Kepada dosen pembimbing Pak Lukman dan Bu Anda atas waktu dan ilmu yang telah diberikan.

6. DAFTAR NOTASI

H = Jarak horizontal posisi tangan yang memegang beban dengan titik pusat tubuh.

V = Jarak vertikal posisi tangan yang memegang beban terhadap lantai

D = Jarak perpindahan beban secara vertikal antara tempat asal sampai tujuan

A = Sudut simetri putaran yang dibentuk antara tangan dan kaki.

LC: (*Lifting Constanta*) konstanta pembebanan = 23 kg

HM : (*Horizontal Multiplier*) faktor pengali horizontal. $HM = 25/H$ (2.2)

VM : (*Vertical Multiplier*) faktor pengali vertical. $VM = 1-0,003 [V-75]$ (2.3)

DM : (*Distance Multiplier*) faktor pengali perpindahan. $DM = 0,82+4,5/D$ (2.4)

AM : (*Asymentric Multiplier*) faktor pengali asimetrik. $AM = 1-0,0032 A$ (2.5)

FM : (*Frequency Multiplier*) faktor pengali frekuensi $FM = 1 - \left(\frac{F}{F_{max}}\right)$ (2.6)

CM : (*Coupling Multiplier*) factor pengali kopleng (*handle*)

7. DAFTAR PUSTAKA

- Nurmianto, Eko. (2004). Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya (Edisi kedua). Surabaya : Guna Widya
- Tarwaka, P. (2010). Ergonomi Industri Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja. Surakarta: Harapan Press.
- Muslimah, Etika. Dkk. (2006). Jurnal Ilmiah Teknik Industri Vol. 5 No. 2 (page 53-60). Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Resdianti, M. C. (2016). Ergonomic Assessment dan Perancangan Fasilitas Kerja pada Pekerja Tahap Pengemasan Unit Padatan PT Petrosida Gresik

- Waters, T. R.; Anderson, V. P.; Garg, A. 1994. Application Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation US Department of Health and Human Service, Cincinnati.
- Waters, T. R.; Anderson, V. P.; Garg, A., Fine, J. 1993. Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Task. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analisis Pengaruh Iklim Kerja dan Kebisingan Terhadap Beban Kerja di PT. X dan Y

Renanda Nia R 1*, Wiediartini 2, dan Indri Santiasih 3

¹Program Studi Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Prodi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Prodi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*renanda_nia@yahoo.com

Abstrak

Beban kerja dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sangat kompleks, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Faktor internal beban kerja adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh itu sendiri sebagai akibat adanya reaksi dari beban kerja eksternal. Iklim kerja panas yang ekstrim dan kebisingan (faktor eksternal) dapat mengakibatkan gangguan kesehatan antara lain adalah meningkatnya denyut nadi (faktor internal). Pada penelitian ini beban kerja dihitung dengan menggunakan Ke (kalori) Sampel diambil dari dua perusahaan yaitu PT. X (16 orang) dan PT. Y (41 orang), dimana respondennya adalah pegawai yang bekerja dalam keadaan terpapar panas dan bising. Pengukuran iklim kerja panas dan kebisingan dilakukan sebanyak dua kali, sebelum dan sesudah istirahat siang. Pengukuran dilakukan dengan menentukan zona dan masing-masing zona diambil 4 titik. Untuk kebutuhan perhitungan Ke, pengukuran denyut nadi dan suhu tubuh dilakukan sebelum bekerja dan pada saat bekerja. Denyut nadi pemulihan dilakukan pada lima menit terakhir setelah bekerja Perhitungan uji korelasi antara Iklim Kerja (ISBB) dan kebisingan dengan Beban Kerja mendapatkan hasil koefisien korelasi sebesar 0,593 dan ini menunjukkan tingkat hubungan yang kuat. Koefisien determinasi sebesar 0,352 menunjukkan bahwa varians yang terjadi pada variabel beban kerja 3,52% dapat dijelaskan melalui varians yang terjadi pada variabel ISBB dan kebisingan. Hasil rata-rata ECPT sebesar 9,25 dan rata-rata ECPM sebesar 7,69 menunjukkan bahwa ECPT > ECPM. Ini berarti bahwa external load pada pekerja cenderung dipengaruhi oleh faktor lingkungan setempat.

Kata kunci: Iklim Kerja Panas, Kebisingan, Beban Kerja

1. PENDAHULUAN

Tubuh manusia dirancang untuk dapat melakukan aktivitas pekerjaan sehari-hari. Setiap pekerjaan merupakan beban bagi pelakunya. Beban kerja adalah suatu perbedaan antara kapasitas dan kemampuan pekerja dengan tuntutan yang dihadapi. Berat ringannya beban kerja yang diterima oleh seorang tenaga kerja dapat digunakan untuk menentukan berapa lamanya seorang tenaga kerja dapat melakukan aktivitas pekerjaannya sesuai dengan kemampuan atau kapasitas kerja yang bersangkutan. Tingkat pembebanan yang terlalu tinggi memungkinkan pemakaian energi yang berlebihan dan terjadi *overstress*, sebaliknya intensitas pembebanan yang terlalu rendah memungkinkan terjadinya rasa bosan dan kejenuhan atau *understress* (Tarwaka, 2010). Berat ringannya beban kerja dapat diketahui salah satunya dengan mengetahui jumlah kebutuhan energi yang dapat dihitung berdasarkan jumlah denyut nadi. Demikian pula dengan iklim kerja yang tidak nyaman dan tidak sesuai dengan sifat pekerjaan akan sangat mengganggu pekerjaan yang dilakukan oleh tenaga kerja. Hal tersebut dapat mengakibatkan menurunnya daya kerja, timbulnya kelelahan dan ketidaknyamanan dalam bekerja sehingga produktivitas juga akan mengalami penurunan. Kenyamanan tidak dapat diperoleh dengan mudah, karena kondisi cuaca dengan kenyamanan tubuh manusia tidak selalu kompatibel. Hal ini dikarenakan pada dasarnya manusia tidak ingin hidup pada lingkungan yang terlalu dingin atau terlalu panas dan tidak terlalu lembab ataupun juga terlalu kering.

Negara Indonesia merupakan negara tropis dengan ciri utamanya adalah suhu dan kelembaban yang tinggi, kondisi awal seperti ini seharusnya sudah menjadi perhatian karena iklim kerja yang panas dapat mempengaruhi kondisi pekerja. Karena iklim kerja panas merupakan beban bagi tubuh ditambah lagi apabila pekerja harus mengerjakan pekerjaan-pekerjaan fisik yang berat, dapat memperburuk kondisi kesehatan dan stamina pekerja. Respon-respon fisiologis akan nampak jelas terhadap pekerja dengan iklim kerja panas, seperti peningkatan tekanan darah dan denyut nadi yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan peningkatan tekanan darah yang signifikan pada tenaga kerja sebelum dan sesudah terpapar panas sehingga dapat memperburuk kondisi pekerja. Selain iklim kerja panas, kebisingan merupakan faktor yang berpengaruh penting dalam proses kerja. Hal ini dikarenakan kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan yang bersumber dari alat produksi dan atau alat yang pada tingkat tertentu akan menimbulkan gangguan pendengaran. Kebisingan (*Noise*) dapat pula

diartikan sebagai sebuah bentuk getaran yang dapat berpindah melalui medium padat, cair dan gas. Efek yang ditimbulkan kebisingan antara lain memberi pengaruh fisiologis, pengaruh psikologis, dan gangguan komunikasi (Soeripto, 2008).

PT. X dan PT. Y sebagai perusahaan yang bergerak dibidang alat berat mempunyai potensi terjadi iklim kerja panas di dalam pabrik. Selain paparan iklim kerja panas terdapat juga paparan kebisingan yang ditimbulkan oleh mesin yang digunakan pada proses pengelasan, pengecatan, maintenance dan sand blasting. Berdasarkan pemaparan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh iklim kerja dan kebisingan terhadap beban kerja pegawai di kedua perusahaan tersebut.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan tiga variabel yakni variabel iklim kerja panas dan kebisingan sebagai variabel bebas dan beban kerja sebagai variable terikat. Pengukuran iklim kerja panas dan kebisingan dilakukan di 4 titik, dan data diambil dua kali, yaitu satu jam sebelum istirahat dan pengukuran ke dua satu jam setelah istirahat.

Pengukuran iklim kerja atau Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) dilakukan dengan menggunakan WBGT meter. Data yang dipakai sebagai iklim kerja panas adalah WBGTi karena pengukuran iklim kerja panas dilakukan didalam ruangan (*indoor*). Pengukuran kebisingan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Pengukuran dilakukan menggunakan metode pengukuran di titik-titik kebisingan yang sudah ditentukan yakni di setiap lokasi stasiun kerja dimana terdapat mesin kerja yang beroperasi. Pengukuran dilakukan disekeliling mesin yang beroperasi kemudian diambil nilai yang paling tinggi sebagai data.

Beban kerja diukur dengan jumlah kebutuhan energi. Dalam menentukan jumlah kebutuhan energi dapat dihitung berdasarkan jumlah denyut nadi. Kebutuhan energi yang dihitung yaitu kebutuhan energi saat bekerja dan saat beristirahat. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui kebutuhan jumlah energi :

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733. 10^{-4}X^2$$

Setelah melakukan perhitungan kebutuhan energi pada saat bekerja dan pada saat istirahat dengan menggunakan persamaan diatas, perhitungan jumlah konsumsi energi dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Ke = Et - Ei$$

Pengukuran denyut nadi dilakukan sebelum dan pada saat pekerja melakukan pekerjaan. Denyut nadi sebelum bekerja diukur dua kali. Pada saat bekerja, data juga diambil dua kali, yaitu 1-2 jam sebelum jam istirahat siang dan 1-2 jam setelah istirahat. Selain itu juga dilakukan pengukuran denyut nadi pada menit pertama sampai menit ke lima setelah pekerja mengakhiri pekerjaannya (nadi pemulihan). Denyut nadi diambil dengan metode 10 detik, dan akan dikonversi dengan persamaan : (10 denyut / waktu perhitungan) x 60. Pengukuran denyut nadi dilakukan pada 16 operator PT. X dan 41 pekerja PT. Y. Untuk mengetahui pengaruh Iklim kerja panas dan kebisingan terhadap beban kerja, dilakukan uji regresi linier. Uji regresi dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 21.0.

Penelitian juga menghitung *Extra Calorie due to Peripheral Temperature* (ECPT) dan *Extra Calorie due to Peripheral Metabolism* (ECPM) untuk mengevaluasi apakah beban kerja ekstra atau *external load* berasal dari iklim kerja setempat atau dari aktivitas metabolisme. Perhitungan menggunakan data denyut nadi sebelum bekerja dan denyut nadi pemulihan.

$$ECPT = \frac{P3+P4+P5}{3} - P0$$

$$ECPM = (P1 + P2 - P3) - \frac{P3 + P4 + P5}{3}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan beban kerja dilakukan dengan cara mengetahui jumlah kebutuhan energi pekerja (Ke). Hasil pengukuran denyut nadi sebelum bekerja menunjukkan bahwa semua pekerja mempunyai denyut nadi kurang dari 100 denyut/menit dan dikategorikan dalam beban kerja ringan. Sedangkan untuk pengukuran saat bekerja, beberapa pekerja denyut nadinya lebih dari 100 denyut/menit sehingga masuk dalam kategori beban kerja sedang.

Tabel 1 Kategori Berat Ringan beban Kerja berdasarkan Metabolisme, Respirasi, Suhu Tubuh dan Denyut Jantung (Sumber : Tarwaka, 2010)

Kategori beban kerja	Konsumsi oksigen (l/mnt)	Ventilasi paru (l/mnt)	Suhu rectal (C)	Denyut jantung (denyut/mnt)
----------------------	--------------------------	------------------------	-----------------	-----------------------------

Ringan	0,5-1,0	11-20	37,5	75-100
Sedang	1,0-1,5	20-31	37,5-38,0	100-125
Berat	1,5-2,0	31-43	38,0-38,5	125-150
Sangat berat	2,0-2,5	43-56	38,5-39,0	150-175
Sangat berat sekali	2,5-4,0	60-100	>39,0	>175

Peningkatan jumlah denyut nadi bisa dipengaruhi oleh suhu lingkungan sekitar dan juga peningkatan aktivitas pekerja. Iklim kerja panas dapat menyebabkan beban tambahan pada sirkulasi darah. Pada waktu melakukan pekerjaan fisik yang berat di lingkungan panas, maka darah akan mendapat beban tambahan, karena harus membawa oksigen ke bagian otot yang sedang bekerja. Disamping itu darah juga harus membawa panas dari dalam tubuh ke permukaan kulit. Hal demikian itu juga merupakan beban tambahan bagi jantung yang harus memompa darah lebih banyak lagi. Akibat dari pekerjaan ini, maka frekuensi denyut nadipun akan meningkat pula.

Hal tersebut sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Soeripto (2008) yang menyatakan bahwa paparan panas yang diterima pekerja di lingkungan panas membuat tubuh mengatur keseimbangan panas dalam darah sehingga terjadi peningkatan aliran darah, jantung memompa darah lebih banyak sehingga tekanan darah meningkat.

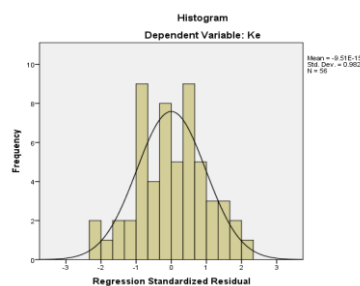
Begitu pula kebisingan yang merupakan stressor biologis yang menimbulkan rangsangan simpatis pada sistem syaraf. Impuls simpatis ini dikirim ke medulla adrenal bersamaan dengan pengirimannya ke semua pembuluh darah sehingga mensekresikan hormon norepinefrin dan epinefrin ke dalam sirkulasi darah. Kedua hormon ini dibawa dalam aliran darah ke semua bagian tubuh tempat mereka bekerja pada pembuluh darah yang menyebabkan vasokonstriksi (peningkatan tekanan darah). Dengan adanya paparan kebisingan melalui mekanisme hormonal akan diproduksi hormon adrenalin yang berakibat pada peningkatan frekuensi detak jantung dan tekanan darah yang termasuk dalam gangguan kardiovaskuler.

Kecepatan denyut nadi seseorang berbeda-beda karena dipengaruhi faktor-faktor tertentu seperti : usia, berat badan, jenis kelamin, kesehatan, aktivitas, sikap kerja, kondisi psikis. Dalam keadaan normal, jantung akan berdetak sebanyak 60 sampai 90 kali setiap menit. Waktu istirahat jantung berdenyut kira-kira 70 kali per menit, dan akan bertambah karena faktor emosi, kerja, demam dan rangsangan-rangsangan lain. Denyut nadi maksimum orang dewasa adalah 180-200 denyut per menit, dan ini biasanya hanya berlangsung beberapa menit saja.

Tabel 2. Hasil ANOVA Pengaruh Iklim Kerja panas dan Kebisingan Terhadap Beban Kerja

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.593 ^a	.352	.327	.418	1.374

Perhitungan uji korelasi antara Iklim Kerja (ISBB) dan kebisingan dengan Beban Kerja mendapatkan hasil koefisien korelasi sebesar 0,593 dan ini menunjukkan tingkat hubungan yang kuat. Koefisien determinasi yang merupakan kuadrat dari koefisien korelasi sebesar 0,352 menunjukkan bahwa varians yang terjadi pada variabel beban kerja 35,2% dapat dijelaskan melalui varians yang terjadi pada variabel ISBB dan kebisingan.



Gambar 1. Uji Normalitas Pengaruh Iklim Kerja panas dan Kebisingan Terhadap Beban Kerja

Pada tabel Anova memperlihatkan informasi tentang berpengaruh tidaknya variabel independen terhadap variabel dependen secara simultan (bersama-sama). Hal ini dapat dilihat dari nilai signifikansinya, jika nilai probabilitas (signifikansi) dibawah 0,05 maka seluruh variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen dan begitupun sebaliknya. Hasil signifikansi pada table Anova menunjukkan bahwa nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, maka ada pengaruh iklim kerja (ISBB) dan kebisingan terhadap Beban Kerja. Sedangkan Uji Kenormalan data dapat dilihat pada Gambar 1.

Teori yang ada menunjukkan bahwa iklim dan kebisingan akan mempengaruhi denyut nadi, disisi lain pengukuran beban fisik dapat dilakukan dengan melihat denyut jantung. Hal ini mengarahkan pada hipotesa bahwa iklim kerja panas dan kebisingan mempengaruhi beban kerja, dan hasil uji regresi sejalan dengan hipotesa tersebut.

Hasil perhitungan rata-rata ECPT sebesar 9,25 dan rata-rata ECPM sebesar 7,69 menunjukkan bahwa *external load* pada pekerja cenderung dipengaruhi oleh faktor iklim lingkungan kerja, bukan disebabkan oleh aktivitas fisik metabolisme tubuh.

Paparan kebisingan dan iklim kerja yang melebihi NAB dapat dikendalikan sesuai dengan hirarki pengendalian. Tetapi pada lokasi penelitian, pengendalian eliminasi, substitusi serta *engineering control* (dengan pemasangan *full enclosure* maupun *barrier*) tidak dapat dilakukan. *Administrative control* juga sulit direalisasikan karena tenaga kerja dengan keahlian tersebut terbatas dan harus berada di stasiun kerjanya selama 1 shift kerja. Langkah yang mungkin dilakukan adalah penggunaan APD yaitu *earplug* untuk mereduksi intensitas bunyi yang diterima telinga akibat paparan kebisingan berlebih dengan kemampuan reduksi \pm hingga 30 dB dengan penggunaan yang benar (Pulat dalam Tarwaka, 2004). Nilai kebisingan tertinggi hasil pengukuran adalah 96,8, dengan pemakaian *earplug* maka paparan intensitas kebisingan yang diterima manusia bisa berkisar pada angka NAB.

Pengendalian terhadap paparan iklim kerja panas, dapat dilakukan rekayasa *engineering* berupa penambahan ventilasi buatan seperti *exhaust fan* atau *cyclone turbin ventilator* yang berfungsi sebagai penghisap udara panas dan sirkulasi udara dalam *workshop* di tempat-tempat yang berpotensi menimbulkan panas tinggi. Ventilasi mekanis ini diberikan karena ventilasi alami dinilai kurang memenuhi syarat dengan syarat harus bekerja terus menerus selama ruangan itu dihuni (proses produksi), minimal 6 kali pergantian udara/jam untuk ruangan bengkel/pabrik dengan pertimbangan jumlah *fan* yang dipakai dari kebutuhan udara ventilasi sesuai fungsi ruangan dan penempatan distribusi *fan*. Selain itu pekerja perlu menyesuaikan penggunaan pakaian dari bahan yang sesuai dengan kondisi panas agar penyerapan keringat dapat berlangsung dengan baik. Pekerja juga harus memperhatikan asupan cairan untuk tubuhnya. NIOSH menyarankan agar tenaga kerja minum sebanyak 150-200 cc setiap 15-20 menit. Pekerja seharusnya juga memperhatikan gaya hidupnya seperti tidur atau istirahat yang cukup, berolahraga dan konsumsi makanan yang sehat. Penggunaan peralatan kerja atau cara kerja baru untuk mengurangi upaya-upaya yang bersifat manual juga dapat membantu mengurangi beban kerja dari pekerja.

4. KESIMPULAN

Hasil uji regresi menunjukkan bahwa ada pengaruh iklim kerja (ISBB) dan kebisingan terhadap beban kerja yang terlihat dari nilai signifikansi pada table Anova $0,000 < 0,05$. Pada waktu melakukan pekerjaan fisik yang berat dilingkungan panas, maka darah akan mendapat beban tambahan, karena harus membawa oksigen ke bagian otot yang sedang bekerja. Hal ini membuat jantung harus memompa darah lebih banyak lagi dan akibatnya dari pekerjaan ini, maka frekuensi denyut nadipun akan meningkat.

Begitu pula dengan paparan kebisingan, melalui mekanisme hormonal akan diproduksi hormon adrenalin yang berakibat pada peningkatan frekuensi detak jantung dan tekanan darah yang termasuk dalam gangguan kardiovaskuler. Disisi lain pengukuran beban fisik dilakukan dengan melihat denyut jantung.

Hasil perhitungan rata-rata ECPT sebesar 9,25 dan rata-rata ECPM sebesar 7,69 menunjukkan bahwa *external load* pada pekerja cenderung dipengaruhi oleh faktor iklim lingkungan kerja, bukan disebabkan oleh aktivitas fisik metabolisme tubuh.

Paparan kebisingan dapat dikendalikan adalah penggunaan APD yaitu *earplug* dan pengendalian terhadap paparan iklim kerja panas, dapat dilakukan rekayasa *engineering* berupa penambahan ventilasi buatan seperti *exhaust fan* atau *cyclone turbin ventilator*.

Hanya saja dari hasil koefisien determinasi menunjukkan bahwa masih banyak faktor lain (65%) yang mempengaruhi beban kerja sehingga pada penelitian selanjutnya perlu dikaji faktor-faktor tersebut.

5. DAFTAR NOTASI

Y = Energi [Kkal/menit]

X = Kecepatan denyut nadi [denyut/menit]

Ke = Konsumsi energi [kilokalori/menit]

Et = Pengeluaran energi pada waktu kerja tertentu [kilokalori/menit]

Ei = Pengeluaran energi pada waktu sebelum bekerja [kilokalori/menit]

P0 = Denyut nadi istirahat

P1, P2, P3, P4, P5 = denyut nadi pemulihan menit ke-1, 2, 3, 4, dan 5.

6. DAFTAR PUSTAKA

Handoko, L. 2011. Analisa Biomekanika dan Fisiologi Kerja pada Aktivitas Pengangkatan Manual (Studi Kasus: Pengangkatan Pupuk). *Proceeding CALL FOR PAPER – SNFT*.

- MENAKERTRANS RI, 2011. *PERATURAN MENTERI TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI NOMOR PER.13/MEN/X/2011 TAHUN 2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja*. Jakarta: Depnaker.
- Moran, Horowitz, Meiri, Laor and Pandolf, 1999. The Physiological Strain Index Applied to Heat Stressed Rats. *J Appl Physiol* 86, pp. 895-901.
- Pungus, M. M., dan Palilingan, R. N., 2007. *Evaluasi Beban Kerja dan Strain Fisiologi Pada Aktivitas Praktikum Lapangan Mahasiswa Fmipa Unima*. FK Universitas Udayana, Denpasar.
- Siswatiningsih, K. A., 2010. *Perbedaan Denyut Nadi Sebelum dan Sesudah Bekerja Pada Iklim Kerja Panas di Unit Workshop PT. Indo Acidatama Tbk Kemiri Kebakkramat Karanganyar*. UNS, Surakarta.
- Soeripto, M., 2008. *Higiene Industri*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Suma'mur. 2009. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan (Hiperkes)*. Jakarta: CV Sagung Seto.
- Sugiyono, 2012. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Tarwaka, Bakri, S.H.A., Sudiajeng, L., 2004. *ERGONOMI untuk Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA PRESS.
- Tarwaka, 2010. *Ergonomi Industri Dasar - Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi Di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Peningkatan Pengetahuan dan Ketrampilan Guru PAUD dalam Melakukan Pemantauan Psikomotorik Pada Balita Menggunakan Metode Denver II

Lusia Eni Puspendari^{1*}, Wibowo Arninputranto², Am Maisarah Disrinama³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: luciaeni@yahoo.com

Abstrak

Anak usia dini merupakan masa emas untuk melandasi keberhasilan proses kehidupan untuk menjadi individu, masyarakat dan bangsa yang sehat, sejahtera, dan bermartabat. Edukasi terhadap guru PAUD adalah langkah awal untuk membuka kesadaran para pendidik Indonesia untuk menciptakan calon generasi muda yang sehat dan berkualitas. Peningkatan pengetahuan dan ketrampilan guru PAUD dalam melakukan pemantauan perkembangan psikomotorik pada Balita dengan menggunakan metode Denver II di kecamatan Buduran Sidoarjo bertujuan memberikan pengetahuan para guru-guru PAUD untuk memantau kemampuan anak-anak dalam tumbuh kembang secara Psikomotorik, Afektif dan Kognitif sesuai usia mereka.

Melalui metode diskusi interaktif dan praktek telah dipaparkan penilaian Denver II kepada balita langsung. Rata-rata nilai pre tes adalah 24,6 dan nilai pos tes 91,5. Dengan nilai terendah pre tes 0 dan nilai pos tes 100. Peningkatan pengetahuan Guru PAUD sebesar 66,9%. Untuk aspek ketrampilan meningkat sebanyak 75% dari awal praktikum.

Kata kunci: Anak usia dini, Perkembangan, PAUD, Denver II

1. PENDAHULUAN

Anak usia dini merupakan masa emas untuk melandasi keberhasilan proses kehidupan untuk menjadi individu, masyarakat dan bangsa yang sehat, sejahtera, dan bermartabat. Pendidikan kesehatan anak usia dini merupakan unsur utama dalam pendidikan anak usia dini dan tidak hanya sebagai proses pembelajaran kesehatan, tetapi mengoptimalkan pertumbuhan fisik dan potensi kognitif dan emosional untuk melandasi karakter kepribadian dan kecerdasan serta landasan utama dalam pendidikan selanjutnya.

Pendidikan kesehatan anak usia dini dipengaruhi oleh perkembangan pandangan sehat, paradigma pembangunan, faktor determinan kesehatan, dan pelayan kesehatan dan pendidikan kesehatan. Masalah pentingnya pendidikan kesehatan anak usia dini dan bentuk operasionalnya dalam PAUD belum banyak dipahami. PAUD masih dipandang sebagai program baru dan terlepas dari masalah kesehatan, bersifat elit, dan eksklusif. Padahal, pendidikan kesehatan anak usia dini merupakan peristiwa sehari-hari dalam keluarga.

Melihat kondisi di masyarakat yang masih belum sepenuhnya memahami tugas dan peranan mereka dalam memberikan pendidikan kesehatan dalam keluarga, mengedukasi para guru PAUD adalah langkah awal untuk membuka kesadaran para pendidik Indonesia untuk menciptakan calon generasi muda yang sehat dan berkualitas.

2. METODOLOGI

Metode Pelaksanaan pada pengabdian masyarakat ini antara lain :

1. Survei kelompok sasaran
 - a. Pada tahap I untuk mendapatkan informasi serta gambaran pada guru PAUD diperlukan kuesioner dan wawancara. Kurang lebih sarannya 15 guru PAUD.
 - b. Pada tahap II dengan memetakan kondisi demografis balita serta keluarga balita PAUD perlu dilakukan kuesioner dan pengambilan data sekunder wali murid orang tua masing-masing
 - c. Pada tahap III dilakukan pengolahan data survei pendahuluan untuk merencanakan program jangka panjang pada tahun berikutnya.
2. Persiapan Sarana dan Prasarana
 - a. Tahap ini merupakan tahap yang mempersiapkan sarana dan prasarana yang akan mendukung kegiatan ini. Persiapannya adalah mengenai tempat dan lokasi yang akan kami gunakan untuk kegiatan. Lokasi yang digunakan representatif dan dapat menampung kurang lebih 20 orang.
 - b. Prasarana yang disediakan selanjutnya adalah peralatan untuk praktek metode denver II, selain itu secara administratif juga perlu disediakan ATK yang mendukung.

- c. Sarana yang lainnya akan dipersiapkan secara bertahap dengan mempertimbangkan tingkat kebutuhan. Terutama untuk program stimulan yang diperlukan untuk perkembangan psikomotorik ke depan.
- 3. Pelaksanaan kegiatan aksi
 - a. Muatan program yang paling penting dalam program ini adalah memberikan pengetahuan kepada guru PAUD tentang perkembangan psikomotorik balita, apakah normal atau tidak.
 - b. Tahap selanjutnya adalah praktikum untuk mengetahui skill guru PAUD dalam melakukan pemeriksaan Denver II kepada balita PAUD.
- 4. Evaluasi
 - a. Pada tahap evaluasi akan dinilai peningkatan pengetahuan guru PAUD terhadap pemeriksaan perkembangan psikomotorik balita.
 - b. Pada tahap evaluasi selanjutnya dinilai skill memeriksa Denver II kepada balita.
 - c. Tahap jangka panjang (tahun depan) adalah mampu melakukan intervensi kepada Orang Tua Balita di rumah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam laporan kemajuan pelaksanaan pengabdian masyarakat ini, pelaksanaan kegiatan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Persiapan acara pelatihan pertemuan pertama
Persiapan dilakukan dalam dua tahap, yaitu :
 - a. Koordinasi awal yang dilakukan oleh pihak tim dari PPNS dengan institusi mitra, yaitu Yayasan Citra Anak Bangsa, pada tanggal 27 Agustus 2016. Tujuan dari pertemuan ini adalah untuk membahas mengenai target sasaran pelatihan, yaitu guru-guru dari sekolah PAUD yang ada di sekitarnya. Hal lain yang dihasilkan dari pertemuan ini adalah tentang tata acara pelatihan, jadwal acara dan materi yang akan diberikan kepada calon peserta pelatihan. Persiapan sarana dan prasarana pelatihan juga dibahas dan ditentukan pada pertemuan ini, sehingga pada saat dilaksanakannya acara, tidak ada hal yang tidak terkendali. Sarana dan prasarana yang disiapkan antara lain, persiapan ruang pelatihan utama, persiapan ruang untuk kegiatan praktek secara berkelompok, perlengkapan presentasi, ATK pendukung, alat peraga untuk melakukan tutorial pemantauan perkembangan menggunakan metode DENVER II, mempersiapkan anak balita yang akan dijadikan contoh pemantauan, hingga persiapan konsumsi untuk peserta.
 - b. Tahap kedua adalah persiapan akhir, sebelum pelaksanaan acara, yang dilaksanakan pada tanggal 1 September 2016. Pada persiapan akhir ini telah ditetapkan jadwal dan urutan acara secara pasti, melakukan konfirmasi peserta yang akan hadir saat kegiatan, menyiapkan materi dan sarana prasarana kegiatan (termasuk menyiapkan ruang pemaparan, ruang kelompok dan pemasangan banner).

2. Pelaksanaan kegiatan pelatihan pertemuan pertama

Pelatihan tahap pertama dilakukan pada tanggal 3 September 2016, bertempat di TK-PAUD Happy Kids School di Park Royal Regency Blok F 2/12, Buduran Sidoarjo. Kegiatan pelatihan dilakukan dari jam 9.00 hingga 14.00.

Acara dalam pelatihan pertama ini adalah :

- a. Pre Test pengetahuan tentang Metode DENVER II
- b. Paparan materi Metode DENVER II disampaikan oleh Am Maisarah Disrinama, dr., M.Kes. sebagai narasumber.
- c. Contoh simulasi pemantauan perkembangan psikomotorik balita menggunakan Metode DENVER II
- d. Pembagian kelompok untuk mempraktekkan pemantauan perkembangan psikomotorik balita dengan menggunakan Metode DENVER II
- e. Penyampaian tugas mandiri untuk guru-guru peserta

3. Pengumpulan hasil tugas mandiri

Tugas mandiri adalah tugas untuk melakukan pengaplikasian Metode DENVER II ke masing-masing sekolah. Setiap peserta pelatihan diharapkan untuk dapat memantau perkembangan psikomotorik minimal dua orang balita yang berbeda umur, tujuannya adalah untuk mengetahui apakah perkembangan balita sudah sesuai dengan umurnya atau ada keterlambatan. Jika ada keterlambatan maka balita dapat dilatih agar dapat melakukan kegiatan psikomotorik sesuai dengan umurnya. Hasil pemantauan ini akan dikumpulkan untuk dievaluasi oleh tim dari PPNS. Jadwal pengumpulan dilaksanakan pada tanggal 17 September 2016.

4. Persiapan acara pelatihan pertemuan kedua (evaluasi hasil)

Setelah pertemuan pertama, yang bermaterikan teori, simulasi dan pemberian tugas, maka dipertemuan kedua nantinya akan diisi dengan evaluasi hasil tugas mandiri dan berbagi solusi jika nantinya ada hasil uji yang terdapat keterlambatan perkembangan. Koordinasi persiapan untuk pertemuan kedua dilaksanakan pada tanggal 1 Oktober 2016. Persiapan lebih dititik beratkan pada pembagian tugas untuk sesi berbagi solusi, karena akan dibagi dalam beberapa kelompok agar lebih intensif.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pelaksanaan pengabdian masyarakat sejauh ini antara lain :

- a. Banyak guru-guru PAUD disekitar kecamatan Buduran Sidoarjo yang mem-butuhkan pelatihan semacam ini.
- b. Pelatihan pengenalan perilaku balita sangat diperlukan untuk menunjang perkembangan balita selama mengikuti kegiatan sekolah.
- c. Karena kurangnya informasi mengenai metode-metode pemantauan pada balita, maka antusias guru yang ingin mengikuti pelatihan sangat banyak

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah membiayai seminar ini menggunakan dana DIPA 2016.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Artha, Nur M., Retno Sutomo, and Indria L. Gamayanti. "Kesepakatan Hasil antara Kuesioner Pra Skrining Perkembangan, Parent's Evaluation of Developmental Status, dan Tes Denver-II untuk Skrining Perkembangan Anak Balita."
- Kadi, Fiva A., Herry Garna, and Eddy Fadlyana. "Kesetaraan hasil skrining risiko penyimpangan perkembangan menurut cara kuesioner praskrining perkembangan (KPSP) dan denver II pada anak usia 12-14 bulan dengan berat lahir rendah." *Sari Pediatri* 10.1 (2008).
- Koesnandar, Effie, and Pustika Amalia Soedjatmiko. "Parents Evaluation of Developmental Status and Denver Developmental Screening Test II in high risk infant and toddler." *Paediatrica Indonesia* 50.1 (2010): 26-30.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Optimasi Model Linier 6-DOF pada Sistem Autonomous Underwater Vehicle

Teguh Herlambang¹⁾, Hendro Nurhadi²⁾, Eko Budi Djatmiko³⁾

¹⁾Program Studi Sistem Informasi Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya (UNUSA)

²⁾Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

teguh@unusa.ac.id¹⁾, hdnurhadi@me.its.ac.id²⁾, ebdjatkiko@oe.its.ac.id³⁾

Abstrak

Pada paper ini dilakukan optimasi dari sistem UNUSAITS AUV melalui linierisasi model nonlinier dengan matriks Jacobi. Selanjutnya hasil linierisasi dianalisa terkait sifat keterkontrolan dan keteramatan tanpa sistem kendali. Model linier dalam 6 derajat kebebasan (DOF) yang terdiri dari 2 gerakan yaitu gerak translasi dan rotasi, di mana gerak translasi terdiri dari gerak surge, sway dan heave, sedangkan gerak rotasi terdiri dari gerak roll, pitch dan yaw. Hasil optimasi terhadap model linier pada sistem UNUSAITS AUV menunjukkan bahwa sistem terkontrol dan teramati sehingga model linier pada sistem UNUSAITS AUV dapat diterapkan sistem navigasi, panduan dan kendali. Pada penerapan model linier AUV dengan sistem kendali PID menghasilkan error 0.4% - 17.3%.

Kata Kunci:AUV, model linier, matriks Jacobi, keterkontrolan, keteramatan

1. PENDAHULUAN

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) atau secara umum disebut kapal selam tanpa awak adalah salah satu jenis robot bawah air yang telah menarik minat banyak penelitian beberapa tahun terakhir. AUV adalah kendaraan yang dapat bergerak dalam enam derajat kebebasan serta melaju di dalam air menggunakan sistem propulsi, dikendalikan dan dikemudikan oleh operator dengan bantuan komputer di atas kapal pendukung berdasarkan sistem navigasi, panduan dan kendali (Herlambang, 2015b).

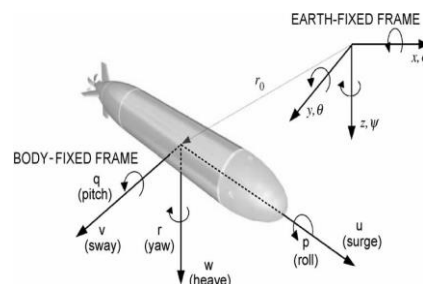
Beberapa perkembangan teknologi AUV, area aplikasinya telah meluas secara bertahap, meliputi bidang-bidang berikut:

- Ilmu Pengetahuan: pemetaan dasar laut, sampel geologi, pemantau oseanografi
- Lingkungan: inspeksi struktur bawah air, termasuk pipa, bendungan, dll; pemantauan jangka panjang sebagai misal radiasi dan kebocoran, survei laut dan penilaian sumber daya.
- Militer: peralatan sistem pertahanan bawah laut

Memperhatikan kegunaan dan manfaat dari AUV di atas, maka Indonesia sangat perlu mengembangkan AUV, karena lebih dari 70% dari wilayah Indonesia adalah lautan, sehingga AUV merupakan teknologi yang baik untuk menjaga potensi laut Indonesia. AUV sangat diperlukan untuk membantu survei eksplorasi bawah laut Indonesia (Herlambang dkk, 2015a), karena AUV relatif flexibel untuk eksplorasi lautan tanpa menggunakan kabel.

Pada paper ini diawali dengan penyusunan model matematika dari AUV, di mana model ideal yang biasa digunakan adalah model non-linier 6-DOF. Pengembangan model 6-DOF sebenarnya masih jarang dilakukan, dikarenakan kompleksitasnya maka pada paper ini dilakukan pengembangan model linear yang dihasilkan melalui linearisasi model non-linier 6-DOF dengan matriks Jacobi. Selanjutnya diuji karakteristik dari model linier AUV dengan keterkontrolan dan keteramatan serta penerapan sistem kendali PID.

2. AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE (AUV) MODEL



Gambar 1. Enam derajat kebebasan gerak AUV (Yang, 2007)

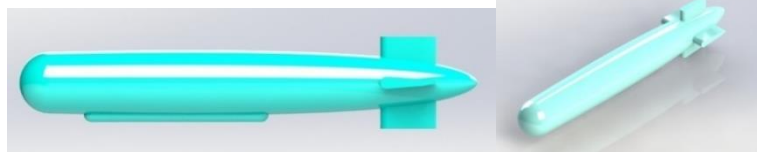
Pada awalnya ada dua hal penting yang dibutuhkan untuk menganalisa AUV, yaitu sistem sumbu yang terdiri dari Earth Fixed Frame (EFF) dan Body Fixed Frame (BFF) seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (Yang,

2007). EFF digunakan untuk menjelaskan posisi dan orientasi dari AUV, di mana posisi sumbu-x mengarah ke arah utara, sumbu-y ke arah timur dan sumbu-z ke arah pusat bumi. Sedangkan BFF mendefinisikan sumbu-x positif mengarah ke haluan wahana, sumbu-y positif mengarah ke sisi kanan wahana, dan sumbu-z positif mengarah ke bawah (Fosen, 2005). Sistem BFF digunakan untuk menjelaskan kecepatan dan percepatan dari AUV dengan titik mula berada pada pusat gravitasi. Profil dan spesifikasi UNUSAITS AUV terdapat pada Gambar 2 dan Tabel 2. Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan bahwa AUV mempunyai enam derajat kebebasan (6-DOF) yang terdiri dari surge, sway, heave, roll, pitch dan yaw. Persamaan gerak AUV dipengaruhi oleh gaya luar sebagai berikut:

$$\tau = \tau_{hidrostatik} + \tau_{addedmass} + \tau_{drag} + \tau_{lift} + \tau_{control} \quad (1)$$

Tabel 1. Derajat kebebasan AUV (Yang, 2007)

DOF	KETE-RANGAN	GAYA / MOMEN	KEC LINIER/ ANGULAR	POSISI/ SUDUT EULER
1	Surge	X	u	x
2	Sway	Y	v	y
3	Heave	Z	w	z
4	Roll	K	p	ϕ
5	Pitch	M	q	θ
6	Yaw	N	r	ψ



Gambar 2. Profil UNUSAITS AUV

Tabel 2. Spesifikasi dari UNUSAITS AUV

Berat	16 Kg
Panjang	1500 mm
Diameter	200 mm
Controller	Ardupilot Mega 2.0
Komunikasi	Wireless Xbee 2.4 GHz
Camera	TTL Camera
Battery	Li-Pro 11,8 V
Propulsion	12V motor DC
Propeller	3 Blades OD : 50 mm
Speed	3.1 knots (1.5m/s)
Kedalaman Maksimum	8 m

Pergerakan dari AUV memiliki 6 derajat kebebasan (6 DOF) di mana terdiri dari 3 (tiga) derajat kebebasan untuk arah gerak translasi pada sumbu-x,-y, dan -z dan 3 (tiga) derajat kebebasan yang lain untuk gerak rotasi terhadap sumbu-x,-y, dan -z. Deskripsi umum AUV pada 6 DOF dapat dinyatakan dalam persamaan: (Fosen, 2005):

$$\begin{aligned} \eta &= [\eta_1^T, \eta_2^T]^T, \quad \eta_1 = [x, y, z]^T, \quad \eta_2 = [\phi, \theta, \psi]^T; \\ v &= [v_1^T, v_2^T]^T, \quad v_1 = [u, v, w]^T, \quad v_2 = [p, q, r]^T; \\ \tau &= [\tau_1^T, \tau_2^T]^T, \quad \tau_1 = [X, Y, Z]^T, \quad \tau_2 = [K, M, N]^T; \end{aligned} \quad (2)$$

di mana η menunjukkan vector posisi dan orientasi pada EFF, dengan η_1 yang menyatakan posisi pergerakan translasi dan η_2 sebagai posisi pergerakan rotasi. Notasi v menunjukkan vektor kecepatan linier dan angular pada BFF, dengan v_1 mendeskripsikan vektor kecepatan linier dan v_2 vektor kecepatan angular. Sedangkan τ menyatakan vektor gaya dan momen yang bekerja pada AUV pada BFF, dengan τ_1 sebagai vektor gaya dan τ_2 vektor sebagai momen.

Gaya dan momen total yang bekerja pada AUV dapat diperoleh dengan menggabungkan persamaan gaya hidrostatik, gaya hidrodinamik dan gaya dorong. Dalam hal ini diasumsikan tensor inersia diagonal (I_o) adalah nol, sehingga diperoleh gaya dan momen total dari keseluruhan model sebagai berikut:

Surge:

$$m[\dot{u} - vr + wq - x_G(q^2 + r^2) + y_G(pq - \dot{r}) + z_G(pr + \dot{q})] = X_{res} + X_{|u|u}u|u| + X_{\dot{u}}\dot{u} + X_{wq}wq + X_{qq}qq + X_{vr}vr + X_{rr}rr + X_{prop} \quad (3)$$

Sway :

$$m[\dot{v} - wp + ur - y_G(r^2 + p^2) + z_G(qr - \dot{p}) + x_G(pq + \dot{r})] = Y_{res} + Y_{|v|v}v|v| + Y_{r|r}r|r| + Y_{\dot{v}}\dot{v} + Y_{\dot{r}}\dot{r} + Y_{ur}ur + Y_{wp}wp + Y_{pq}pq + Y_{uv}uv + Y_{uu\delta_r}u^2\delta_r \quad (4)$$

Heave :

$$m[\dot{w} - uq + vp - z_G(p^2 + q^2) + x_G(rp - \dot{q}) + y_G(rq + \dot{p})] = Z_{res} + Z_{|w|w}w|w| + Z_{q|q}q|q| + Z_{\dot{w}}\dot{w} + Z_{\dot{q}}\dot{q} + Z_{uq}uq + Z_{vp}vp + Z_{rp}rp + Z_{uw}uw + Z_{uu\delta_s}u^2\delta_s \quad (5)$$

Roll:

$$I_x\dot{p} + (I_x - I_y)qr + m[y_G(\dot{w} - uq + vp) - z_G(\dot{v} - wp + ur)] = K_{res} + K_{p|p}p|p| + K_{\dot{p}}\dot{p} + K_{prop} \quad (6)$$

Pitch :

$$I_y\dot{q} + (I_x - I_z)rp + m[z_G(\dot{u} - vr + wq) - x_G(\dot{w} - uq + vp)] = M_{res} + M_{w|w}w|w| + M_{q|q}q|q| + M_{\dot{w}}\dot{w} + M_{\dot{q}}\dot{q} + M_{uq}uq + M_{vp}vp + M_{rp}rp + M_{uw}uw + M_{uu\delta_s}u^2\delta_s \quad (7)$$

Yaw :

$$I_z\dot{r} + (I_y - I_z)pq + m[x_G(\dot{v} - wp + ur) - y_G(\dot{u} - vr + wq)] = N_{res} + N_{v|v}v|v| + N_{r|r}r|r| + N_{\dot{v}}\dot{v} + N_{\dot{r}}\dot{r} + N_{ur}ur + N_{wp}wp + N_{pq}pq + N_{uv}uv + N_{uu\delta_r}u^2\delta_r \quad (8)$$

Di mana x, y and z merepresentasikan gerak translasi yang terdiri dari surge, sway and heave. Sedangkan p, q and r mendeskripsikan gerak rotasi yang terdiri dari heave, pitch dan yaw. Tipe dari UNUSAITS AUV menggunakan satu propeller pada tail yang menimbulkan gaya dorong yaitu x_{prop} dan momen dorong K_{prop} . Gaya dan momen luar pada AUV dipengaruhi oleh gaya hidrostatis, gaya dorong dan gaya hidrodinamika, dimana gaya hidrodinamika terdiri dari massa tambah, gaya hambat dan gaya angkat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada paper ini model nonlinear AUV dapat dilinierkan dengan matriks Jacobi, adapun bentuk umum dari model nonlinear AUV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f(x(t), u(t), t) \\ y(t) &= g(x(t), u(t), t) \end{aligned} \quad (9)$$

Sedangkan bentuk matriks Jacobi adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial f(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Bila matriks Jacobi sebagaimana diberikan pada persamaan (10) diterapkan dalam linierisasi model non-linier AUV untuk 6-DOF, maka akan diperoleh bentuk persamaan di bawah ini:

$$\frac{\partial f(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial u} & \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial v} & \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial w} & \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial p} & \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial q} & \frac{\partial f_1(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial r} \\ \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial u} & \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial v} & \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial w} & \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial p} & \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial q} & \frac{\partial f_2(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial r} \\ \frac{\partial f_3(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial u} & \frac{\partial f_3(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial v} & \frac{\partial f_3(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial w} & \frac{\partial f_3(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial p} & \frac{\partial f_3(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial q} & \frac{\partial f_3(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial r} \\ \frac{\partial f_4(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial u} & \frac{\partial f_4(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial v} & \frac{\partial f_4(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial w} & \frac{\partial f_4(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial p} & \frac{\partial f_4(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial q} & \frac{\partial f_4(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial r} \\ \frac{\partial f_5(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial u} & \frac{\partial f_5(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial v} & \frac{\partial f_5(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial w} & \frac{\partial f_5(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial p} & \frac{\partial f_5(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial q} & \frac{\partial f_5(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial r} \\ \frac{\partial f_6(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial u} & \frac{\partial f_6(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial v} & \frac{\partial f_6(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial w} & \frac{\partial f_6(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial p} & \frac{\partial f_6(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial q} & \frac{\partial f_6(\bar{x}, \bar{u}, t)}{\partial r} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Persamaan 3 – 8 dapat diubah dalam bentuk $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$ sebagai berikut:

$$f_1 = \frac{X_{res} + X_{|u|u}u|u| + X_{wq}wq + X_{qq}qq + X_{vr}vr + X_{rr}rr + X_{prop} - m[-vr + wq - x_G(q^2 + r^2) + pqy_G + prz_G]}{m - X_{\dot{u}}} \quad (12)$$

$$f_2 = \frac{Y_{res} + Y_{|v|v}v|v| + Y_{r|r}r|r| + Y_{\dot{r}}\dot{r} + Y_{ur}ur + Y_{wp}wp + Y_{pq}pq + Y_{uv}uv + Y_{uu\delta_r}u^2\delta_r - m[-wp + ur - y_G(r^2 + p^2) + qrz_G + pqx_G]}{m - Y_{\dot{v}}} \quad (13)$$

$$f_3 = \frac{Z_{res} + Z_{|w|w}w|w| + Z_{q|q}q|q| + Z_{\dot{q}}\dot{q} + Z_{uq}uq + Z_{vp}vp + Z_{rp}rp + Z_{uw}uw + Z_{uu\delta_s}u^2\delta_s - m[-uq + vp - z_G(p^2 + q^2) + rpx_G + rpy_G]}{m - Z_{\dot{w}}} \quad (14)$$

$$f_4 = \frac{K_{res} + K_{p|p}p|p| + K_{prop} - \left((I_x - I_y)qr + m \begin{bmatrix} y_G(-uq + vp) \\ z_G(-wp + ur) \end{bmatrix} \right)}{I_x - K_{\dot{p}}} \quad (15)$$

$$f_5 = \frac{M_{res} + M_{w|w|}w|w| + M_{q|q|}q|q| + M_{\dot{w}}\dot{w} + M_{uq}uq + M_{vp}vp + M_{rp}rp + M_{uw}uw + M_{uu}\delta_s u^2 \delta_s - ((I_x - I_z)rp + m[z_G(-vr + wq) - x_G(-uq + vp)])}{I_y - M_{\dot{q}}} \quad (16)$$

$$f_6 = \frac{N_{res} + N_{v|v|}v|v| + N_{r|r|r|r|}r|r| + N_{\dot{v}}\dot{v} + N_{ur}ur + N_{wp}wp + N_{pq}pq + N_{uv}uv + N_{uu}\delta_r u^2 \delta_r - ((I_y - I_z)pq + m[x_G(-wp + ur) - y_G(-vr + wq)])}{I_z - N_{\dot{r}}} \quad (17)$$

Model linier didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A x(t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t) \end{aligned} \quad (18)$$

dengan

$$A = J_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \frac{mz_G}{m-X_{\dot{u}}} & \frac{-my_G}{m-X_{\dot{u}}} \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{mz_G}{m-Y_{\dot{v}}} & 0 & \frac{(mx_G - Y_{\dot{r}})}{m-Y_{\dot{v}}} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{my_G}{m-Z_{\dot{w}}} & -\frac{(mx_G + Z_{\dot{q}})}{m-Z_{\dot{w}}} & 0 \\ 0 & -\frac{mz_G}{I_x - K_p} & \frac{my_G}{I_x - K_p} & 1 & 0 & 0 \\ \frac{mz_G}{I_y - M_{\dot{q}}} & 0 & -\frac{(mx_G + M_{\dot{w}})}{I_y - M_{\dot{q}}} & 0 & 1 & 0 \\ -\frac{my_G}{I_z - N_{\dot{r}}} & \frac{(mx_G - N_{\dot{v}})}{I_z - N_{\dot{r}}} & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & e_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & e_2 & g_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & d_3 & e_3 & g_3 \\ a_4 & b_4 & c_4 & d_4 & e_4 & g_4 \\ a_5 & b_5 & c_5 & d_5 & e_5 & g_5 \\ a_6 & b_6 & c_6 & d_6 & e_6 & g_6 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$B = J_u = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \frac{mz_G}{m-X_{\dot{u}}} & \frac{-my_G}{m-X_{\dot{u}}} \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{mz_G}{m-Y_{\dot{v}}} & 0 & \frac{(mx_G - Y_{\dot{r}})}{m-Y_{\dot{v}}} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{my_G}{m-Z_{\dot{w}}} & -\frac{(mx_G + Z_{\dot{q}})}{m-Z_{\dot{w}}} & 0 \\ 0 & -\frac{mz_G}{I_x - K_p} & \frac{my_G}{I_x - K_p} & 1 & 0 & 0 \\ \frac{mz_G}{I_y - M_{\dot{q}}} & 0 & -\frac{(mx_G + M_{\dot{w}})}{I_y - M_{\dot{q}}} & 0 & 1 & 0 \\ -\frac{my_G}{I_z - N_{\dot{r}}} & \frac{(mx_G - N_{\dot{v}})}{I_z - N_{\dot{r}}} & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 & D_1 & E_1 & G_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 & D_2 & E_2 & G_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 & D_3 & E_3 & G_3 \\ A_4 & B_4 & C_4 & D_4 & E_4 & G_4 \\ A_5 & B_5 & C_5 & D_5 & E_5 & G_5 \\ A_6 & B_6 & C_6 & D_6 & E_6 & G_6 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } D = 0 \quad (21)$$

4. KETERKONTROLAN DAN KETERAMATAN

Sistem dikatakan terkontrol jika rank matriks keterkontrolan sama dengan dimensi dari sistem (Subiono, 2010). Matriks keterkontrolan dibentuk dari matriks A dan matriks B. di mana matriks keterkontrolan adalah sebagai berikut :

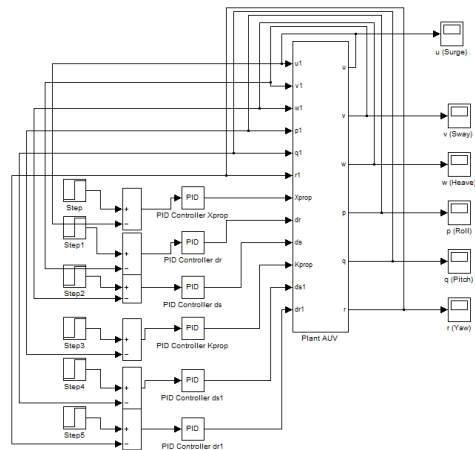
$$\text{Controlable} = (\mathbf{B}|\mathbf{AB}|\mathbf{A}^2\mathbf{B}|\dots|\mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}) = 6. \text{ Sehingga sistem terkontrol karena memiliki rank} = 6$$

Sistem dikatakan teramati jika rank keteramatan sama dengan dimensi dari sistem (Subiono, 2010). Matriks keteramatan dibentuk dari matriks A dan matriks C. di mana matriks keteramatan adalah sebagai berikut :

$$\text{Observable} = \begin{pmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{CA} \\ \mathbf{CA}^2 \\ \vdots \\ \mathbf{CA}^{(n-1)} \end{pmatrix} = 6. \text{ Sehingga sistem teramati karena memiliki rank} = 6$$

5. PERANCANGAN SISTEM KENDALI PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIF (PID)

Setelah didapatkan uji karakteristik dari model linier yang terkontrol dan teramati, selanjutnya diterapkan sistem kendali PID untuk mengetahui kestabilan dari sistem AUV. Setelah dibentuk blok diagram sistem AUV, selanjutnya dibentuk sistem kendali PID dengan sistem AUV pada Gambar 3. Metode yang digunakan untuk penentuan nilai *proportional*, *integral* dan *derivative* adalah metode *trial and error*, dimana nilai K_p , K_i dan K_d terdapat pada Tabel 3.

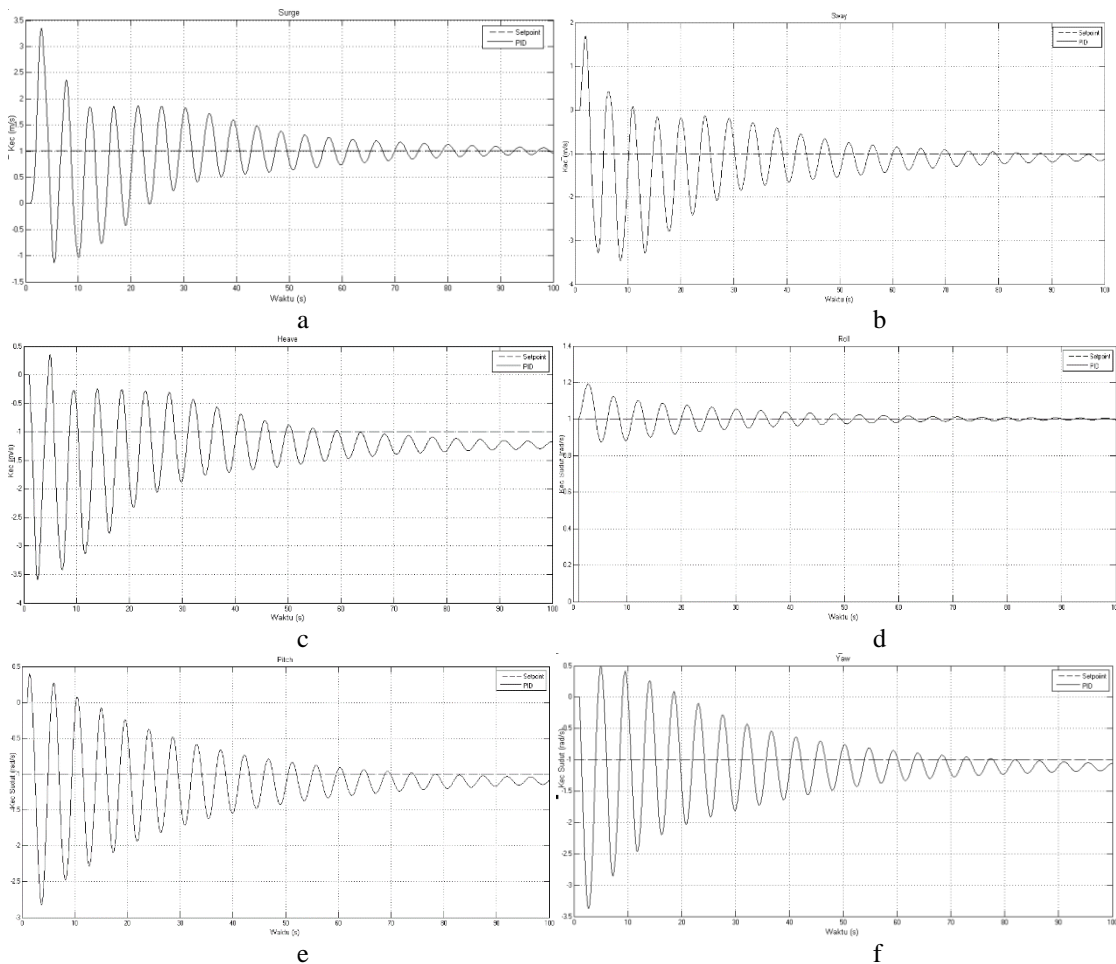


Gambar 3. Blok diagram AUV dengan sistem kendali PID

Tabel 3. Nilai *proportional, integral* dan *derivative* dari kendali PID

PID default			
	Proportional	Integral	Derivatif
Surge	10	1.5	2
Sway	1	10	2
Heave	3	1.5	2
Roll	2	1	0.01
Pitch	2	1	0.01
Yaw	2	1	0.01

Berikutnya setelah disimulasikan menggunakan software simulink Matlab, hasil simulasi sistem kendali PD dan kendali PID yang tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. a) Respon surge, b) respon sway, c) respon heave, d) respon roll, e) respon pitch dan f) respon yaw dengan sistem kendali PID.

Pada Gambar 4 merupakan hasil simulasi AUV dengan sistem kendali PID dengan nilai *proportional*, *Integral* dan *Derivative* pada Tabel 5. Hasil respon menunjukkan bahwa error dari 6-DOF memiliki error antara 0.4% - 17.3 % dengan *settling time* rata-rata 70 sekon yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Error dan Settling time dari hasil respon dengan kendali PID

	Error	Settling Time
Surge	4.36 %	80 s
Sway	13.2 %	80 s
Heave	17.3 %	80 s
Roll	0.4 %	40 s
Pitch	8.9 %	70 s
Yaw	5.8 %	70 s

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan:

- Model nonlinier 6-DOF AUV dapat dilinierkan sehingga didapatkan model linier. Model linier tersebut sudah terkontrol dan teramati.
- Pengembangan sistem kendali gerak dengan metode PID menghasilkan error 0.4% - 17.3% dengan settling time yang cukup lama dengan rata-rata 70 sekon.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Fossen, T. I. 2005, "A Nonlinear Unified State-space Model for Ship Maneuvering and Control in A Seaway". *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol. 5, pp. 2717-2746, Aug
- Herlambang, T., Djatmiko E.B and Nurhadi H., 2015a "Navigation and Guidance Control System of AUV with Trajectory Estimation of Linear Modelling", *Proc. of International Conference on Advance Mechatronics, Intelligent Manufactre, and Industrial Automation*, IEEE , ICAMIMIA 2015, Surabaya, Indonesia, pp. 184-187, Oct 15 – 17
- Herlambang, T., Djatmiko E.B and Nurhadi H., 2015b, "Ensemble Kalman Filter with a Square Root Scheme (EnKF-SR) for Trajectory Estimation of AUV SEGOROGENI ITS", *International Review of Mechanical Engineering IREME Journal*, Vol. 9, No. 6. Pp. 553-560, ISSN 1970 – 8734. Nov
- Subiono. 2010. *Matematika Sistem*. Jurusan Matematika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
- Yang, C. 2007. *Modular Modelling and Control for Autonomous Vehicle (AUV)*. Department of Mechanical Engineering National University of Singapore

Identifikasi Bahaya pada Mesin *Hammer Mill* dan Boiler Batubara di PT. Charoen Phopkphand Indonesia-Sepanjang

Candima Setyasa^{1*}, Anda Iviana Juniani², Priyo Agus Setiawan³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Jurusan Teknik Industri, FTI, Gedung Teknik Industri, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

³Teknik Mesin, FTI, ITS Gedung C Lantai 2, Kampus Sukolilo ITS, Surabaya 60111

*candimasetyasa@gmail.com

Abstrak

PT. Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang merupakan perusahaan yang memproduksi pakan ternak, dalam proses pembuatannya terdapat mesin boiler batubara yang sangat perlu diperhatikan perawatan, dan penggunaannya mengingat bahwa banyak kasus ledakan boiler yang terjadi di perusahaan lain. PT. Charoen Pokphand juga pernah mengalami kebakaran yang cukup besar pada tahun 2015 yang disebabkan oleh mesin hammer mill. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) untuk mengetahui penyebab, dan nilai probabilitas terjadinya kecelakaan, dan metode Event Tree Analysis (ETA) untuk mengetahui kemungkinan yang terjadi beserta angka probabilitas setelah kejadian ledakan boiler batubara dan kebakaran mesin hammer mill. Pada hasil penelitian ini penyebab ledakan boiler adalah kegagalan filter pompa, kegagalan pada mekanik seal pompa, gangguan terhadap supply listrik, kebocoran pada katup pompa air, kelebihan kadar Ca, Mg, dan Cl, blow down valve gagal beroperasi, kegagalan pada stoker, burner control, safety valve, dan pressure gauge, dengan probabilitas kejadian 0,8666 kali per tahun dan penyebab kebakaran mesin hammer mill adalah gangguan pada pengisian bin, kegagalan rotary vane, oli gear box berkurang, gangguan pada magnet penyaring, gangguan pada penggunaan control panel dengan probabilitas 0,1 kali pertahun. Berdasarkan metode Event Tree Analysis probabilitas initiating event ledakan boiler untuk kebakaran terkendali 0,8567 dan kebakaran tidak terkendali 0,0859 kali per 0,8666 kali kejadian pertahun dan untuk initiating event kebakaran mesin hammer mill kebakaran terkendali memiliki probabilitas 0,566 dan kebakaran tidak terkendali 0,6339 per 1 kali kejadian pertahun.

Kata Kunci : Boiler Batubara; Event Tree Analysis; Fault Tree Analysis; Mesin Hammer Mill

1. PENDAHULUAN

PT. Charoen Pokphand Indonesia merupakan sebuah industri agrobisnis sebagai perusahaan yang produksinya sangat dibutuhkan oleh masyarakat maka PT. Charoen Pokphand harus mampu menjaga keamanan dan keselamatan tenaga kerja dari kecelakaan besar seperti kecelakaan ledakan boiler yang pernah terjadi pada perusahaan perusahaan lain. Berdasarkan data kecelakaan yang ada PT. Charoen Pokphand Sepanjang pernah mengalami kebakaran yang cukup besar akibat sebuah mesin yaitu mesin *hammer mill*

Identifikasi bahaya yang dilakukan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* dan *Event Tree Analysis*. Dengan metode tersebut maka akan diperoleh akar penyebab dari kecelakaan ledakan boiler batubara dan kebakaran mesin *hammer mill*, kemungkinan kejadian kedua kecelakaan tersebut pertahun dengan metode FTA kuantitatif, kemudian dilakukan identifikasi bahaya terhadap akibat yang dimungkinkan terjadi jika kecelakaan tersebut terlanjut terjadi beserta perhitungan angka kemungkinan kejadian yang dapat terjadi dengan metode *Event Tree Analysis* (ETA) dimana perolehan angka kemungkinan menggunakan metode *Human Error Analysis Reduction Technique* (HEART) oleh dikarenakan pengalaman perusahaan lain dan perusahaan sendiri perlu dilakukan sebuah identifikasi bahaya terhadap mesin boiler batubara dan juga mesin *hammer mill* di PT. Charoen Pokphand Indonesia yang berada di *plant* Sepanjang

2. METODOLOGI

2.1. Studi Penelitian Pendahuluan

Sharma dan Alok, 2015 *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menganalisa keandalan suatu sistem yang kompleks. Berdasarkan hasil ikhtisar, teknik ini efektif untuk digunakan dalam perhitungan keandalan suatu sistem yang kompleks lebih mudah dianalisa, membantu memperbaiki atau mendesain ulang bagian yang kritis dan mengetahui penyebab kegagalan dari *top event* dan meningkatkan keandalan dan keselamatan dari sistem.

Satria dan Manfaat, 2012 Konstruksi dan kuantifikasi/perhitungan dari teknik penilaian risiko standard yang digunakan untuk model risiko berupa pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis*) dan pohon peristiwa/kejadian (*Event Tree Analysis*). Penentuan probabilitas *basic event* untuk analisa risiko dengan FTA menggunakan *expert judgment* dan kuisioner. Nilai probabilitas kegagalan yang merupakan hasil penilaian risiko diperoleh dari evaluasi ETA setiap skenario kecelakaan, semakin besar nilai tersebut berarti semakin tingginya nilai kegagalan yang disebabkan oleh kegagalan oleh *basic event* dalam FTA.

2.2. Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis merupakan sebuah metode yang yang digunakan untuk mengetahui akar penyebab masalah dengan menggunakan sebuah pohon kegagalan dimana berdasarkan metode ini akan diperoleh nilai *cut set* yang nantinya akan dipilih menjadi minimal *cut set* dengan memperhitungkan secara mocus maupun algoritma *basic event* dari *top event* yang ada. Setelah perhitungan minimal *cut set* kemudian dilakukan penentuan frekuensi kejadian dari sebuah *top event* dapat diperhitungkan berdasarkan minimal *cut set* dan juga data kegagalan yang dimasukkan dalam rumus sebagai berikut

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

$$\lambda = 1/MTBF \quad (2)$$

$$P(t) = 1 - R(t) \quad (3)$$

Perhitungan probabilitas *top event* dilakukan dengan rumus *or gate* atau *and gate* sesuai yang digunakan dalam *Fault Tree Analysis* (FTA)

Rumus *or gate* 3 *basic event*

$$P = (P_A + P_B + P_C) - (P_{AB} + P_{AC} + P_{BC}) + (P_{A.B.C}) \quad (4)$$

Rumus *and gate* 3 *basic event*

$$P = P_A \cdot P_B \cdot P_C \quad (5)$$

Perhitungan yang dilakukan untuk penentuan *top event* dilakukan dengan perhitungan dari diagram *fault tree analysis* yang paling bawah

2.3. Event Tree Analysis (ETA)

Event Tree Analysis merupakan sebuah metode yang menampilkan sebuah akibat yang terjadi dari berkembangnya sebuah initiating event, dengan melibatkan safety guard atau pengaman yang ada. Nilai kemungkinan dari masing-masing kejadian dapat dihitung berdasarkan diagram yang telah dibuat.

2.4. Human Error Analysis Reduction Techinque (HEART)

HEART merupakan sebuah metode analisa *human error* yang nantinya mampu menunjukkan nilai probabilitas atau kemungkinan *human error* yang dapat terjadi pada sebuah kegiatan atau tindakan yang dilakukan oleh pekerja, dalam perhitungannya pelaksanaan metode ini menggunakan 3 buah tabel yaitu tabel *Generic Task GTTs* tabel *Error Producing Condition EPCs* dan tabel *Assessed Proportion of Affect (APOA)* dengan penentuan berdasarkan *expert judgment* yang kemudian dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai *assessed effect* probabilitas dengan rumus sebagai berikut

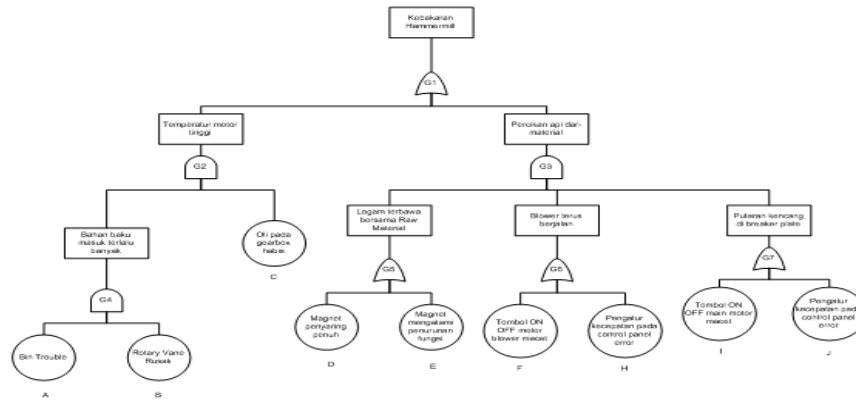
$$WF1 = [(EPC_n - 1) \times APOA_n] + 1 \quad (7)$$

$$HEP = GTT_1 \times WF1 \times WF2 \times WF3 \times \dots \times WF_n \quad (8)$$

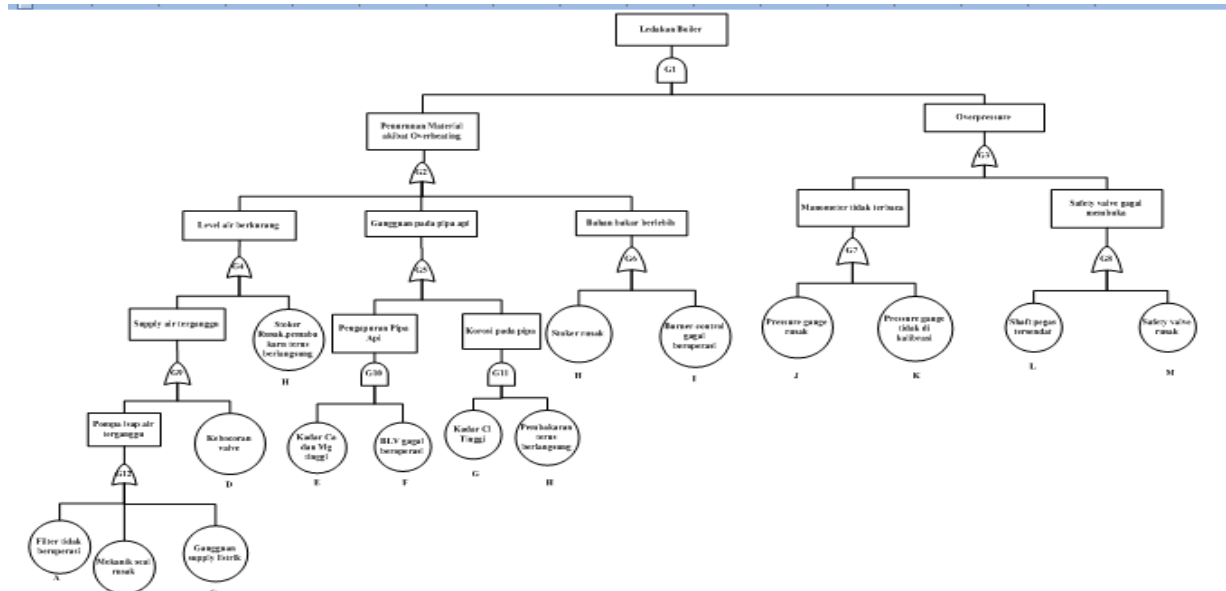
Sebelum dilakukan perhitungan rangkaian atau urutan kegiatan *hirarchycal task analysis*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari diskusi dan wawancara terkait dengan mesin *hammer mil* dan mesin boiler batubara dapat digambarkan diagram *Fault Tree Analysis* kedua *top event* adalah sebagai berikut.



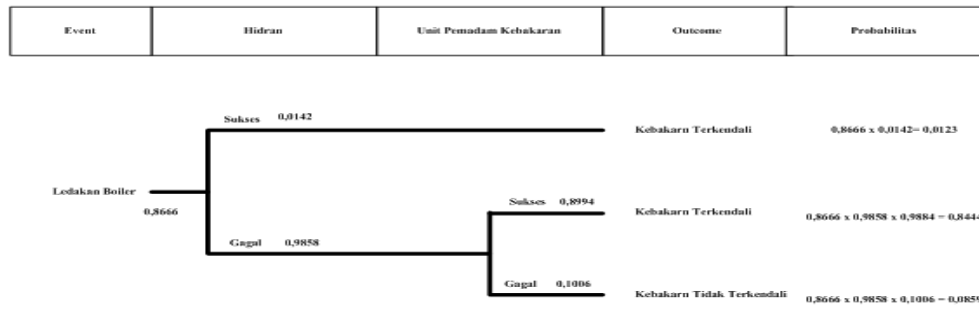
Gambar 1. FTA Kebakaran *Hammer Mill*



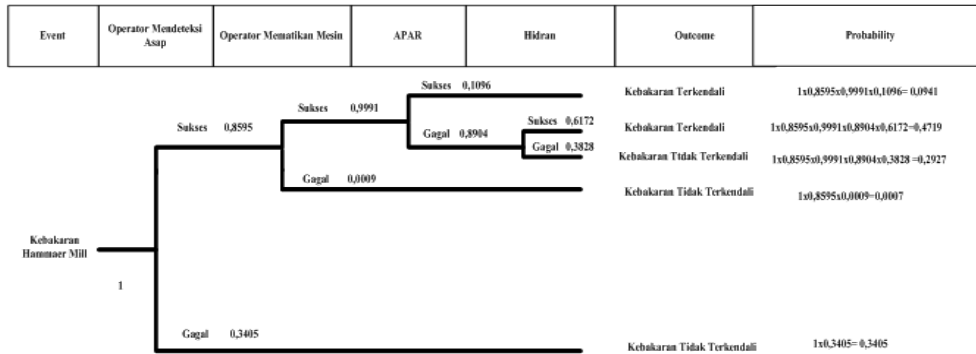
Gambar 2. FTA Ledakan Boiler

Pada kasus ledakan boiler batubara yang telah di analisa dengan metode *Fault Tree Analysis* diperoleh *basic event* yaitu adalah Filter air tidak beroperasi, Mekanik seal rusak, gangguan *supply* listrik, kebocoran *valve*, stoker rusak sehingga pembakaran tidak berlangsung, kadar Ca dan Mg dalam air tinggi, *blowdown valve* gagal beroperasi, kadar Cl dalam air tinggi, *burner control* gagal beroperasi, *pressure gauge* rusak, *pressure gauge* tidak di kalibrasi, shaft pegas tersendat, dan *safety valve* rusak, sedangkan pada kasus kebakaran *hammermill* diperoleh minimal *cut set* dari *basic event* yang ada yaitu *bin* mengalami masalah, *rotary vane* rusak, Oli pada *gearbox* habis, magnet penyering penuh, magnet mengalami penurunan fungsi, tombol *on/off* untuk motor *blower* macet, pengatur kecepatan motor rusak berdasarkan seluruh minimal *cut set* yang diperoleh dari perhitungan dengan algoritma tersebut setelah itu disesuaikan dengan data kegagalan yang ada dan dilakukan perhitungan sesuai rumus yang tertera diatas kemungkinan kejadian kedua kecelakaan tersebut dan diperoleh hasil perhitungan bahwa untuk kejadian ledakan boiler batubara kemungkinan kejadian adalah 0,8666 kali/tahun dan untuk kebakaran mesin *hammer mill* adalah 1 kali/tahun.

Pada hasil pengembangan *initiating event* untuk kedua kejadian tersebut beserta perhitungan *human error* untuk masing-masing *countermeasure* yang ada dan di masukkan dalam diagram *Event Tree Analysis* diperoleh diagram seperti yang tertera dibawah ini



Gambar 3. Event Tree Analysis Ledakan Boiler Batubara



Gambar 4. Event Tree Analysis Kebakaran Mesin Hammer Mill

Hasil Identifikasi bahaya terhadap akibat ledakan boiler dan juga kebakaran mesin *hammer mill* adalah dua kemungkinan yaitu adanya kebakaran yang terkendali dan juga kebakaran yang tidak terkendali. Nilai-nilai probabilitas dalam *event tree analysis* diperoleh dari perhitungan *human error* dengan metode HEART atau *Human Error Reduction Technic*.

Berdasarkan hasil penelitian dengan metode ETA dan dengan melakukan perhitungan probabilitas human error pada setiap *countermeasures* dalam ETA diperoleh hasil bahwa pada ledakan boiler kebakaran dapat terkendali dengan kemungkinan yaitu Hidran yang terdapat pada area PT. Charoen Pokphand Indonesia Sepanjang berhasil memadamkan kebakaran kejadian kebakaran ini memiliki probabilitas kesuksesan sebesar 0,0123, Kebakaran juga dapat terkendali apabila dalam pemadaman kebakaran yang dilakukan perusahaan dengan menggunakan hidran gagal namun kebakaran dapat berhasil dilakukan dengan menggunakan unit pemadam kebakaran dengan angka probabilitas hasil perhitungan sebesar 0,8444. Kebakaran akibat ledakan boiler batubara tidak dapat terkendali apabila pemadaman kebakaran menggunakan hidran gagal dilakukan dan juga unit pemadam kebakaran tidak mampu memadamkan besarnya kobaran api kejadian ini diperkirakan dapat terjadi dengan angka probabilitas sebesar 0,0859

Pada kasus kebakaran mesin *hammer mill* kebakaran dapat terkendali apabila, Operator yang bertugas mengoperasikan mesin *hammer mill* mampu mendeteksi adanya asap kebakaran dari mesin kemudian operator berhasil mematikan mesin dan juga memadamkan api dengan menggunakan alat pemadam api ringan atau APAR outcome ini memiliki angka probabilitas sebesar 0,0941, Operator mampu mendeteksi asap kebakaran dan juga mampu untuk mematikan mesin *hammer mill* namun api tidak berhasil dipadamkan dengan menggunakan alat pemadam api ringan namun api dapat berhasil dipadamkan dengan menggunakan hidran hal ini memiliki angka probabilitas 0,4719, Kejadian kebakaran mesin *hammer mill* tidak terkendali apabila Operator mampu mendeteksi kebakaran dan mampu mematikan mesin *hammer mill* namun kebakaran mesin tidak dapat dipadamkan dengan alat pemadam api riungan atau APAR maupun dengan menggunakan hidran kejadian ini memiliki angka kemungkinan 0,2927 kali, Operator sukses mendeteksi adanya kebakaran namun mesin tidak dapat dimatikan sehingga kebakaran semakin tidak terkendali kemungkinan kejadian sebesar 0,0007, Operator tidak berhasil atau tidak mengetahui adanya kebakaran sedari awal sehingga kebakaran terjadi hingga membesar dan tidak terkendali. Hal ini dapat terjadi dengan angka probabilitas sebesar 0,3405 kali.

Hasil keseluruhan perhitungan dan penggambaran diagram ETA adalah kebakaran boiler kemungkinan kebakaran terkendali memiliki total probabilitas sebesar 0,8567 kali dan kebakaran tidak terkendali 0,0859 dalam 0,8666 kali kejadian. Pada kebakaran mesin *hammer mill* kebakaran terkendali memiliki probabilitas sebesar 0,566 dan kebakaran tidak terkendali sebesar 0,6339 kali dalam 1 kali kejadian per tahun

4. KESIMPULAN

Pada ledakan boiler batubara yang telah dianalisa dengan metode *Fault Tree Analysis* diperoleh *basic event* yaitu adalah Filter air tidak beroperasi, Mekanik seal rusak, gangguan *supply* listrik, kebocoran valve, stoker rusak

sehingga pembakaran tidak berlangsung, kadar Ca dan Mg tinggi, *blowdown valve* gagal beroperasi, kadar Cl tinggi, *burner control* gagal beroperasi, *pressure gauge* rusak, *pressure gauge* tidak di kalibrasi, shaft pegas tersendat, dan *safety valve* rusak, sedangkan pada kasus kebakaran *hammermill* diperoleh minimal cutset dari *basic event* yang ada yaitu *bin* mengalami masalah, *rotaryvane* rusak, Oli pada *gearbox* habis, magnet penyaring penuh, magnet mengalami penurunan fungsi, tombol *on/off* untuk motor blower macet, pengatur kecepatan motor rusak berdasarkan seluruh minimalcut set yang diperoleh dari perhitungan dengan algoritma tersebut setelah itu disesuaikan dengan data kegagalan yang ada dan dilakukan perhitungan sesuai rumus yang tertera diatas kemungkinan kejadian kedua kecelakaan tersebut dan diperoleh hasil perhitungan bahwa untuk kejadian ledakan boiler batubara kemungkinan kejadian adalah 0,8666 kali/tahun dan untuk kebakaran mesin *hammer mill* adalah 1 kali/tahun. Untuk pengembangan initiating event diperoleh dua kemungkinan yang terjadi pada boiler batubara dan juga pada kebakaran mesin *hammer mill* yaitu Kebakaran Terkendali maupun kebakaran tidak terkendali. Pada kebakaran boiler kemungkinan kebakaran terkendali memiliki total probabilitas sebesar 0.8567 kali dan kebakaran tidak terkendali 0,0859 dalam 0,8666 kali kejadian . Pada kebakaran mesin *hammer mill* kebakaran terkendali memiliki probabilitas sebesar 0,566 dan kebakaran tidak terkendali sebesar 0,6339 kali dalam 1 kali kejadian per tahun.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan kesempatan dan memfasilitasi penulis melakukan penelitian ini, dan juga kepada PT. Charoen Pokphand Indonesia yang telah bersedia menjadi objek penelitian penulis

6. DAFTAR NOTASI

R	= Reliability
λ	= Failure Rate
P	= Probability
WF1	= Assessed Effect
EPC	= Total effect EPC ke-n
APOA	= Asumsi proporsi kesalahan ke-n tiap EPC
HEP	= human error probability
GTT1	= nominal human unreliability tiap GTTs
WF	= assessed effect

7. DAFTAR PUSTAKA

- Bell, J. and Holroyd, J. (2009). Review Of Human Reliability Assessment
Center for Chemical Process Safety. (2008). Guideline for Hazard Identification Techniques, American Institute of Chemical Engineers, New York.
- Crowl Daniel A, Louver Joseph F. (2002). Chemical Process Safety. United State
- Ericson A. Clifton. (2005). Hazard Analysis Techniques for System Safety. Frederiburg, Virginia. A John wiley & Sons, Inc., Publication.
- Metro24.co.id. Dikira, Gempa Bumi, Ledakan Mesin Boiler PT AGI Hebohkan Warga (Kalimantan). 27 Juli 2015. URL: <http://metro24.co.id/dikira-gempa-bumi-ledakan-mesin-boiler-pt-agi-hebohkan-warga/html>.
- OECD-NEA. (1985). Expert Judgment of Human Reliability.
- Okezone.com. Korban Ledakan Boiler Alami Luka Bakar 80-90 Persen. 15 September 2013. (Magetan) URL: <http://news.okezone.com/read/2013/09/15/521866389/korban-ledkan-boiler-alami-luka-bakar-80-90-persen/html>.
- Satria, Bayu, Djauhar Manfaat. (2012). Aplikasi Safety Assessment untuk Penilaian Risiko Kecelakaan pada Helipad FSO: Studi Kasus FSO Kakap Natuna. Jurnal Teknik Pomits 1(1):1-6
- Setyasa, Candima. (2016). Identifikasi Bahaya pada Mesin Hammer Mill dan Boiler Batubara pada PT. Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang. Tugas Akhir. Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Sharma, Pilavi., Dr. Alok Singh. (2015). Overview of Fault Tree Analysis. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) 4(3):337-340

Halaman ini sengaja dikosongkan

Wireless Sensor Network Berbasis Protokol UDP untuk Monitoring pH dan Suhu Kolam Ikan Air Tawar

Binti Muallifatul R^{1*}, Yuning Widiarti²

^{1,2}Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya 60111

* binti.muallifatul@gmail.com

Abstrak

Sistem monitoring kualitas air kolam yang efektif dan efisien sangat diperlukan dalam pengelolaan ikan air tawar untuk meningkatkan kualitas panen. Pengukuran nilai parameter kualitas air dengan cara manual yang dilakukan selama ini tidak efektif dan rawan terhadap kesalahan. Penelitian tentang sistem monitoring kualitas air telah banyak dilakukan diantaranya dengan wireless sensor network. Pada paper ini peneliti mengusulkan sebuah sistem *wireless sensor network* berbasis protokol UDP yang mampu untuk menyajikan data secara *realtime* dan akurat. Sistem ini terdiri dari: mikrokontroler Arduino, satu set sensor parameter suhu dan pH, smartphone android, dan perangkat jaringan. Parameter kualitas air yang terukur oleh unit sensor dan diatur oleh mikrokontroler Arduino akan terkirim datanya ke Datacenter melalui modul jaringan. Data yang dihasilkan dapat diakses oleh user dengan mudah melalui jaringan internet. Dengan sistem monitoring ini data yang dihasilkan lebih akurat, cepat dan lebih murah.

Kata kunci: WSN, protokol UDP, sistem monitoring, pH dan suhu

1. PENDAHULUAN

Kualitas air menjadi bagian yang sangat penting dan berpengaruh bagi kelangsungan hidup ikan air tawar. Lingkungan kolam tempat budidaya ikan yang tidak standar dapat menjadi salah satu faktor penyebab menurunnya kualitas hasil panen. Maka dari itu kualitas air menjadi sangat penting agar ikan tetap dalam kondisi yang standar. Parameter penting yang harus diperhatikan pada kandungan air pada kolam ikan air tawar diantaranya adalah suhu dan pH. Pada penelitian ini observasi dilakukan pada kolam ikan nila dimana kedua parameter tersebut sangat berpengaruh pada kualitas hasil panen (www.ujikadarair.com, 2016). Sementara itu, penentuan nilai pH dan suhu biasanya dilakukan dengan cara pengukuran secara manual dan berkala oleh operator menggunakan pH meter, yang tentunya sangat rawan terhadap terjadinya kesalahan informasi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penggunaan sistem sensor dan telemetri merupakan sebuah pilihan yang menarik. Sebagaimana telah banyak diterapkan dalam berbagai aplikasi sistem sensor (*wireless sensor network*) dan telemetri memungkinkan informasi yang diperoleh sensor dari lokasi yang jauh (*remote*), diketahui secara langsung (*real time*), dan kontinu dari lokasi yang lain, ditambah dengan kemampuan *data logger* dalam menyimpan data untuk kurun waktu yang lama maka informasi kualitas air yang dikumpulkan dapat digunakan sebagai bahan studi pengembangan teknik budi daya ikan air tawar di masa yang akan datang.

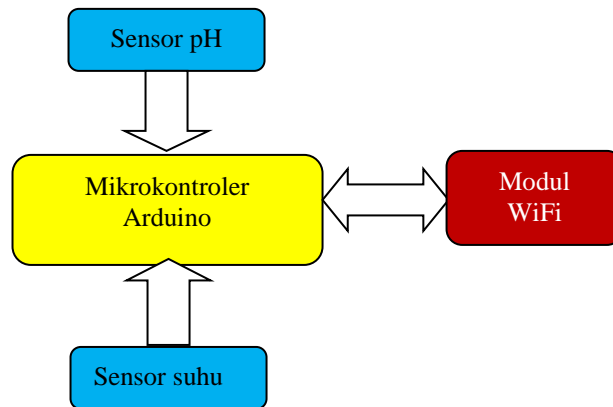
Selama beberapa tahun terakhir, *Wireless Sensor Network* (WSN) telah banyak menerima perhatian baik di bidang lingkungan, industri monitoring maupun aplikasi pengendalian. WSN juga memberikan keuntungan yang banyak dari segi pembiayaan maupun kecerdasan terdistribusi. Di lain pihak biaya instalasi dan pemeliharaan berkurang karena penggunaan perangkat murah yang tidak memerlukan kabel, hal inilah yang merupakan alasan mengapa teknologi WSN telah menarik perhatian dan berkembang pesat di kalangan akademisi dan industri. Teknologi ini dapat benar-benar diterapkan dalam monitoring dan evaluasi kualitas air kolam ikan air tawar.

Telah banyak sistem monitoring yang diaplikasikan dengan banyak parameter, seperti pada format GIS (geographic information system) yang sering digunakan untuk laporan pengarsipan, pemetaan, dan visualisasi data. Dibandingkan dengan GIS, sistem monitoring *realtime* lebih sederhana dalam hal ukuran, biaya, kehandalan dan kerumitan (Auster, 1997; Curtin, Crimmins, Curcio, Benjamin, & Roper, 2005). Biasanya GIS diaplikasikan pada danau yang luas, reservoir, laut, dan area yang terbuka (Atkinson & Mabe, 2006; Biddanda *et al.*, 2006; Ruberg *et al.*, 2005; Yu, Dickey, Bellingham, Manov, & Streitlien, 2002). Sedangkan sistem monitoring *realtime* dengan efektivitas, kesederhanaan, dan reliabilitas yang dimiliki dapat mengatasi keterbatasan tersebut (Casper *et al.* 2007, 2009; Hains & Kennedy, 2002; Hall *et al.* 2007; Moline *et al.*, 2005).

Pada penelitian ini diusulkan sebuah sistem monitoring *realtime* dengan WSN berbasis protokol UDP untuk pemantauan kualitas air kolam. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler Arduino, satu set sensor parameter suhu dan pH, smartphone android, dan perangkat jaringan. Sistem yang diusulkan menyajikan visualisasi data dari sensor yang secara mudah dapat digunakan oleh pengguna tanpa menginstal perangkat lunak tertentu. Arduino akan mengirim data suhu dan pH secara periodik ke *datacenter* (server) melalui modul jaringannya yaitu Ethernet Shield. Prototipe ini sesuai digunakan untuk lingkungan *outdoor* dan dapat digunakan dalam jangka panjang.

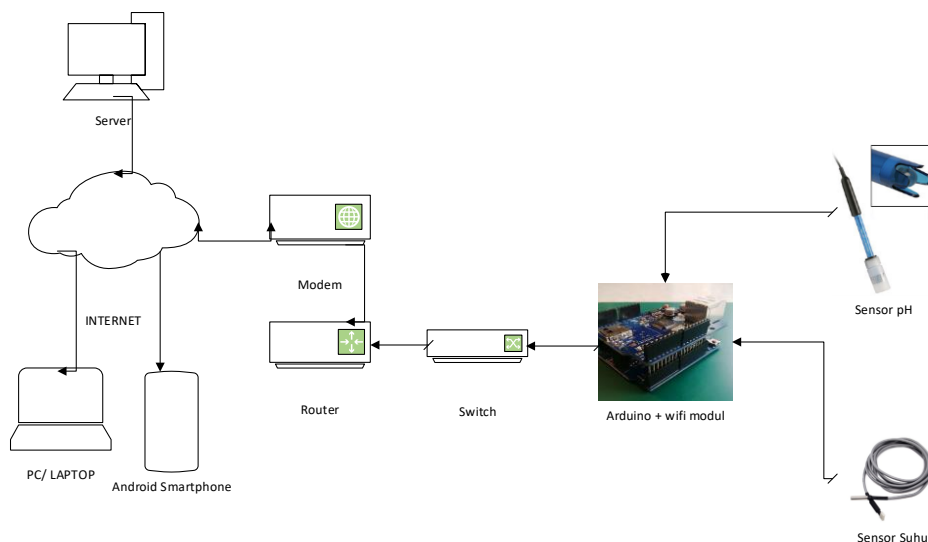
2. METODOLOGI

Pendekatan secara sistematis diperlukan dalam perancangan sistem monitoring dengan WSN ini. Terdapat dua parameter yang digunakan untuk memonitor kualitas air kolam yaitu pH dan suhu. Sensor pH, sensor suhu, mikrokontroler Arduino dan modul WiFi yang merupakan komponen *sensor node* dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor Node

Desain WSN untuk sistem monitoring suhu dan pH di lokasi penginderaan dan pelaporan data yang diusulkan pada penelitian ini dikembangkan sebagai salah satu sarana untuk peningkatan pengelolaan perikanan air tawar. Sistem pada penelitian ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu: 1) satu set perangkat sensor parameter suhu dan pH yang terdiri dari mikrokontroler Arduino dan sensor unit, 2) modul komunikasi yang menghubungkan perangkat sensor dan *smartphone* 3) aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan platform android, dan 4) Data Center.



Gambar 2. Arsitektur Sistem

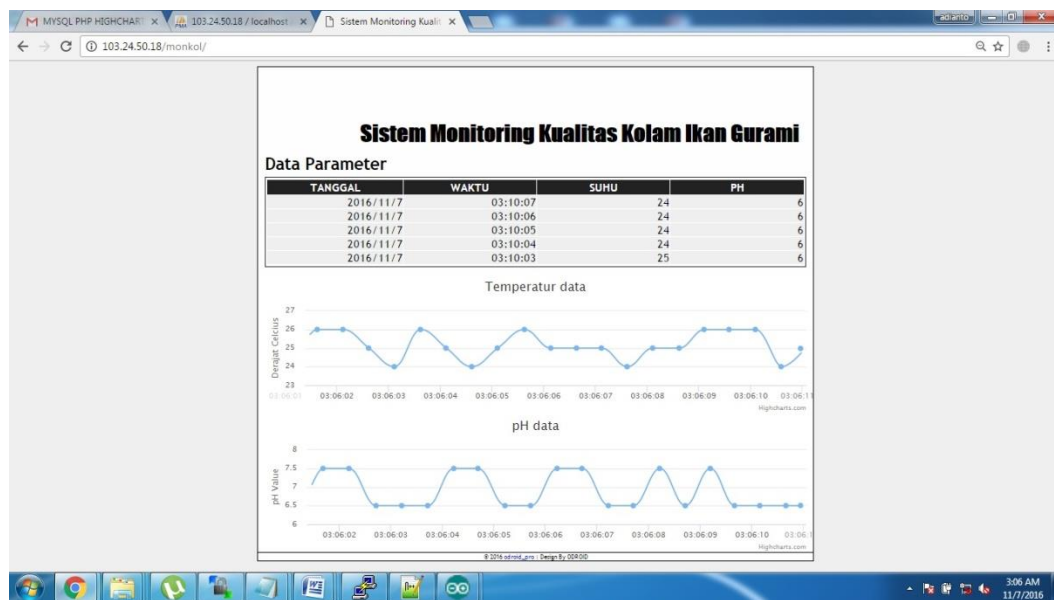
Blok sistem WSN berbasis UDP Protokol untuk monitoring suhu dan pH pada kolam ikan air tawar seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Cara kerjanya dimulai dari sensor suhu dan sensor pH yang digunakan untuk mengukur suhu dan pH secara kontinyu. Pengaturannya telah diatur pada mikrokontroler Arduino yang dilengkapi dengan modul wifi ESP8266 sebagai sarana komunikasi data dengan perangkat jaringan. Arduino selanjutnya mengirim data suhu dan pH ke *Data Center* (server) melalui modul wifi ESP8266. Dalam komunikasi data diperlukan perangkat jaringan berupa switch dan router. Switch digunakan untuk menerima data dan mengirimkannya kembali ke tujuan sesuai IP yang telah diatur pada Mikrokontroler. Data yang masuk ke router disiapkan untuk dikirim ke *Data Center* melalui jaringan internet. Selanjutnya, data akan ditampilkan secara *real*

time dengan tampilan web serta disimpan dalam database. Data suhu dan pH tersebut dapat diakses melalui aplikasi pada smartphone android dan dapat diakses menggunakan personal computer (PC) dengan menggunakan *browser*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

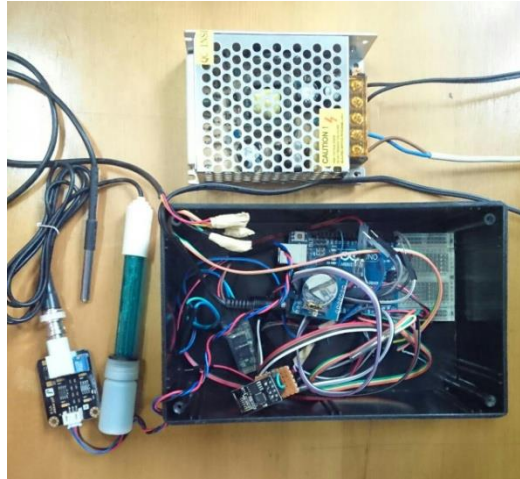
Dari penelitian ini peneliti telah menyelesaikan pembangunan sistem monitoring pH dan suhu pada kolam air tawar. Bagian dari sistem yang akan dibangun yaitu :

- a. Pembuatan datacenter yang digunakan untuk *log record* dari Sistem Monitoring Kualitas Kolam Ikan Air Tawar yang pekerjaannya meliputi:
 - Instalasi Server dengan menggunakan Linux Ubuntu Server 14.04
 - Pengaturan net / jaringan pada network interface
 - Instalasi dan pengaturan web server dengan menggunakan perangkat lunak Nginx
 - Instalasi dan pengaturan database server dengan menggunakan perangkat lunak MySQL
 - Instalasi dan pengaturan phpmyadmin yang digunakan sebagai panel pengaturan database MySQL
 - Instalasi dan pembuatan perangkat lunak yang dipakai sebagai aplikasi server dengan menggunakan Node Js
 - Instalasi dan pembuatan perangkat lunak yang dipakai sebagai interface secara online dan dapat diakses dari berbagai tempat dengan menggunakan jaringan internet dengan menggunakan perangkat lunak pengembang berupa PHP, HTML, JQuery AJAX
 - Alamat datacenter yang dapat diakses ada di <http://103.24.50.18/monkol/>



Gambar 3. Sistem Monitoring Kualitas Kolam Ikan Air Tawar

- b. Pembuatan perangkat keras / hardware sebagai pengambil data informasi pH dan suhu kolam dan melakukan pengiriman data informasi ke datacenter.



Gambar 4. Perangkat Keras atau Hardware Sistem Monitoring Kualitas Kolam Ikan Air Tawar

Perangkat keras ini terdiri dari :

1. Mikrokontroler Arduino
2. Modul Wifi ESP8266
3. Modul Sensor Suhu Ds18b20 Waterproof Probe Sensor Ds 18b20
4. Analog pH sensor - ph Meter Kit DFrobot
5. Modul RTC DS1307
6. Battery/ Power Supply

Pengujian pengujian yang dilakukan adalah pengujian sensor dimana sensor suhu memiliki keakuratan hasil pengukuran yang bagus. Kalibrasi sensor suhu ini tidak dilakukan karena saat pengujian menghasilkan nilai suhu relative sama dengan thermometer. Pengujian selanjutnya adalah pengujian yang dilakukan pada sensor pH. Pada sensor pH nilai yang didapatkan cenderung cepat berubah, namun perubahan nilainya tidak besar, sehingga diperlukan pengambilan beberapa data yang hasilnya kemudian dibuat rata-rata nilainya. Dari hasil pengambilan tersebut setelah dibandingkan dengan peralatan pengukur pH didapatkan hasil yang relative sama dengan perangkat pengukuran pH.

Pengujian berikutnya yaitu pengujian komunikasi data melalui internet dengan menggunakan protokol TCP (Transmission Control Protocol), dimana protokol ini memiliki sifat connection oriented yang artinya komunikasi data akan berlangsung jika kondisi atau status jaringan memang terkoneksi dengan benar dan data yang diterima oleh masing-masing client server juga benar. Pada saat menggunakan protokol TCP ini peneliti telah mencoba menggunakan berbagai jenis layanan internet dari beberapa operator, namun pada system ini tidak berhasil mengirimkan data jika menggunakan layanan internet selain provider yang sama dengan provider datacenter yang dipergunakan. Selain itu protokol ini hanya dapat mengirimkan data ke datacenter jika menggunakan layanan internet 4G atau melalui jaringan LTE. Hal ini disebabkan kemungkinan karena adanya regulasi dari operator yang digunakan, yang mengatur komunikasi data dari penggunaannya,

Pengujian selanjutnya peneliti menggunakan protokol UDP (User Datagram Protocol) dan dikombinasikan dengan susunan algoritma pengiriman data. Hal ini dilakukan karena protokol UDP adalah protokol yang bersifat connectionless yang artinya protokol ini tidak memperhatikan status komunikasi data dari jaringan maupun dari data yang dikirim dan diterima. Pada pengujian ditambahkan algoritma penerimaan data oleh datacenter, dimana jika data telah berhasil diterima datacenter maka datacenter juga akan memberikan pemberitahuan ke pengirim jika data yang dikirimkan telah berhasil diterima. Pada penggunaan protokol UDP ini pengiriman data berhasil dilakukan, baik menggunakan berbagai layanan internet dari beberapa provider juga berbagai jenis layanan jaringan internet.

Sistem monitoring kolam air tawar ini ditampilkan secara *real time* tanpa adanya proses refresh dengan tampilan web serta disimpan dalam database. Data suhu dan pH tersebut dapat diakses melalui aplikasi pada smartphone android dan dapat diakses menggunakan personal computer (PC) dengan menggunakan *browser*.

4. KESIMPULAN

Pembuatan WSN untuk sistem monitoring pH dan suhu kolam ikan air tawar dengan menggunakan teknologi *open source* Arduino telah terbukti berhasil mendapatkan pengukuran yang akurat dan *realtime*. Proses penyimpanan data dari smartphone android ke datacenter efektif dilakukan dengan menggunakan program database server MySQL. Pemilihan jenis komunikasi data harus memperhatikan kecepatan dan keakurasian data yang diperoleh, dimana pada penelitian ini peneliti memilih menggunakan socket dengan protokol UDP sebagai media pengiriman data dan menggunakan protokol http yang implementasinya dengan menggunakan PHP, JQuery dan AJAX dengan tujuan dapat memonitor dengan cepat data yang telah diperoleh dalam database MySQL tanpa loading data yang lama.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang telah memberikan pendanaan dalam pelaksanaan program penelitian DIPA Tahun 2016, Masyarakat Desa Kaliwungu, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung yang telah banyak memberikan dukungan sarana dan prasarana.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Auster, P. J. (1997). ROV technologies and utilization by the science community. *Marine Technology Society Journal*, 31(3), 72e76.
- Atkinson, S. F., & Mabe, J. A. (2006). Near real-time monitoring and mapping of specific conductivity levels across Lake Texoma, USA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 120(1e3), 449e460.
- Biddanda, B. A., Coleman, D. F., Johengen, T. H., Ruberg, S. A., Meadows, G. A., Van Sumeren, H.W., *et al.* (2006). Exploration of a submerged sinkhole ecosystem in Lake Huron. *Ecosystems*, 9(5), 828e842.
- Casper, A. F., Steimle, E. T., Hall, M. L., & Dixon, B. (2009). Combined GIS and ROV technologies improve characterization of water quality in Coastal Rivers of the Gulf of Mexico. In *Proceedings of the marine technology Society/IEEE-ocean engineering society conference*, Vol. 1e3 (pp. 2555e2563). Biloxi, MS:OCEANS-IEEE, Biloxi, MS.OCT 26e29, 2009.
- Uji Kadar Air, 2016., *Parameter Kualitas Air Kolam Ikan*
Available at: <http://www.ujikadarair.com/parameter-kualitas-air-kolam-ikan.html> [Diakses pada tanggal 6 Nopember 2016]

Halaman ini sengaja dikosongkan

Optimasi Energi pada Motor Induksi 3 Fasa dalam Memproduksi Kebutuhan Air (Studi Kasus di PDAM Karang Pilang Surabaya)

Galih Anindita^{1*}, Edy Setiawan², Achmad Syahid³

¹Prodi Teknik K3, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, PPNS, Surabaya 60111

²Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*edypolieknik@gmail.com

Abstrak

Pemenuhan kebutuhan air oleh PDAM selalu diimbangi dengan biaya operasional. Air dikumpulkan, disimpan, diolah dan didistribusikan dengan menggunakan pompa. Penggunaan motor sebagai penggerak pompa tanpa adanya kontrol akan menyebabkan pembengkakan biaya operasional produksi. Penggunaan kecepatan variabel pada motor induksi 3 fasa sebagai penggerak pompa air dalam produksi kebutuhan kapasitas air, akan lebih menghemat penggunaan daya listrik. Sebagai solusi alternatif maka dengan ini penulis mengajukan penelitian dengan judul “Optimasi Energi pada Motor Induksi 3 Fasa dalam Memproduksi Kebutuhan Air (Studi Kasus di PDAM Karang Pilang Surabaya)”. Solusi ini diharapkan perusahaan dapat memprediksi antara kebutuhan kapasitas air, putaran dengan kecepatan variabel pada motor induksi dan konsumsi daya yang digunakan, dengan solusi alternatif ini perusahaan juga dapat memprediksi antara pengeluaran dan pemasukan selama pengolahan dalam memenuhi kebutuhan air. Dari hasil penelitian dan analisa hitungan yang sudah dilakukan didapatkan bahwa kebutuhan Kapasitas rata-rata Aliran air yang dibutuhkan setiap harinya antara 400 lt/det s/d 450 lt/det, pengaturan kecepatan motor pada *Variable speed Drive* diatur pada frekuensi antara 40 Hz s/d 45 Hz sehingga penghematan yang didapat dari biaya operasional yang dikeluarkan setiap bulannya sebesar antara 212.290.560,- s/d 382.279.680,-

Kata kunci: *Optimasi Energi, Slip Motor, Variable Speed Control, Frekuensi Inverting*

1. PENDAHULUAN

Motor induksi 3 fasa adalah jenis motor yang banyak digunakan di industri pada umumnya. Adapun kelebihan motor induksi adalah konstruksi kokoh, harga murah dan perawatan yang mudah. Umumnya motor induksi digunakan untuk memutar beban dengan kecepatan konstan. Apabila terjadi perubahan beban, akan terjadi perubahan kecepatan, untuk itu kecepatan harus dikendalikan dengan mengatur frekuensi.

Pemenuhan kebutuhan air selalu diimbangi dengan biaya operasional. Air dikumpulkan, disimpan, diolah dan didistribusikan dengan menggunakan pompa. Penggunaan motor sebagai penggerak pompa tanpa adanya kontrol akan menyebabkan membengkaknya biaya operasional produksi. Penggunaan kecepatan variabel pada motor induksi tiga fasa sebagai penggerak pompa air dalam produksi kebutuhan kapasitas air, akan lebih menghemat penggunaan daya listrik.

Untuk itu dilakukan penelitian “Optimasi Energi pada Motor Induksi 3 Fase dalam Memproduksi Kebutuhan Air dengan Studi Kasus di PDAM Karang Pilang Surabaya”.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mathematical analysis* dan adapun langkah-langkah digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Analisa kebutuhan
Peneliti melakukan analisa awal dan melihat adanya kebutuhan untuk dilakukannya suatu kajian. Dari analisa awal, yang dilakukan di PDAM Karang pilang Surabaya seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, peneliti menemukan suatu kebutuhan bagaimana supaya bisa menekan biaya operasional dalam pengolahan kebutuhan air.
2. Studi literatur
Mempelajari teori – teori dasar dan peralatan yang berhubungan dalam pengolahan air oleh PDAM.
3. Studi lapangan dan Pengumpulan data
Melakukan secara langsung dan wawancara mengenai peralatan dalam pengolahan air, terutama mengenai motor penggerak pompa, penggunaan daya, kapasitas air yang dihasilkan dan biaya operasional ataupun hal-hal lain
4. Analisa Optimasi

Secara garis besar analisa optimasi disini adalah bagaimana malakukan optimasi penggunaan daya dengan melakukan analisa pada kapasitas rata-rata aliran air pada pompa, frekuensi variabel yang diberikan pada VSD dan daya operasional motor penggerak pompa.

5. Pengolahan Data
Melakukan pengolahan data yang didapat baik saat pengukuran dilapangan maupun dari literatur.
6. Kesimpulan
Kesimpulan dilakukan setelah mendapatkan hasil penelitian dan sudah dilakukan pembahasan. Selanjutnya peneliti dapat memberikan saran-saran untuk penelitian selanjutnya sebagai tindak lanjut dari kesimpulan yang didapat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kapasitas aliran air Q rata-rata.

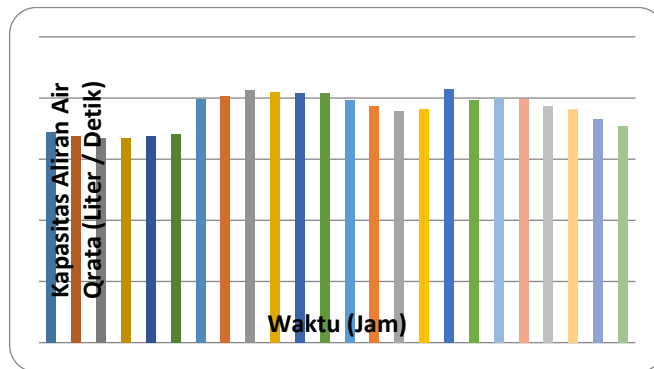
Berdasarkan data-data besarnya kapasitas aliran air setiap hari setiap jam selama seminggu, dari 6 (enam) unit pompa air yang ada dioperasikan 4 (empat) unit pompa air yaitu pompa air 1, 3, 4, 6, sedangkan 2 (dua) unit pompa air lainnya sebagai cadangan yaitu pompa air 2, dan pompa air 5, maka dapat dihitung besarnya kapasitas aliran air rata-rata dari 4 (empat) unit pompa air yang beroperasi per jam per hari dengan rumus seperti berikut:

$$Q_{rata} = \frac{Q_1 + Q_2 + + Q_n}{n}$$

dimana:

- Q_{rata} :Kapasitas aliran air rata-rata per jam (liter/detik)
- Q_1, Q_2, \dots, Q_n :Kapasitas aliran air pada jam 1,2,3,.....,n (liter/detik)

Dari data didapat, Kapasitas aliran air Q_{rata} (Liter/detik) dari **4 pompa yang beroperasi setiap hari setiap jam selama seminggu**, ditunjukkan pada gambar di bawah:



Gambar 1. Kapasitas Aliran Air Q_{rata} (Liter/det)

Berdasar data diatas dapat diketahui Kapasitas rata – rata Aliran air setiap harinya (Q_{rata} (Liter/detik)) sebesar 1758,6 lt/det untuk 4 pompa bekerja. Setiap pompa Kapasitas rata – rata Aliran yang dibutuhkan sebesar 439,7 lt/det.

Sedangkan untuk besar kuat arus listrik rata-rata setiap jam dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$I_{rata} = \frac{I_1 + I_2 + + I_n}{n}$$

Dimana :

- I_{rata} : Kuat arus listrik rata-rata per jam (Amp)
- I_1, I_2, \dots, I_n :Kuat arus listrik pada jam 1,2,3,.....,n (Amp)

Dari data diperoleh besarnya aliran Arus Listrik rata-rata per jam per hari **untuk setiap unit pompa yang beroperasi**, sebagai berikut:

Tabel 1. Besarnya Kuat arus listrik rata-rata (Ampere)

Jam	Kuat Arus Listrik rata-rata I_{rata} (Ampere)
00.00	41,80
01.00	41,80
02.00	41,80
03.00	41,80
04.00	41,80
05.00	41,80
06.00	44,00
07.00	44,00
08.00	44,00
09.00	44,00
10.00	44,00
11.00	44,00
12.00	43,50
13.00	43,50
14.00	43,50
15.00	43,50
16.00	44,00
17.00	44,00
18.00	44,47
19.00	44,47
20.00	44,47
21.00	44,00
22.00	44,00
23.00	43,00
Kuat Arus rata-rata (/hari)	43,38

3.2 Konsumsi Daya Motor Induksi Tiga Fasa Penggerak Pompa Air.

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa dari 6 (enam) unit pompa air yang ada, dioperasikan 4 (empat) unit, sehingga besarnya konsumsi daya listrik maksimum adalah:

$$P_{mak} = 4 \times 400 \text{ kW} = 1.600 \text{ kW}.$$

Besarnya biaya konsumsi daya berdasarkan Tarif Dasar listrik untuk keperluan industri yang ditetapkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah Rp. 680,- per kWh dihitung pada waktu diluar beban puncak, sehingga besarnya biaya konsumsi daya maksimum yang harus dibayar dapat dihitung seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Biaya maksimum per jam} &= 4 \times 400 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \times \text{Rp. } 680,- &&= \text{Rp. } 1.088.000,- \\ \text{Biaya maksimum per hari} &= 4 \times 400 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \times \text{Rp. } 680,- \times 24 &&= \text{Rp. } 26.112.000,- \\ \text{Biaya maksimum per bulan} &= 4 \times 400 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \times \text{Rp. } 680,- \times 24 \times 30 &&= \text{Rp. } 783.360.000,- \end{aligned}$$

3.3 VSD (*Variable Speed Drive*)

Prinsip kerja VSD (*Variable Speed Drive*) adalah mengubah *input* motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Fungsi VSD (*Variable Speed Drive*) adalah untuk mengubah kecepatan motor AC dengan cara mengubah Frekuensi Outputnya.

Analisa Perhitungan Kecepatan Motor Penggerak Pompa n_r (rpm), Q_x (Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det)), P_x (Daya motor operasional (KW))

Dengan persamaan :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Rugi daya motor dapat dihitung:

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot I} \\ \cos \varphi &= \frac{400.000}{(1,73) \cdot 6000 \cdot (43,38)} \end{aligned}$$

$$\cos \varphi = \frac{400.000}{450284,4}$$

$$\cos \varphi = 0,89$$

Dimana :

P = daya (watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

$\cos \varphi$ = rugi daya

Dengan persamaan:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

kecepatan sinkron motor;

$$n_s = \frac{120 \cdot 50}{6}$$

$$n_s = 1000 \text{ rpm}$$

Kecepatan sinkron motor adalah 1000 rpm

Dengan persamaan:

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

Maka slip motor;

$$s = \frac{1000 - 994}{1000}$$

$$s = \frac{6}{1000}$$

$$s = 0,006$$

$$s = 0,006 \times 100 \%$$

$$s = 0,6 \%$$

Pengaturan frekuensi dengan inverter/VSD (*Variable Speed Drive*) dan menghasilkan kecepatan motor sebagai berikut ;

- Pada pengaturan frekuensi 45 Hz

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$$n_s = \frac{120 \cdot 45}{6}$$

$$n_s = 900 \text{ rpm}$$

- Jika nilai $n_s = 900 \text{ rpm}$ maka, nilai n_r adalah;

$$n_r = n_s - (s \cdot n_s)$$

$$n_r = 900 - (0,006 \times 900)$$

$$n_r = 900 - 5$$

$$n_r = 895 \text{ rpm}$$

Jika frekuensi diatur sebesar 45 Hz maka, kecepatan motor tersebut adalah 895 rpm.

Secara keseluruhan dari hasil perhitungan didapatkan hubungan antara Frekuensi_{inv} (F_{inv}) dan Kecepatan motor (n_r) dengan slip motor (s) =0.6% seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 2. Hubungan antara F_{inv} dengan n_r

No	Frekuensi _{inv} (F _{inv}) (Hz)	Kecepatan motor (n _r) (rpm)	Slip motor (s)
1	45	895	0.006
2	40	795	
3	35	696	
4	30	596	
5	25	497	
6	20	398	
7	15	298	
8	10	199	

Berdasar data Kecepatan motor (n_r) (yang merupakan putaran operasional motor pompa) maka dapat dihitung kapasitas aliran air operasional(Lt/det).

Kapasitas aliran air operasional dapat dirumuskan sbb:

$$Q_x = \frac{n_x}{n} \times Q$$

Dimana :

- Q_x = Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det)
- Q = Kapasitas aliran air nominal pompa (Lt/det)
- n_x = Putaran operasional pompa (rpm)
- n = Putaran nominal pompa (rpm)

Untuk daya motor operasional dapat dihitung sesuai dengan pengaturan Frekuensi_{inv} (F_{inv})(Hz).

Daya motor operasional dapat dirumuskan:

$$P_x = \left(\frac{F_{inv}}{F_s} \right)^3 \times P$$

Dimana :

- P_x = Daya motor operasional (KW)
- P = Daya motor nominal (KW)
- F_{inv} = Frekuensi inverter (Hz)
- F_s = Frekuensi Nominal (Hz)

Dari hasil perhitungan didapatkan hubungan antara Frekuensi_{inv} (F_{inv}) , Q_x (Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det)) , dan P_x(Daya motor operasional (KW)) yang ditabelkan seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini.

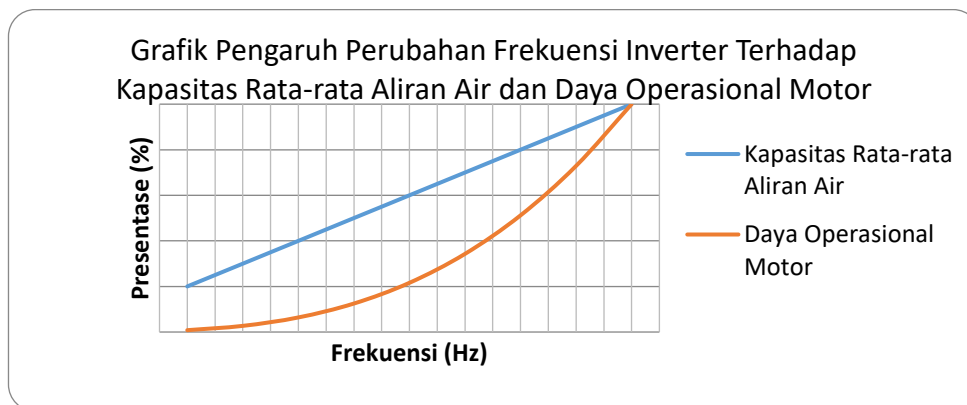
Tabel 3. Hubungan antara F_{inv} , Q_x , dan P_x

No	Frekuensi _{inv} (F _{inv}) (Hz)	Q _x (Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det))	P _x (Daya motor operasional (KW))
1	45	450	291.6
2	40	400	204.8
3	35	350	137.2
4	30	300	86.4
5	25	250	50
6	20	200	25.6
7	15	150	10.8
8	10	100	3.2

(catatan: hasil perhitungan tabel diatas adalah perhitungan untuk 1 pompa)

Tabel 4. Hubungan antara F_{inv} , Q_x , dan P_x dalam (%)

Frekuensi Inv (Hz)	Q_x (Kapasitas Rata-rata Aliran Air (Lt/det))	P_x (Daya Motor Operasional (KW))	Q_x (Kapasitas Rata-rata Aliran Air(%))	P_x (Daya Motor Operasional (%))
10	100	3.2	20	0.8
15	150	10.8	30	2.7
20	200	25.6	40	6.4
25	250	50	50	12.5
30	300	86.4	60	21.6
35	350	137.2	70	34.3
40	400	204.8	80	51.2
45	450	291.6	90	72.9
50	500	400	100	100



Gambar 2. Grafik Pengaruh Perubahan Frekuensi Inverter Terhadap Kapasitas Rata-rata Aliran Air dan Daya Operasional Motor Dalam Presentase%

Berdasarkan data analisa sebelumnya didapatkan bahwa kebutuhan kapasitas rata – rata aliran air yang dibutuhkan setiap harinya adalah 439.6 lt/dt untuk setiap pompa, dan berdasar Tabel diatas kebutuhan tersebut berada antara 400 lt/det atau 80% s/d 450 lt/det atau 90% , artinya pengaturan kecepatan motor dengan menggunakan *Variable Speed Drive* diatur pada frekuensi antara 40 Hz s/d 45 Hz sehingga daya yang dibutuhkan untuk setiap pompanya bekerja adalah sebesar antara 204,8 KW atau 51.2% s/d 291,6 KW atau 72.9%.

Besarnya biaya konsumsi daya berdasarkan Tarif Dasar listrik untuk keperluan industri yang ditetapkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah Rp. 680,- per kWh dihitung pada waktu diluar beban puncak, sehingga besarnya biaya konsumsi daya maksimum yang harus dibayar setelah menggunakan pengaturan frekuensi pada *Variable Speed Drive* untuk pengaturan kecepatan motor, dapat dihitung seperti berikut ini:

Jika frekuensi pada VSD diatur pada nilai 45 Hz, daya yang dibutuhkan untuk setiap pompa bekerja adalah 291,6 KW atau 72.9%. (Dalam penerapannya ada 6 pompa, 4 bekerja dan 2 cadangan).

Biaya maksimum per jam = 4 x 291,6 kW x 1 jam x Rp. 680,- = Rp. 793.152,-
 Biaya maksimum per hari = 4 x 291,6 kW x 1 jam x Rp. 680,- x 24 = Rp.19.035.648,-
 Biaya maksimum per bulan = 4 x 291,6 kW x 1jam x Rp. 680,- x 24x 30 = Rp.571.069.440,-

Tabel 4. Penghematan biaya operasional pompa sebelum penggunaan VSD dan sesudah penggunaan VSD

	Frekuensi, F_{inv} (Hz)	Q_x (Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det))	P_x (Daya motor operasional (KW))	Besarnya konsumsi daya yang harus dibayar setiap bulannya (IDR)	
Sebelum penggunaan VSD	50	500	400	783.360.000,-	783.360.000,-
Setelah penggunaan VSD	45	450	291.6	571.069.440,-	
	40	400	204.8		401.080.320,-
Penghematan				212.290.560,-	382.279.680,-

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian data, pengolahan data dan analisa pengujian Optimasi Energi pada Motor Induksi 3 Fasa dalam Memproduksi Kebutuhan Air (Studi Kasus di PDAM Karang Pilang Surabaya), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan kapasitas rata – rata aliran air yang dibutuhkan setiap harinya adalah 439.6 lt/dt untuk setiap pompa.
2. Kebutuhan tersebut berada antara 400 lt/det s/d 450 lt/det , artinya pengaturan kecepatan motor dengan menggunakan *Variable Speed Drive* diatur pada frekuensi antara 40 Hz s/d 45 Hz sehingga daya yang dibutuhkan untuk setiap pompanya bekerja adalah sebesar antara 204,8 KW s/d 291,6 KW.
3. Penghematan yang didapat dengan pengaturan kecepatan motor menggunakan *Variable Speed Drive* pada 4 pompa yang bekerja adalah antara 212.290.560,- s/d 382.279.680,-.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak lupa kami juga mengucapkan banyak terima kasih kepada KemenRistek Dikti, Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, PDAM Karangpilang Surabaya dan pihak-pihak terkait lainnya yang tidak bisa kami sebutkan disini yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Semoga hasil penelitian yang kami tuangkan didalam publikasi ini bermanfaat baik bagi industri maupun pendidikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Claus B. Rasmussen, Ewen Ritchie, Antero Arkkio., 1997, "*Variable Speed Induction Motor Drive for Household Refrigerator Compressors*", 9220 Aalborg East, Denmark, 02150 Espoo, Finland., IEEE Catalog Number: 97TH8280
- Harun, Nadjamuddin., 2011, "Optimasi Sistem Tenaga Listrik Metode *Fuzzy Logic*", Buku Ajar, Universitas Hasanuddin, Makasar
- Syahid, Achmad., 2011, "Optimasi Konsumsi Daya Multi Motor Induksi 3 Fasa Penggerak Pompa Air Menggunakan Algoritma Genetika", Seminar nasional Pasca Sarjana, ITS
- Setiawan, Edy., 2013, "*Rancang Bangun Kebutuhan Jam dalam Optimasi Produksi dengan Sistem Inferens Fuzzy Metode Tsukamoto*", Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- Syarif H, Achmad., Setiawan, Edy., 2014, "Analisa Trouble Shooting Filling Mesin Produk Cair di PT. Petro Kimia Kayaku" Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analisa Performansi dan Opasitas Mesin Diesel *Bi-Fuel System* Solar-LPG Untuk Mesin Diesel Silinder Tunggal

George Endri Kusuma^{1*}, Mardi Santoso²

^{1,2}Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

* kusuma.george@ppns.ac.id

Abstrak

Kajian teknis sistem penggunaan dua jenis bahan bakar yaitu Solar + *Liquied Petroleum Gas* (LPG) dan efeknya terhadap emisi dan opasitas gas buang pada mesin diesel single silinder sangat penting untuk mengetahui besarnya keuntungan secara teknis pengoperasiannya dilakukan pada penelitian ini. Obyek penelitian difokuskan pada mesin diesel single silinder berdaya 8 PK yang umum digunakan sebagai mesin penggerak kapal kecil nelayan. Penelitian dengan dilakukan dengan melakukan perbaikan modifikasi pada sistem bahan bakar dengan menginjeksikan massa LPG pada air manifold untuk memberikan nilai LHV campuran bahan bakar Solar-LPG lebih tinggi pada ruang bakar. Variasi bukaan plunyer tetap pada 0.25, 0.5, 0.75 dan 1 dengan pembebanan torsi tetap 2 kg.m dengan metode pengereman *ponybrake* digunakan untuk mendapatkan nilai performansi dari mesin meliputi RPM, torsi, konsumsi bahan bakar dan AFR untuk mendapatkan nilai *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC). Hasil analisa data dari pengoperasian mesin Bi-fuel system didapatkan penurunan nilai BSFC rata-rata pada semua variasi bukaan plunyer sebesar 24.5% dan penurunan emisi dan opasitas pada gas buang. Pengujian opasitas penggunaan sistem bi-fuel solar-LPG untuk mengetahui efek emisi gas buang pada hasil pembakaran memberikan penurunan nilai opasitas gas buang sebesar rata-rata pada semua mode pengoperasian sebesar 68%.

Kata kunci: *bi-fuel system, LPG, BSFC, diesel, single silinder, opasitas*

1. PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan pilihan utama sebagai mesin penggerak utama di kapal maupun transportasi darat disebabkan kelebihanannya dibandingkan dengan sistem penggerak yang lain seperti gas turbine, mesin otto, maupun steam turbine. Kelebihan mesin penggerak diesel antara lain efisiensi pembakaran yang lebih tinggi, desain mesin diesel relatif kompak sesuai dengan keterbatasan ruang mesin penggerak jika diaplikasikan pada kapal nelayan sehingga mampu memaksimalkan ruang muat. Dengan sistem pembakaran menggunakan tekanan udara (*compression ignition*) memberikan kelebihan mesin diesel untuk bisa menggunakan bahan bakar dengan kualitas rendah seperti solar, HFO dan MFO namun secara tidak langsung juga memberi kelemahan yaitu penggunaan mesin diesel di kapal (*marine diesel engine*) menyumbangkan porsi sumber polusi NOx sebanyak 7% dari seluruh polusi yang ada di dunia.

Pengembangan teknologi untuk meminimalkan penggunaan bahan bakar sekaligus menurunkan emisi gas buang menjadi prioritas penelitian ini. Biaya operasional bahan bakar merupakan komponen yang paling tinggi dari keseluruhan total biaya operasional kapal. Sebagai contoh kapal penangkap ikan menggunakan mesin 200 KW, secara umum bisa didapatkan dari data mesin bahwa konsumsi spesifik bahan bakar mesin diesel di kapal adalah sekitar 225 gram/KW/jam, maka dalam satu jam mesin tersebut akan membakar bahan bakar sebesar 200 x 225 gram atau sama dengan 45000 gram bahan bakar. Jika masa jenis bahan bakar adalah 0,85 kg/liter maka jumlah bahan bakar yang dibutuhkan per jam tersebut kurang lebih adalah 53 liter.

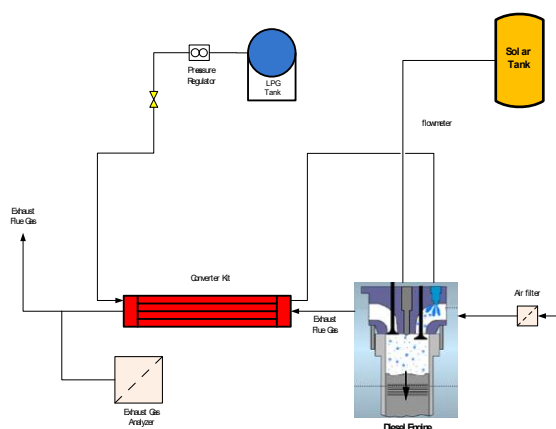
Aplikasi penggunaan bahan bakar alternatif seperti gas alam (CNG, LNG), LPG (*liquefied petroleum gas*), hydrogen secara aktif digunakan untuk menyelesaikan masalah peningkatan efisiensi pembakaran terutama penurunan emisi gas buang (Stavinoha LL 2000). Penelitian HE Saleh [HE.Saleh, 2008] melaporkan penggunaan kombinasi 2 macam bahan bakar diesel dengan gas Butane sebagai komponen utama LPG secara signifikan terbukti bisa menurunkan emisi gas buang khususnya emisi gas NOx dan SO3 mencapai 27-69% pada pembebanan mesin 25-51% dibandingkan pada mesin diesel konvensional. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan penghematan energi operasi sebuah kapal dan regulasi emisi gas buang pada mesin diesel diperlukan penelitian untuk memodifikasi mesin diesel konvensional dengan menggunakan kombinasi bahan bakar diesel dengan bahan bakar alternative gas contohnya antara lain gas alam (CNG, LNG), LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), DME (*Dimethyl Ether*), dan hydrogen. Penelitian yang telah dilakukan oleh Abd Alla, 2002 menginvestigasi keandalan dari penggunaan bahan bakar gas sebagai bahan alternatif mesin pembakaran dalam secara umum memberikan hasil penurunan efisiensi dari mesin dan perbaikan emisi gas buang pada beban operasional mesin yang rendah dengan variasi penambahan bukaan plunyer untuk mencapai beban tinggi akan memberikan efek knocking pada proses pembakarannya. Pemilihan LPG juga menjadi energi alternatif yang menjanjikan sumber energi utama di

masa depan karena karakteristik pembakaran yang bersih dengan ketersediaan sumber daya alam yang banyak sehingga LPG secara luas dipertimbangkan menjadi bahan bakar transportasi yang bersih dan renewable dimana LPG memberikan emisi gas buang yang rendah dan ekonomis pada penggunaan terutama pada riset-riset mesin pembakaran dengan spark ignition [Beroun Stanislav.2001].

Diantara beberapa pilihan bahan bakar bersih alternatif diatas LPG memiliki kelebihan relatif banyak lainnya, antara lain LPG dapat di cairkan (liquefied) pada tekanan yang relatif kecil yaitu 0.7-0.8 Mpa pada temperature atmosfer, dan LPG memiliki nilai kalor (heating value) yang lebih tinggi dibandingkan dengan alternative bahan bakar yang lain (Sato Y 2000). LPG memiliki komponen penyusun utamanya adalah Butane dan Propane sehingga mesin dengan menggunakan bahan bakar LPG mampu dioperasikan pada compression rasio yang tinggi sehingga mesin tersebut memiliki efisiensi thermal yang lebih tinggi daripada mesin berbahan bakar bensin dengan nilai oktan 91-97 bahkan 101. LPG juga memiliki range area tidak terbakar (inflammable area) lebih luas pada kondisi pembakaran yang hanya kecil prosentase bahan bakarnya. Beberapa riset pendahuluan telah dilakukan untuk mendapatkan hasil investigasi kemungkinan penggunaan bahan bakar gas sebagai bahan bakar alternatif mesin untuk menghasilkan tidak hanya menaikkan performansi mesin namun juga emisi gas buang yang baik. LPG menjadi pilihan fokus utama dalam penggunaan bahan bakar alternatif karena LPG adalah sumber energi utama untuk masa depan karena karakteristik pembakarannya yang bersih dan terutama ketersediaannya dari sumber-sumber yang dapat diperbarui sehingga LPG secara luas menjadi perhatian luas untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang bersih dan mampu terbaru ketersediaannya (renewable). Penelitian Chen Zhili, 2001 menunjukkan bahwa mesin diesel dan bekerja pada area beban yang tinggi dengan emisi gas buang NOx tereduksi pada mendekati level nol (zero) jika proporsi yang tepat dimethyl ether ditambahkan pada LPG untuk dapat mengontrol penyalaaan dan pembakarannya. Hasil yang relatif sama ditunjukkan oleh Miller Jothi,2007 pada laporan riset karakteristik pembakaran dan emisi gas buang pada penggunaan LPG sebagai bahan bakar utama dengan penambahan dimethyl ether sebagai penguat penyalaaan (ignition) pada mesin diesel injeksi langsung (direct injection diesel engine) terjadi penurunan emisi gas buang. Lee Kihyung, 2005 melaporkan hasil penelitiannya tentang perambatan pembakaran (flame propagation) dan karakteristik bahwa pembakaran dari gas LPG pada ruang bakar pada volume konstan untuk menjelaskan proses pembakaran yang terjadi pada mesin berdaya besar dengan bahan bakar LPG disimpulkan bahwa kecepatan perambatan penyalaaan mencapai kecepatan maksimum pada rasio stoikiometri yang seimbang dengan mengabaikan kondisi operasi dan koefisien dari variasi waktu pembakaran dinaikan ketika rasio kesetimbangan stokiometri diturunkan.

2. METODOLOGI

Penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan pre-desain dan modifikasi air intake bahan bakar, perakitan converter LPG-Solar Kit dan yang terakhir adalah pemasangan untuk bisa dilakukan pengujian performansi dari kondisi operasi standard dan Bi-fuel LPG-Solar System. Desain modifikasi didesain tidak banyak melakukan perubahan komponen pada mesin diesel dan setelah itu dilakukan percobaan analisa campuran udara dan bahan bakar gas untuk mengetahui rasio yang tepat untuk mendapat pembakaran terbaik dengan mengacu nilai AFR (*Air Fuel Ratio*) gas hasil gas buang pembakaran.



Gambar 1 Skema Pemasangan Bi-Fuel system LPG – Solar pada Diesel Engine

Spesifikasi Teknis Mesin Diesel Single Cylinder

Spesifikasi Engine yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin diesel silinder tunggal bermerk Dongfeng karena mesin ini harganya relatif murah sehingga banyak digunakan oleh para nelayan karena biaya investasi awal yang murah dan biaya perawatan yang murah.

Tabel 1. Spesifikasi Data Mesin DongFeng

Model	R180
Dimension :	658x341x463 mm
Silinder	1 Silinder
Max. Torque	8/ 2600
Continue Torque	7/ 2200
Compresion Ratio	21 : 1

Spesifikasi teknik Bahan bakar LPG

Spesifikasi bahan bakar LPG yang digunakan pada penelitian ini adalah LPG yang beredar luas di pasaran dan sesuai dengan SK Direktorat Jendral Minyak & Gas Bumi No. 26525.K/10/DJM.T/2009.

Tabel 2 Spesifikasi LPG

Propana C ₃ H ₈ dan Butana C ₄ H ₁₀	97%
Max Pentana C ₅ H ₁₂	2%
Pressure	120 i (8 Bar)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Studi Unjuk Kerja Mesin Diesel Bahan Bakar Solar Tanpa Pembebanan

Eksperimen awal mesin dioperasikan hanya menggunakan bahan bakar solar tanpa ada penambahan bahan bakar LPG didapatkan korelasi parameter operasi mesin antara lain setting plunyer , RPM mesin, konsumsi bahan bakar solar dalam cc per menit dan karakteristik hasil pembakarannya terhadap udaranya ditandai adanya perubahan nilai AFR nya. Data percobaan memperlihatkan bahwa mesin diesel mampu menunjukkan karakteristik pembakaran pada kondisi AFR stabil dalam kondisi *superlean* atau pembakaran dalam kondisi perbandingan antara campuran bahan bakar terhadap udara pembakaran sangat kecil/miskin dan jauh dari nilai AFR pembakaran stokiometri solar sebesar 14-15:1. Kondisi pengoperasian mesin seperti ini mesin mampu bekerja dengan konsumsi bahan bakar sangat sedikit jauh dibawa nilai stokiometri karena operasi kerja mesin dipengaruhi faktor terbesar akibat momen inerti pada flywheel. Penambahan bukaan plunyer /governor mesin akan menaikkan RPM mesin dengan kondisi AFR hasil pembakaran mesin juga akan turun menunjukkan konsumsi bahan bakar solar akan meningkat yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Data Konsumsi Bahan Bakar Solar Tanpa Beban.

No	Plunyer	RPM	BBM (cc/min)	AFR
1	0.25	1700	6	90.5
2	0.5	2133	7.4	78.5
3	0.75	2395	9.4	75.5
4	1	2670	10.64	66.5

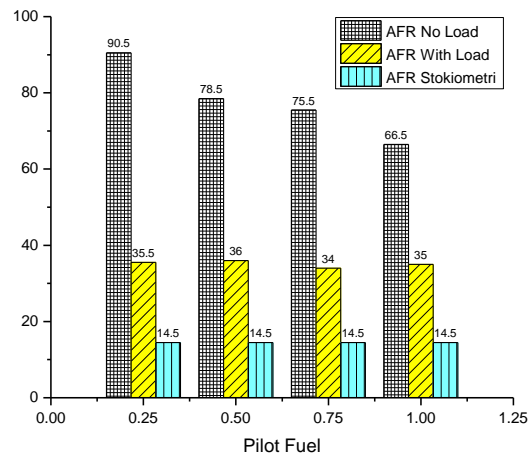
B. Studi Unjuk Kerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar dengan Pembebanan Konstan

Pembeban torsi konstan 2 kg.m menggunakan instrumen *ponybrake* memberikan perubahan parameter mesin yang didapatkan Tabel 4. Korelasi setiap parameter pengoperasian yang didapatkan antara lain memperlihatkan pada pembebanan akan menyebabkan kenaikan konsumsi bahan bakar dan mesin bekerja tidak hanya mengandalkan besar moment inerti pada *flywheel* untuk mampu mencapai putaran mesin stabil namun memerlukan konsumsi bahan bakar lebih banyak untuk bisa mencapai RPM mesin yang stabil dengan ditunjukkan pada penurunan parameter AFR mesin. Penurunan AFR mesin menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar akan naik dengan kenaikan bukaan plunyer untuk mencapai RPM mesin konstan untuk menghasilkan daya yang lebih besar dan konstan. Linearitas konsumsi bahan bakar terhadap daya mesin yang dihasilkan beserta karakteristik pembakaran solar di setiap RPM mesin dan beban stabil mesin akan menyebabkan AFR hasil pembakaran gas buang akan mendekati AFR pembakaran stokiometri solar. Berdasarkan pengujian performasi mesin pada beban konstan didapatkan bahwa pada RPM 2670 mesin menunjukkan daya mesin sebesar 7.35 PK hanya 0.65 PK dibawah spesifikasi daya mesin maksimal yang mampu dihasilkan oleh mesin pada data tabel 1 spesifikasi yang dibuat oleh produsennya dan hal ini menunjukkan mesin diesel alat eksperimen mampu beroperasi pada kondisi baik dan mendekati standard spesifikasinya.

Tabel 4 Data konsumsi bahan bakar solar dengan beban Torque 2 kg.m

No	Plunyer	RPM	BBM	AFR	Power	Power
----	---------	-----	-----	-----	-------	-------

			(cc/minute)		(watt)	(PK)
1	0.25	1622	10.52	35.5	3330.87	4.46
2	0.5	2009	13	36	4125.60	5.53
3	0.75	2390	13.6	34	4908.01	6.58
4	1	2670	16.95	35	5483.01	7.35



Gambar 1 Grafik perbandingan AFR mesin berbahan bakar solar pada mesin dengan beban dan tanpa beban terhadap AFR stokimetri solar.

C. Desain sistem Mesin Bi Fuel Solar -LPG System

Desain *converter kit* memberikan kesempatan LPG diinjeksikan ke dalam proses pembakaran melalui *air manifold* sehingga proses injeksi membutuhkan perubahan fase dari *liquid* menjadi fase gas (*vapor*) dengan penggunaan regulator. Desain kontrol terhadap kuantitas massa LPG yang diinjeksikan ke proses pembakaran diatur dengan valve/katup dan kualitas pembakaran massa LPG yang terbakar pada diteliti dengan menggunakan parameter nilai AFR yang hasil gas buang pembakarannya. *Converter kit* didesain untuk proses injeksi LPG pada proses pembakaran mesin diesel hanya terjadi pada proses kompresi udara dari titik mati bawah menuju ke titik mati atas sehingga pada sistem bi fuel ini langkah kompresi akan terjadi pencampuran udara dengan gas LPG. Perbandingan langkah kompresi diesel single silinder Dong feng yang besar yaitu 21:1 tidak akan menyebabkan penyalan dini pada campuran LPG + udara dikarenakan karakteristik bahan bakar LPG yang ditentukan oleh karakter penyalan bahan bakar ber-*octane* dimana proses penyalannya memerlukan percikan (*ignition*). Penyalan campuran udara dan LPG pada mesin bi-fuel diesel terjadi pada saat proses semprotan solar pada saat piston akan mencapai titik mati atas. Tipe mesin diesel berbahan bakar LPG akan tetap membutuhkan proses penyalan (*ignitor*) sehingga desain mesin ini hanya memungkinkan kombinasi bahan bakar solar dan LPG untuk pengoperasiannya sehingga type bi-fuel system yang paling sesuai model kombinasi bahan bakar LPG dan solar.

D. Studi pengaruh injeksi LPG terhadap performansi mesin diesel kondisi *idle* tanpa beban

Kondisi operasi mesin hanya menggunakan bahan bakar tunggal solar dengan tanpa beban atau kondisi bekerja *idle*/konstan terpantau bekerja pada putaran RPM 650-670 dengan kondisi AFR 80-81:1. Nilai AFR tersebut memperlihatkan proses pembakaran yang terjadi sangat *lean* atau proses pembakaran terjadi pada kondisi campuran bahan bakar solar sangat sedikit dibandingkan massa udara. Mesin masih mampu bekerja karena didominasi faktor *flywheel* mesin diesel yang cukup besar memberikan sumbangan simpanan tenaga (momen inersia) untuk memutar mesin.

Eksperimen penginjeksian massa LPG sebesar 0.01 gram/menit diinjeksikan ke air manifold akan ternyata memberikan efek peningkatan RPM mesin menjadi 1180-1187 yang disertai perubahan nilai AFR pembakaran 55-60. Perubahan parameter AFR pada kondisi operasi ini menunjukkan injeksi LPG akan memberikan indikasi kenaikan jumlah massa bakar yang terbakar terhadap jumlah massa udara yang terlibat pada proses pembakaran. Proses penambahan massa flowrate LPG lebih dari nilai tersebut akan menyebabkan AFR terlalu kaya bahan bakar dan gas buang akan menyebabkan berbau gas LPG sehingga bisa dibuat kesimpulan awal proses pembakaran LPG di dalam engine tidak berlangsung baik karena bahan bakar sebagian besar tidak terbakar dan terbuang pada gas buang

E. Studi Pengaruh injeksi LPG terhadap performansi Diesel kondisi pembebanan torsi

Eksperimen untuk mendapatkan pengaruh operasi sistem Diesel bi fuel LPG-Solar pada saat mesin beroperasi dengan pembeban torsi kontan 2 kg.m dengan variasi bukaan plunyer dari 0.25 sampai 1 didapatkan hasil Tabel 5 dan Grafik 4.

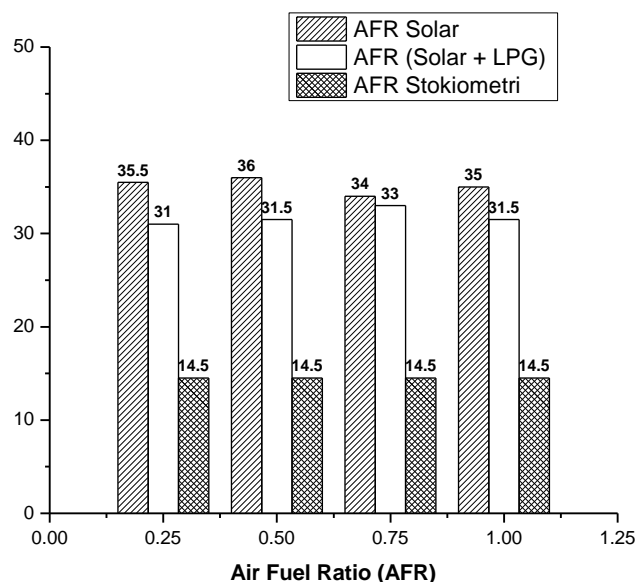
1. Pengaruh injeksi LPG pada mode bukaan plunyer 0.25 tanpa beban dan pembebanan 10 kg.m

Eksperimen pada mode ini mesin dioperasikan berbahan bakar tunggal solar dengan variasi bukaan plunyer 0.25 secara simultan akan meningkatkan RPM putaran mesin dari kondisi awal/idle 650-670 RPM menjadi 1.700 RPM. Pembukaan plunyer menambah suplai solar sehingga akan memberikan energi tambahan pada proses pembakaran sekaligus akan memberikan efek penurunan nilai AFR sesaat dari 35 menjadi 30 diikuti penurunan kualitas gas buang yang berwarna pekat. Pada saat pengoperasian kontinyu maka mesin akan mencapai putaran optimal 1.700 RPM dengan parameter AFR operasi mesin *superlean*/miskin kembali pada range 90-91. Injeksi LPG diberikan pada kondisi ini dengan memasukan 0.018 gram/menit massa LPG didapatkan perubahan RPM mesin menjadi 1780 RPM dan penurunan konsumsi bahan bakar solar sebesar 2 cc/min dan faktor AFR terkoreksi menjadi 53-56 sehingga dapat disimpulkan injeksi LPG akan memberikan faktor tambahan energi secara stimultan dengan adanya penurunan AFR dari kondisi *superlean* mendekati 40%.

Kondisi operasi mesin dengan sistem *bi fuel* bukaan plunyer 0.25 dan injeksi LPG 0.018 gram/min dengan pemberian beban torsi sebesar 2 kg.m maka memberikan efek RPM putaran mesin terkoreksi sebesar 4.7% dari 1780 menjadi 1700 RPM sehingga dapat disimpulkan injeksi LPG pada sistem pembakaran tersebut akan memberikan efek energi tambahan pada sistem pembakaran disaat sama terjadi penurunan konsumsi bahan bakar solar tanpa mengurangi besar daya torsi yang dihasilkan oleh mesin walaupun AFR terkoreksi pada angka 30-31.

Tabel 5 Data konsumsi bahan bakar solar dengan beban Torque 2 kg.m dengan injeksi LPG

No	Plunyer	RPM	BBM (cc/min)	AFR	Power (watt)	Power (PK)
1	0.25	1780	8	31	3655.34	4.90
2	0.5	2236	10.8	31.5	4591.76	6.16
3	0.75	2462	11.4	33	5055.86	6.78
4	1	2670	12.9	31.5	5483.01	7.35



Gambar 2 Grafik perbandingan AFR mesin diesel dengan injeksi LPG dengan beban dan tanpa beban terhadap AFR stokiometri solar.

2. Pengaruh injeksi LPG pada bukaan plunyer 0.5 tanpa beban dan pembebanan 10 kg.m

Pada mode bukaan plunyer 0.5 dengan operasi mesin bekerja dengan bahan bakar tunggal solar tanpa beban akan dihasilkan putaran mesin 2133 RPM dengan parameter AFR mencapai 72-85. Pemberian beban torsi sebesar 2 kg.m akan membuat kondisi operasi mesin berubah dengan terjadi penurunan RPM sebesar 2009 dan parameter pembakaran AFR terkoreksi menjadi 34-38. Injeksi LPG dikontrol sebesar 0.012 gram/menit untuk melihat pengaruhnya pada mesin pada saat bekerja tanpa beban pada bukaan plunyer 0.5 akan menghasilkan RPM 2236 dengan AFR 55-60. Pembebanan torsi sebesar 2 kg.m dengan kondisi mesin terinjeksi oleh LPG, mesin dengan *bi fuel system* masih mampu mempertahankan RPM putaran engine walaupun terkoreksi hanya 5% menjadi 2122 RPM dan AFR mendekati nilai 31-32 seperti yang ditampilkan di tabel 5. Seperti pada setting mesin bukaan plunyer

0.25 dan injeksi LPG pada setting mesin bukaan plunyer 0.5 dan injeksi LPG 0.012 gram/menit masih mampu mencapai putaran dan torsi yang dibutuhkan tanpa menambah konsumsi solar sehingga bisa disimpulkan pada setting mesin ini injeksi LPG pada sistem akan memberikan efek penurunan konsumsi solar tanpa mesin mengurangi penurunan RPM nya secara signifikan.

3. Pengaruh injeksi LPG pada bukaan plunyer 0.75 tanpa beban dan pembebanan 10 kg.m

Pada mode variasi bukaan plunyer 0.75 dengan mesin bekerja dengan bahan bakar tunggal solar tanpa beban akan menghasilkan putaran mesin 2395 RPM dengan parameter AFR mencapai 70-81. Pemberian beban torsi sebesar 2 kg.m pada mesin ternyata membuat RPM mesin bekerja secara stabil 2390 dan parameter pembakaran AFR terkoreksi menjadi 33-35. Injeksi LPG dikontrol sebesar 0.011 gram/menit untuk melihat pengaruhnya pada mesin pada saat bekerja tanpa beban pada bukaan plunyer 0.75 akan menghasilkan RPM 2462 dengan AFR pada rata-rata 49-56. Pembebanan torsi sebesar 2 kg.m dengan kondisi mesin terinjeksi oleh LPG, mesin dengan *bi fuel system* akan menurunkan RPM putaran engine terkoreksi naik 2.5% menjadi 2400 RPM dan AFR mendekati nilai 32-34. Seperti pada setting mesin bukaan plunyer 0.5 dan injeksi LPG pada setting mesin bukaan plunyer 0.75 dan injeksi LPG 0.011 gram/menit masih mampu mencapai putaran dan torsi yang dibutuhkan tanpa menambah konsumsi solar sehingga bisa disimpulkan pada setting mesin ini injeksi LPG pada sistem akan memberikan efek penurunan konsumsi solar tanpa mesin mengurangi penurunan RPM nya secara signifikan.

4. Pengaruh injeksi LPG pada bukaan plunyer 1 tanpa beban dan pembebanan 10 kg.m

Pada mode variasi operasi bukaan plunyer 4/4 dengan mesin bekerja dengan bahan bakar tunggal solar tanpa beban akan menghasilkan putaran mesin 2670 RPM dengan parameter AFR mencapai 61-72. Pemberian beban torsi sebesar 2 kg.m pada mesin ternyata membuat RPM mesin bekerja secara stabil 2600 dan parameter pembakaran AFR terkoreksi menjadi 34-36. Injeksi LPG dikontrol sebesar 0.008 gram/menit untuk melihat pengaruhnya pada mesin pada saat bekerja tanpa beban pada bukaan plunyer 4/4 akan menghasilkan RPM 2670 dengan AFR pada rata-rata 41-42. Pembebanan torsi sebesar 2 kg.m dengan kondisi mesin terinjeksi oleh LPG, mesin dengan *bi fuel system* akan ternyata tetap mencapai kondisi putaran stabil 2670 RPM dan AFR mendekati nilai 31-32. Seperti pada setting mesin bukaan plunyer 0.75 dan injeksi LPG pada setting mesin bukaan plunyer 4/4 dan injeksi LPG 0.008 gram/menit masih mampu mencapai putaran dan torsi yang dibutuhkan tanpa menambah konsumsi solar sehingga bisa disimpulkan pada setting mesin ini injeksi LPG pada sistem akan memberikan efek penurunan konsumsi solar tanpa mesin mengalami penurunan RPM nya secara signifikan.

F. Kajian teknis dan ekonomis operasional Diesel berbahan bakar tunggal solar

Eksperimen dilakukan dengan mengoperasikan mesin diesel standard berbahan bakar solar tanpa modifikasi injeksi LPG dalam sistem didapatkan data seperti pada tabel 6 yang mana konsumsi solar dihitung pada pembebanan mesin pada torsi yang konstan 2 kg.m dengan melakukan variasi setting bukaan plunyer. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan konsumsi solar yang akan bisa dikonversi menjadi komponen biaya yang harus dikeluarkan untuk bisa mengoperasikan sistem. Dari setiap variasi bukaan plunyer didapatkan nilai besar BSFC (*brake specific fuel consumption in gram/KWh*) yang menjadi parameter efisiensi yang mampu dicapai oleh mesin diesel pada saat dioperasikan pada kondisi tersebut. BSFC menjadi parameter yang menunjukkan efisiensi yg mampu dicapai oleh mesin pada pembakaran per gram bahan bakar terhadap daya mesin yang mampu dihasilkan oleh mesin dengan adanya daya pengereman oleh ponybrake. Berdasarkan tabel dibawah didapatkan efisiensi operasi mesin terbaik pada pembebanan torsi 2 kg.m adalah pada saat mesin dioperasikan pada bukaan 0.75 dengan putaran konstan pada 2390 didapatkan nilai BSFC sebesar 137.99 gram/kWh.

Tabel 6 Kajian Teknis mesin diesel berbahan bakar tunggal (solar)

Pilot Fuel	RPM	BBM (cc/minute)	BBM Gram/hr	AFR	Power kWh	Power (PK)	BSFC Gram/kwh
0.25	1622	10.52	523.90	35.5	3.33	4.46	157.28
0.5	2009	13	647.40	36	4.13	5.53	156.92
0.75	2390	13.6	677.28	34	4.91	6.58	137.99
1	2670	16.95	844.11	35	5.48	7.35	153.95

G. Kajian performansi dan opasitas operasional Diesel berbahan Bi-fuel Solar dan LPG

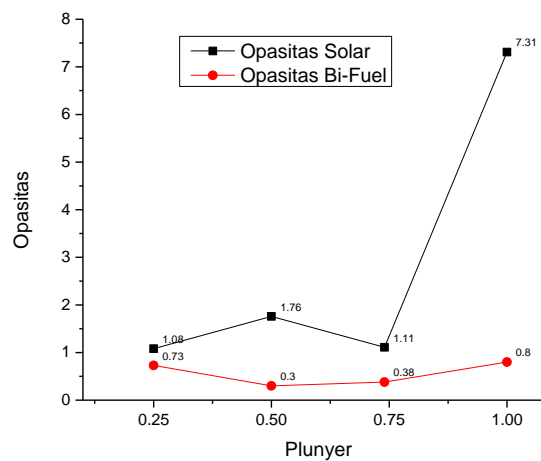
Eksperimen awal mesin diesel standard berbahan bakar solar tanpa modifikasi injeksi LPG dalam sistem didapatkan data seperti pada tabel 6 dilanjutkan eksperimen berikutnya dengan mesin yang sama dan parameter operasi yang relatif sama namun dengan modifikasi injeksi LPG pada sistem pembakaran sehingga didapatkan data operasi pada tabel 7. Konsumsi solar dan LPG dikonversi menjadi komponen biaya yang harus dikeluarkan untuk bisa mengoperasikan sistem Bi fuel sistem tsb. Variasi bukaan plunyer yang sama dilakukan pada eksperiment pertama dilanjutkan pada sistem berikutnya sehingga didapatkan nilai BSFC (*brake specific fuel consumption in gram/KWh*) yang menjadi parameter efisiensi yang mampu dicapai oleh mesin diesel pada saat

dioperasikan pada kondisi tersebut. Pada mesin bersistem Bi fuel ini menghasilkan data BSFC paling rendah pada bukaan plunyer 0.75 dengan rasio sebesar hanya 112.42 gram/kWh. Mode pengoperasian engine dengan kecepatan putaran konstan/ stationer maka secara menyeluruh sistem bi-fuel Solar + LPG akan menurunkan opasitas gas buang sehingga secara analisis sistem bi fuel akan menurunkan emisi gas buang. Pada mode pengoperasian engine dengan mode pemberian akselerasi dari engine pada putara rendah menuju tinggi akan mengakibatkan peningkatan nilai opasitas sebagai berikut dimana opasitas solar akan meningkat menjadi 0.68 /m sedangkan pada sistem bahan bakar bi-fuel solar +LPG akan meningkat lebih tinggi sebesar 2.32/m. Mode akselerasi pada Bi-fuel menunjukkan opasitas lebih tinggi dari pada penggunaan bahan bakar tunggal solar murni. Penyebabnya adalah saat akselerasi mesin membutuhkan AFR atau perbandingan bahan bakar jauh lebih kaya untuk mempercepat akselerasi.

Tabel 7 Kajian Teknis mesin diesel berbahan bakar Bi fuel Solar dan LPG

Plunyer	RPM	BBM (cc/minute)	AFR Average	LPG (liter/hour)	Power kWh	Power (PK)	BBM gram/hr	LPG gram/hr	BSFC gram/kwh
0.25	1780	8	31	0.52	3.66	4.90	398.40	1.05	109.28
0.5	2236	10.8	31.5	0.352	4.59	6.16	537.84	0.71	117.29
0.75	2462	11.4	33	0.316	5.06	6.78	567.72	0.64	112.42
1	2670	12.9	31.5	0.226	5.48	7.35	642.42	0.46	117.25

Dari hasil uji coba/ eksperimen sebelumnya, diesel dengan putaran stasioner AFR 90:1 akan menuju AFR 14-15:1 saat berakselerasi. Pada proses pembakaran ini LPG berfungsi sebagai agen akselerator dengan menambahkan AFR saat akselerasi. Efeknya adalah peningkatan opasitas tetapi akan menghasilkan akselerasi jauh lebih cepat dibanding solar murni. Mengacu pada keseluruhan data pengujian pada bukaan setting plunyer penggunaan sistem Bi Fuel akan menurunkan opasitas sebesar 68% daripada sistem diesel berbahan bakar tunggal solar



Gambar 3 Perbandingan opasitas gas buang mesin pada penggunaan bahan bakar tunggal solar dan bi-fuel solar + LPG

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan hasil investigasi dari penggunaan bi fuel Solar –LPG sistem pada mesin diesel silinder tunggal yang banyak digunakan sebagai tenaga penggerak kapal nelayan antara lain:

1. Penggunaan bi-fuel system pada mesin diesel bersilinder tunggal secara keseluruhan akan memberikan keuntungan performansi teknik berupa penurunan nilai BSFC pada setiap variasi bukaan *plunyer* rata-rata sebesar 24.5%.
2. Perbaikan nilai BSFC pada mesin diesel dengan sistem Bi-fuel solar –LPG banyak dipengaruhi oleh kualitas pembakaran dalam silinder yang lebih baik karena naiknya nilai energi campuran bahan bakar hasil inputan dari LPG yang memiliki nilai LHV lebih tinggi dibanding solar.
3. Penggunaan sistem bi-fuel Solar+LPG memberikan efek penurunan nilai opasitas rata-rata sebesar 68% pada gas buang dibandingkan dengan engine berbahan bakar tunggal solar sehingga memberikan nilai emisi gas buang yang lebih rendah

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih pada Kementerian Riset dan Teknologi dan institusi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan kesempatan dan pendanaan untuk melaksanakan riset penggunaan bi fuel system pada mesin diesel silinder tunggal..

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abd Alla GH (2000), Soliman HA, Badr OA, Abd Rabbo MF. Effect of plunyer quantity on the performance of a dual fuel engine. *Energy Convers Manage* 2000;41:559–72
- H.E Saleh (2008).” Effect of variation in LPG composition on emissions and performance in a dual fuel diesel engine” *Fuel* 87 (2008) 3031–3039
- Maleev, Vladimir Leonidas. *Diesel Engine Operation and Maintenance ; The Construction, Operation, maintenance and repair of modern diesel engine*. Michigan: McGrawhill, 1986.
- Petrovsky, Nikandr Alesandrovich. *Marine Internal Combustion Engine*. Moscow: Mir Publisher, 1966.
- Woodyard, Doug. *Pounders Marine Diesel Engines and Gas Turbines*. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2004.
- Chen Zhili, K. M., Goto Shinichi (2001). "Study on homogenous premixed charge CI engine fueled with LPG." *JSAE* 22.
- Lee Kihyung, R. J. (2005). "Experimental study of the flame propagation and combustion characteristics of LPG fuel." *Fuel* 84.
- Miller Jothi NK, N. G., Renganarayanan S (2007). "Experimental studies on homogeneous charge CI engine fueled with LPG using DEE as an ignition enhancer." *Renewable Energy* 32: 1581–1593.
- Sato Y, G. Y. (2000). "Research trend in power system using alternative fuels." *IWPS2000*.
- Stanislav, B. (2001). "The development of gas (CNG, LPG and H2) engines for buses and trucks and their emission and cycle variability characteristics." *Society of Automotive Engineers Inc* 0144.

Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam Praktikum Pengelasan (Studi Kasus: di *Welding Centre* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya)

Retno Ningsih, Ayu Raisa Azhar, M. Puspita Adi Paripurno

Program Studi Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Surabaya 60111
retnoningsih829@gmail.com

Abstrak

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan suatu permasalahan yang banyak menyita perhatian berbagai pihak karena mencakup permasalahan dari kerugian jiwa, material, uang dan waktu. Sebagai contoh dalam proses pengelasan, masalah keselamatan dan kesehatan kerja saat ini masih sering diabaikan. Hal ini terbukti dengan masih banyaknya angka kecelakaan kerja. Dalam studi ini akan dibahas identifikasi risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja), penilaian risiko K3, serta pengendalian terhadap risiko K3 yang ada saat praktikum pengelasan. Terdapat tiga parameter yang akan digunakan sebagai kriteria kecelakaan kerja. Parameter pertama adalah percikan bunga api yang mengenai kulit, mata *welder* dan yang masuk kedalam perangkat-perangkat dalam mesin las listrik. Parameter kedua adalah asap las dan debu beracun yang dapat mengganggu proses pernafasan. Parameter ketiga yaitu terdapat efek radiasi sinar *ultra violet* dan ultra merah yang dapat membahayakan kesehatan mata. Hasil dari studi ini diharapkan dapat menciptakan kondisi yang mendukung kenyamanan kerja bagi mahasiswa PPNS yang melakukan praktikum pengelasan.

Kata kunci: *Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Manajemen Risiko, Pengelasan.*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Risiko merupakan sesuatu yang sering melekat dalam aktivitas. Kegiatan apa pun yang kita lakukan pasti memiliki potensi risiko. Hal terpenting yang harus kita lakukan adalah bukan menghindari dari risiko yang akan terjadi, namun bagaimana kita mengelola potensi risiko yang timbul sehingga peluang terjadi atau akibat yang ditimbulkan tidak besar. Dengan kita mengetahui tingkat risiko yang akan terjadi maka kita akan tahu bagaimana mengurangi dampak yang akan ditimbulkannya.

Pekerjaan pengelasan merupakan salah satu proses pemesinan yang penuh risiko karena selalu berhubungan dengan api, bahan – bahan yang mudah terbakar dan meledak. Kecelakaan yang terjadi sebenarnya dapat dikurangi atau dihindari apabila seorang *welder* dalam mengoperasikan alat pengelasan dan alat keselamatan kerja secara baik dan benar, selain itu seorang *welder* juga memiliki penguasaan mengenai cara pencegahan bahaya akibat proses las tersebut.

Potensi bahaya banyak terdapat di tempat kerja dan mengakibatkan kerugian semua pihak yang bersangkutan. Upaya untuk mencegah hal tersebut adalah dengan menerapkan suatu konsep Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan sarana utama untuk pencegahan kecelakaan kerja, cacat dan kematian sehingga akibat kecelakaan kerja yang bersumber dari potensi bahaya yang ada dapat dicegah. Kecelakaan kerja selain menyebabkan kerugian langsung juga menyebabkan kerugian secara tidak langsung yaitu kerugian pada kerusakan mesin dan peralatan kerja, terhentinya proses produksi, kerusakan lingkungan dan lain-lain.

Berbagai upaya pengendalian perlu dilakukan untuk meminimalisir risiko kecelakaan kerja pada proses pengelasan adalah dengan menerapkan manajemen risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja). Tujuan dan sasaran manajemen risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) adalah terciptanya sistem K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) di tempat kerja yang melibatkan segala pihak sehingga dapat mencegah dan mengurangi kecelakaan dan penyakit akibat kerja dan terciptanya tempat kerja yang aman, efisien, dan produktif.

Dalam paper ini diidentifikasi risiko-risiko dan menilai risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) pada praktikum pengelasan yang telah dilakukan oleh Mahasiswa Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) pada praktikum pengelasan, memberikan penilaian atas risiko-risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang terjadi pada praktikum pengelasan, memberikan penangan/solusi dari risiko – risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) tersebut.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah manajemen risiko K3 (Kesehatan dan keselamatan kerja) dapat diterapkan pada setiap pekerjaan yang berhubungan dengan pengelasan untuk mengurangi kecelakaan kerja, dapat dijadikan sebagai salah satu acuan untuk menekan angka kecelakaan pada praktikum pengelasan, dapat meningkatkan kesadaran akan risiko K3 (Kesehatan dan keselamatan kerja) yang terjadi pada praktikum pengelasan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengadakan observasi langsung ke bengkel pengelasan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pengambilan data dilakukan dengan proses wawancara pada dosen dan pengisian kuesioner oleh Mahasiswa Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pengambilan sampel dilakukan dengan bentuk purposif dengan cara mengambil sampel kepada responden tertentu yaitu mahasiswa yang pernah melakukan praktikum pengelasan di *Welding Centre* PPNS. Kecelakaan kerja dan faktor penyebab kecelakaan kerja yang diidentifikasi adalah kecelakaan kerja pada praktikum pengelasan di *Welding Centre* PPNS. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data mahasiswa yang pernah melakukan praktikum pengelasan.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah kuesioner yang berupa sejumlah pernyataan yang harus ditanggapi oleh mahasiswa sebagai responden. Data yang telah dikumpulkan, diolah dan dianalisa secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi dan grafik persentase. Tingkat risiko pada setiap kriteria ditentukan dengan rumus : $Indeks\ Risiko = Frekuensi \times Dampak$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah dengan cara survei terhadap mahasiswa Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang pernah melakukan praktik pengelasan di *Welding Center*. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner yang menjadi instrument dalam penelitian ini.

Kuesioner yang disebar adalah sebanyak 30 responden. Data yang diperoleh dari kuesioner ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko dari praktik pengelasan yang dilakukan di *Welding Center* PPNS dan mendapatkan kriteria dan sub-kriteria terpilih berdasarkan *risk level* yaitu tingkat yang memiliki risiko terjadinya kecelakaan.

Data Responden

Pengisian kuesioner yang dilakukan oleh 30 responden dengan kategori jenis kelamin responden dan program studi responden. Adapun data-data 30 responden tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jenis Kelamin

No.	Jenis Kelamin	Frekuensi	Presentase
1.	Laki-laki	22	73.3%
2.	Perempuan	8	26.7%

Sumber: Hasil Penelitian

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa mahasiswa yang berjenis kelamin laki-laki adalah sebanyak 22 orang atau 73.3%, untuk mahasiswa berjenis kelamin perempuan sebanyak 8 orang atau 26.7%.

Tabel 2. Profil Responden

No.	Mahasiswa	Jumlah Responden	Presentase
1.	Teknik Pengelasan	4	13.3%
2.	Teknik Perancangan & Kontruksi Kapal	1	3.3%
3.	Teknik Bangunan Kapal	6	20%
4.	Teknik Kelistrikan Kapal	1	3.3%
5.	Teknik Permesinan Kapal	6	20%

6.	Teknik Keselamatan & Kesehatan Kerja	7	23.3%
7.	Teknik Desain Manufaktur	2	6.67%
8.	Teknik Perpipaan	3	10%

Sumber: Hasil Penelitian

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa responden yang berasal dari program studi Teknik Pengelasan adalah sebanyak 4 orang atau 13.3%, untuk responden yang berasal dari program studi Teknik Perancangan dan Kontruksi Kapal adalah sebanyak 1 orang atau 3.3%, untuk responden dari program studi Teknik Bangunan Kapal adalah sebanyak 6 orang atau 20%, untuk responden dari program studi Teknik Kelistrikan Kapal adalah sebanyak 1 orang atau 3.3%, untuk responden dari program studi Teknik Permesinan adalah sebanyak 6 orang atau 20%, untuk responden dari program studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah sebanyak 7 orang atau 23.3%, untuk responden dari program studi Teknik Desain Manufaktur adalah sebanyak 2 orang atau 6.67%, untuk responden dari program studi Teknik Perpipaan adalah sebanyak 3 orang atau 10%.

Sumber Risiko

- Dua puluh delapan orang (93.4%) dari 30 responden menyatakan bahwa kampus belum menyediakan pelindung kerja yang memadai seperti helm, *safety shoes*, sarung tangan, masker, dll yang dapat menghindari kecelakaan kerja.
- Enam belas orang (53.3%) dari 30 responden menyatakan bahwa semua peralatan kerja dalam tidak dalam kondisi baik dan tidak layak pakai.
- Delapan orang (26.7%) dari 30 responden menyatakan bahwa bagian dari peralatan yang berbahaya tidak diberi suatu tanda-tanda.
- Delapan orang (26.7%) dari 30 responden menyatakan bahwa semua mahasiswa yang praktik dalam kondisi lingkungan kerja yang tidak aman dan bersih
- Empat orang (13.4%) dari 30 responden menyatakan bahwa pihak kampus tidak memberikan pelatihan bagi mahasiswa untuk bertindak dengan aman.
- Tiga orang (10%) dari 30 responden menyatakan bahwa pihak kampus tidak memberikan metode/petunjuk kerja yang dapat mempermudah kinerja praktikum mahasiswa.
- Empat orang (13.3%) dari 30 responden menyatakan bahwa dosen tidak melakukan pengawasan secara intensif terhadap pelaksanaan praktikum.

Penentuan Tingkat Risiko

Tingkat risiko pada setiap kriteria ditentukan dengan rumus sebagai berikut ini:

$$\text{Indeks Risiko} = \text{Frekuensi} \times \text{Dampak}$$

Pada penilaian risiko menggunakan analisa Matriks Tingkat Risiko. Tujuan penilaian matriks risiko untuk menentukan derajat risiko suatu kejadian berdasarkan dampak dan peluang.

Tabel 3. Matriks Tingkat Risiko

5 = Sangat Sering	M	M	M	E	E
4 = Sering	L	M	M	E	E
3 = Cukup Sering	L	M	M	H	H

2 = Jarang	L	L	M	M	H
1 = Tidak Pernah	N	L	L	L	M
Frekuensi	1 = Tidak Ada	2 = P3K	3 = Penanganan Medis	4 = Cacat	5 = Kematian
	Dampak				

Sumber: Data Proyek PT CBM, Sepang BAW, 2013

Keterangan Tingkat Risiko:

- Negligible* (N) = Sangat Rendah
- Low* (L) = Rendah
- Moderate* (M) = Moderat
- High* (H) = Tinggi
- Extreme* (E) = Ekstrim

Tabel 4. Kriteria Utama Kecelakaan Kerja

No.	Kriteria Utama Kecelakaan Kerja	Responden		<i>Risk Rating</i>	<i>Risk Level</i>
		Frekuensi	Dampak		
1.	Risiko terkena percikan bunga api	1	1	1	N
2.	Risiko terkena asap las dan debu beracun	1	1	1	N
3.	Risiko terkena radiasi sinar <i>Ultraviolet</i> dan Ultra Merah	1	1	1	N

Setelah kuisioner diolah, maka didapatkan *Risk Rating* dan *Risk Level* frekuensi terjadinya kecelakaan kerja dari masing-masing kriteria dan yang ditampilkan dalam tabel-tabel berikut :

Tabel 5. Tingkat Frekuensi Kriteria Utama Kecelakaan Kerja

No	Kriteria Utama Kecelakaan Kerja	Responden					Jumlah Responden	Persentase (%)				
		N	L	M	H	E		N	L	M	H	E
1.	Risiko terkena percikan bunga api	4	3	13	7	3	30	13,3	10	43,3	23,3	10
2.	Risiko terkena asap las dan debu beracun	3	2	13	8	4	30	10	6,7	43,3	26,7	13,3

3.	Risiko terkena radiasi sinar <i>Ultraviolet</i> dan Ultra Merah	3	5	11	7	4	30	10	16,7	36,7	23,3	13,3
----	---	---	---	----	---	---	----	----	------	------	------	------

Tabel di atas menunjukkan bahwa frekuensi risiko terjadinya kecelakaan kerja tertinggi adalah pada risiko terkena percikan bunga api serta risiko terkena asap las dan debu beracun dengan *risk level* Moderat sebesar 43,3 %.

Setelah kuosioner diolah, maka didapatkan *Risk Rating* dan *Risk Level* dampak dari kecelakaan kerja masing-masing kriteria dan yang ditampilkan dalam tabel-tabel berikut :

Tabel 6. Tingkat Dampak Kriteria Utama Kecelakaan Kerja

No	Kriteria Utama Kecelakaan Kerja	Responden					Jumlah Responden	Persentase (%)				
		N	L	M	H	E		N	L	M	H	E
1.	Risiko terkena percikan bunga api	4	7	10	8	1	30	13.3	23.3	33.3	26.7	3.3
2.	Risiko terkena asap las dan debu beracun	3	2	12	10	3	30	10	6.7	40	33.3	10
3.	Risiko terkena radiasi sinar <i>Ultraviolet</i> dan Ultra Merah	2	6	12	7	3	30	6.7	20	40	23.3	10

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan analisa diperoleh kesimpulan bahwa sumber risiko saat praktikum pengelasan tertinggi yakni 93.4% dimana pihak kampus belum menyediakan pelindung kerja yang memadai seperti helm, *safety shoes*, sarung tangan, masker, dll yang dapat menghindari kecelakaan kerja. Dari tabel frekuensi menunjukkan bahwa frekuensi risiko terjadinya kecelakaan kerja tertinggi adalah pada risiko terkena percikan bunga api serta risiko terkena asap las dan debu beracun dengan *risk level* Moderat sebesar 43,3 %. Dari analisa lapangan diperoleh alternatif pengendalian risiko yang dapat dilakukan pada risiko terkena percikan bunga api dan risiko asap las disertai debu beracun, pengendalian risikonya adalah dengan cara melengkapi APD (Alat Pelindung Diri), serta memperketat pengawasan terhadap mahasiswa yang tidak memakai alat pelindung diri.

5. DAFTAR NOTASI

Indeks Risiko = Frekuensi x Dampak

6. DAFTAR PUSTAKA

Hanafi, Mamduh, 2012. *Manajemen Risiko*. Edisi Kedua. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
 Sepang, BAW., 2013. Jurnal Sipil Statik. *Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proyek Pembangunan Ruko Orlens Fashion Manado*, 1 (4), 282-288.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Perancangan Metode Kontrol LQR (Linear Quadratic Regulator) Sebagai Solusi Optimal Pengendalian Gerak Quadrotor

Hanum Arrosida

Teknik Komputer Kontrol
Politeknik Negeri Madiun, PNM
Madiun-Jawa Timur, Indonesia
hanumarrosida@pnm.ac.id

Abstrak

Quadrotor Qball-X4 merupakan pesawat tanpa awak dengan empat motor yang polanya diletakkan secara menyilang. Quadrotor sebagaimana fungsinya, harus memiliki keseimbangan yang baik saat terbang, terutama pada gerak rotasi dan translasi yang sangat mempengaruhi terbang Quadrotor. Gerak lateral merupakan gerak Quadrotor secara horizontal pada ketinggian atau gerak translasi, gerakan ini sangat vital untuk memenuhi kebutuhan Quadrotor dalam mencapai way-to-way point yang telah ditentukan sehingga diperlukan kontroler untuk menstabilkannya. Sistem kontrol yang digunakan pada Quadrotor untuk mengatur gerak translasi sumbu X dan sumbu Y menggunakan kontroler LQR sehingga penentuan parameter-parameter harus tepat agar didapatkan kestabilan yang diinginkan saat melakukan gerak lateral. Nilai parameter yang didapatkan dari hasil tuning terstruktur pada simulasi kontroler LQR untuk pengendalian sumbu X dan Y diperoleh $Q=1000$ $R=0.3$.

Kata kunci: Quadrotor; Roll; Pitch; LQR; Lateral.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Quadrotor memiliki kemampuan untuk bergerak pada sumbu x, y, dan z. Gerakan dan kecepatan Quadrotor ditentukan oleh kecepatan masing-masing motor. Selain itu, harus diperhatikan juga mengenai pengendalian dalam hal *attitude* dari Quadrotor antara lain gerakan akselerasi (*thrust*), gerakan mengguling (*roll*), gerakan mengangguk (*pitch*) dan gerakan memutar (*yaw*). Quadrotor sebagaimana fungsinya, harus memiliki keseimbangan yang baik saat terbang, terutama pada gerak rotasi dan translasi yang sangat mempengaruhi kondisi terbang Quadrotor [1].

Pengendalian pada Quadrotor memiliki tantangan tersendiri untuk dilakukan secara otomatis, karena Quadrotor memiliki kemampuan gerak manuver yang tinggi, nonlinearitas yang tinggi, dan memiliki enam derajat kebebasan dengan empat aktuator [2]. Beberapa tahun terakhir, berbagai macam metode kontrol telah dieksplorasi dan diaplikasikan untuk pengendalian posisi dan orientasi Quadrotor. Metode kontrol konvensional seperti PID banyak digunakan untuk pengendalian gerak Quadrotor dengan pendekatan *model linear*, namun efek nonlinearitas dari Quadrotor tidak dapat dikompensasi dengan baik oleh kontroler PID.

Dari beberapa penelitian yang telah dipelajari, terdapat beberapa kelemahan yang ditemukan. Kelemahannya antara lain, dilakukannya linearisasi pada *plant nonlinear* yang menyebabkan sempitnya daerah kerja dan penggunaan kontroler *nonlinear* harus disesuaikan dengan karakter sistem. Oleh karenanya, pada Penelitian ini diajukan metode kontrol LQR (*Linear Quadratic Regulator*) untuk memperoleh solusi optimal pada sistem nonlinear yang telah dilinearisasi, sehingga dapat digunakan secara tepat untuk pengendalian gerak pada Quadrotor.

Rumusan Masalah

. Berdasarkan latar belakang, dapat ditarik pernyataan yang menjadi rumusan permasalahan dalam penelitian ini

1. Bagaimana proses linearisasi pada Quadrotor berdasarkan persamaan sistem yang *nonlinear*.
2. Bagaimana menerapkan metode LQR (*Linear Quadratic Regulator*) dalam pengendalian gerak Quadrotor.
3. Bagaimana mengendalikan gerak Quadrotor agar dapat mengikuti trayektori yang ditentukan dengan nilai *error minimum*.

Batasan Masalah

Dalam penelitian Perancangan Metode Kontrol LQR (*Linear Quadratic Regulator*) Sebagai Solusi Optimal Pengendalian Gerak Quadrotor ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

1. Pembuatan dan pengujian sistem dilakukan melalui simulasi
2. Tidak membahas pengendalian arah atau orientasi.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini :

1. Penerapan konsep perancangan metode kontrol LQR (*Linear Quadratic regulator*) pada sistem pengendalian gerak *Quadrotor*.
2. Proses pengendalian gerak *Quadrotor* agar dapat mengikuti trayektori yang ditentukan dengan *error* minimum.

Kontribusi

Penelitian ini diharapkan mempunyai kontribusi untuk memperoleh rancangan metode kontrol LQR pada pengendalian gerak *Quadrotor*. Harapan selanjutnya dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam mengembangkan metode kontrol yang tepat untuk pengendalian gerak *Quadrotor* sehingga *Quadrotor* dapat melakukan gerak pada trayektori yang ditentukan dengan stabil.

Luaran

Agar produk dan teknologi yang diteliti dan dikembangkan pada penelitian yang dilakukan di Politeknik Negeri Madiun ini dapat diketahui oleh masyarakat umum maka Luaran dalam penelitian ini adalah: Seminar nasional.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa proses secara bertahap dan berurutan agar tercapai tujuan dalam penelitian ini. Tahap pertama adalah melakukan kajian pustaka yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Kajian pustaka yang dilakukan berhubungan dengan kontroler LQR (*Linear Quadratic Regulator*) dan simulasi pada Matlab di mana materi-materi tersebut ditemukan pada jurnal ilmiah, *proceeding* dan buku teks.

Tahap kedua adalah melakukan pemodelan dinamika *Quadrotor* untuk memperoleh model matematis *plant*. Model ini dapat diperoleh dengan pendekatan dari model matematis sistem yang telah diperhitungkan berdasarkan hubungan sifat fisik.

Tahap ketiga dilakukan perancangan kontroler untuk sistem agar tercapai tujuan secara keseluruhan. Untuk itu diperlukan analisis secara detail permasalahan yang terjadi pada pengendalian gerak *Quadrotor*.

Tahap keempat penerapan melalui simulasi sehingga dapat diketahui respon dari kontroler yang diterapkan pada *plant*, yaitu data simulasi gerak pada trayektori yang ditentukan, nilai *error steady state* yang diperoleh, kemampuan mengatasi gangguan yang diberikan serta mengetahui tingkat kestabilan *Quadrotor* saat terbang.

Tahap selanjutnya, melakukan pengujian dan analisis dari skema kontroler yang telah diterapkan apakah sudah sesuai dengan perancangan secara matematis. Jika hasilnya kurang maksimal bisa dilakukan perubahan atau modifikasi pada sistem atau skema kontrol yang digunakan.

Langkah terakhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan dari yang sudah dikerjakan, jika hasil pengujian menunjukkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai, maka penelitian berhasil menyelesaikan permasalahan dan tujuan dari penelitian tercapai.

Peubah yang Diamati/Diukur

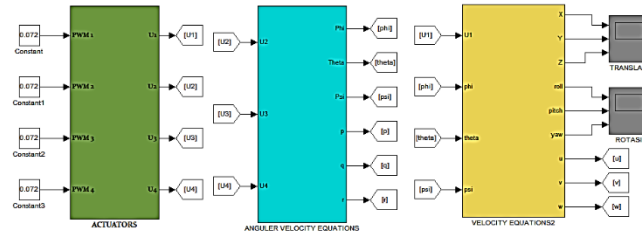
Data – data nilai konstanta dari parameter *plant* yang akan digunakan dalam simulink MATLAB terdapat pada Tabel 2. Parameter peubah menunjukkan parameter fisik dari *Quadrotor*.

Tabel 2. Parameter *Plant Qball-X4 Quadrotor*

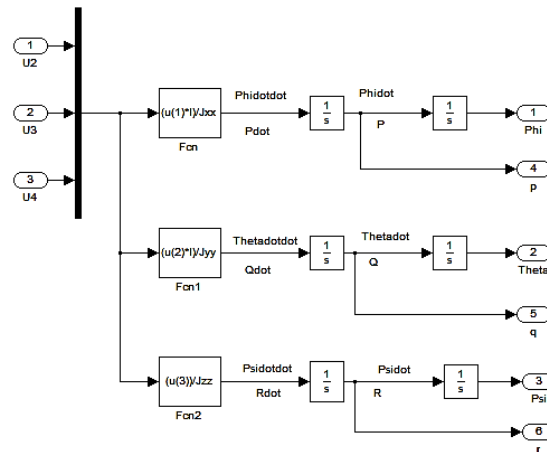
Parameter	Simbol	Nilai	Unit
Input PWM dari aktuator	K	120	N
Jarak antara baling-baling hingga pusat <i>Quadrotor</i>	L	0.2	M
Momen inersia pada sumbu x	J_{roll}	0.03	kg.m ²
Momen inersia pada sumbu y	J_{pitch}	0.03	kg.m ²
Momen inersia pada sumbu z	J_{yaw}	0.04	kg.m ²
Massa <i>Quadrotor</i>	M	3.499	kg
<i>Bandwidth</i> aktuator	ω	15	rad/sec

Model yang Digunakan

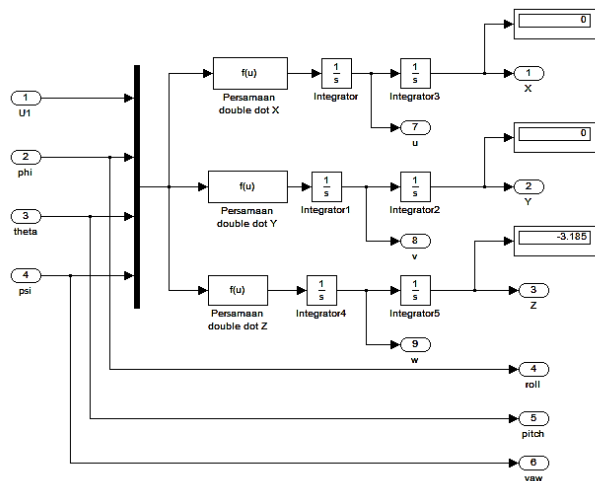
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai pemodelan sistem Qball-X4 *Quadrotor* yang akan dibuat diagramnya pada *simulink* MATLAB agar dapat disimulasikan. Pemodelan dari Qball-X4 *Quadrotor* ini dapat ditulis dalam bentuk diagram blok *simulink*. Pada Gambar 1 terdapat struktur subsistem rotasi (ϕ, θ, ψ) dan subsistem translasi (x, y, z). Subsistem dari rotasi dan translasi merupakan persamaan matematik yang dijabarkan dalam bentuk diagram blok. Masing – masing subsistem ditunjukkan pada Gambar 2 untuk nilai rotasi dan Gambar 3 untuk nilai translasi.



Gambar 1. Diagram Simulink Plant Qball-X4 Quadrotor



Gambar 2. Diagram Simulink Subsistem Rotasi



Gambar 3. Diagram Simulink Subsistem Translasi

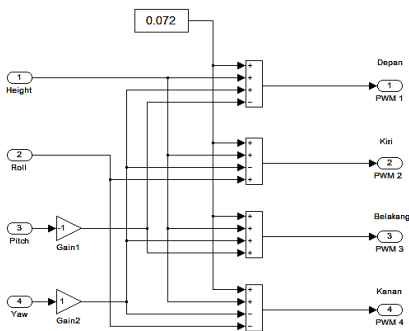
Rancangan Penelitian

Dalam perancangan simulasi *Quadrotor* ada 12 buah keluaran yang nantinya menentukan gerak-gerak dari *Quadrotor*. Dua belas keluaran dari kinematik dan dinamika *Quadrotor* diintegrasikan untuk mendapatkan nilai translasi dan rotasi dari *Quadrotor*. Masukan dari model berupa kecepatan putar dari motor 1-4. Dari kecepatan putar tersebut kemudian dihitung nilai gaya-gaya yang bekerja sesuai dengan teori dasar yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Persamaan kecepatan putar dari masing-masing motor dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \frac{F_{T_1} + F_{T_2} + F_{T_3} + F_{T_4}}{m} \\
 U_2 &= F_{T_2} - F_{T_4} \\
 U_3 &= F_{T_1} - F_{T_3} \\
 U_4 &= (F_{T_1} + F_{T_3} - F_{T_2} - F_{T_4})d
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

Hover pada *Quadrotor* dapat terjadi apabila secara *visual* saat *Quadrotor* tersebut terbang melayang dan diam tidak menempel *ground* atau gaya ke atas yang dialami *Quadrotor* sama dengan gaya beratnya. Gaya ke atas sebanding dengan kecepatan putar motor, di mana kecepatan putar motor saat gaya ke atas sebanding dengan gaya berat *Quadrotor* dinamakan kecepatan putar nominal. Besar kecepatan putar nominal (gaya angkat) sebesar 0.072.

Pada simulasi ini, sinyal yang diberikan adalah berupa pulsa PWM. Untuk dapat dimasukkan dalam 12 persamaan maka dapat kita berikan masukan berupa PWM nominal dengan perancangan *adder* seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Adder

Teknik Analisis Data

Linearisasi *Plant Qball-X4 Quadrotor*

Persamaan model dari *Quadrotor* didapatkan melalui pemodelan fisik yang dasar teorinya telah dijelaskan pada Bab sebelumnya. Dalam perancangan simulasi *Quadrotor* ada 12 buah keluaran yang nantinya menentukan gerak-gerak dari *Quadrotor*. Persamaan tersebut dituliskan pada Persamaan 2.

$$\ddot{x} = U_1 (\cos \phi \sin \psi + \cos \phi \sin \theta \cos \psi) \tag{3.2}$$

$$\ddot{y} = U_1 (-\sin \phi \cos \psi + \cos \phi \sin \theta \sin \psi) \tag{3.3}$$

$$\ddot{z} = U_1 \cos \phi \cos \theta - g \tag{3.4}$$

$$\ddot{\phi} = \dot{p} = \frac{U_2 l}{J_{xx}} - \frac{qr}{J_{xx}} (J_{xx} - J_{yy}) \tag{2}$$

$$\tag{3.5}$$

$$\ddot{\theta} = \dot{q} = \frac{U_3 l}{J_{yy}} - \frac{pr}{J_{yy}} (J_{xx} - J_{zz})$$

$$\tag{3.6}$$

$$\ddot{\psi} = \dot{r} = \frac{U_4}{J_{zz}} - \frac{pq}{J_{zz}} (J_{yy} - J_{xx}) \tag{3.7}$$

Ketika gaya drag diabaikan dan sudut orientasi dibuat sangat kecil untuk penerbangan hover, diperkirakan sebesar 0.1 radian.

$$\phi \ll 0.1 \Rightarrow \sin(\phi) \cong 0, \cos \cong 1 \quad (3.8)$$

$$\theta \ll 0.1 \Rightarrow \sin(\theta) \cong 0, \cos \cong 1 \quad (3.9)$$

Sehingga persamaan kinematik dapat disederhanakan menjadi:

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (3) \quad (3.10)$$

Jika menggunakan penurunan pada Persamaan 3 dan menerapkannya pada Persamaan 4, maka akan didapatkan persamaan 5.

$$\begin{bmatrix} \dot{p} \\ \dot{q} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{(F_{T_2} - F_{T_4})l}{J_{xx}} - \frac{qr}{J_{xx}}(J_{zz} - J_{yy}) \\ \frac{(F_{T_1} - F_{T_3})l}{J_{yy}} - \frac{pr}{J_{yy}}(J_{xx} - J_{zz}) \\ \frac{(F_{T_1} + F_{T_3} - F_{T_2} - F_{T_4})l}{J_{zz}} - \frac{pq}{J_{zz}}(J_{yy} - J_{xx}) \end{bmatrix} \quad (4) \quad (3.11)$$

$$\ddot{\phi} = \dot{p} = \frac{U_2 l}{J_{xx}} - \frac{qr}{J_{xx}}(J_{zz} - J_{yy}) \quad (3.12)$$

$$\ddot{\theta} = \dot{q} = \frac{U_3 l}{J_{yy}} - \frac{pr}{J_{yy}}(J_{xx} - J_{zz}) \quad (5)$$

(3.13)

$$\ddot{\psi} = \dot{r} = \frac{U_4}{J_{zz}} - \frac{pq}{J_{zz}}(J_{yy} - J_{xx}) \quad (3.14)$$

6. Jika efek coriolis diabaikan, penyederhanaan persamaan pergerakan dapat diturunkan menjadi Persamaan

$$\ddot{\phi} = \dot{p} = \frac{U_2 l}{J_{xx}} \quad (3.15)$$

$$\ddot{\theta} = \dot{q} = \frac{U_3 l}{J_{yy}} \quad (6) \quad (3.16)$$

$$\ddot{\psi} = \dot{r} = \frac{U_4}{J_{zz}} \quad (3.17)$$

Sedangkan persamaan gerak translasi dapat ditulis menjadi persamaan sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1(\cos \phi \sin \psi + \cos \phi \sin \theta \cos \psi) \\ U_1(-\sin \phi \cos \psi + \cos \phi \sin \theta \sin \psi) \\ U_1 \cos \phi \cos \theta - g \end{bmatrix} \quad (7) \quad (3.18)$$

Oleh sebab itu, 12 keluaran dari pemodelan *Quadrotor* dapat ditulis seperti berikut:

$$\dot{X} = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \phi \\ \theta \\ \psi \\ \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ U_1(\cos \phi \sin \psi + \cos \phi \sin \theta \cos \psi) \\ U_1(-\sin \phi \cos \psi + \cos \phi \sin \theta \sin \psi) \\ U_1 \cos \phi \cos \theta - g \\ \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \\ \frac{U_2 l}{J_{xx}} \\ \frac{U_3 l}{J_{yy}} \\ \frac{U_4}{J_{zz}} \end{bmatrix} = f(X, U) \tag{3.19}$$

dengan,

$$X = [x, y, z, u, v, w, \phi, \theta, \psi, p, q, r]^T$$

$$X = [x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \phi, \theta, \psi, \dot{\phi}, \dot{\theta}, \dot{\psi}]^T$$

dan $U = [U_1, U_2, U_3, U_4]^T$ (3.20)

Perancangan Kontroler

Setelah diperoleh model matematika dan konstanta maka dapat dilakukan perancangan kontroler dengan mencari parameter-parameter kontroler yang diperlukan.

Model Roll dan Pitch

Dalam pemodelan *roll* dan *pitch* ini momen inersia dianggap sama $J_{xx}=J_{yy}=J$, oleh karena itu pemodelan rotasi *roll* dan *pitch* dapat dirumuskan menjadi persamaan *state* sebagai berikut:

$$\ddot{\phi} = \dot{p} = \frac{U_2 l}{J_{xx}} = \frac{l}{J_{xx}} K \frac{\omega}{s + \omega} \Delta u \tag{3.21}$$

$$\ddot{\theta} = \dot{q} = \frac{U_3 l}{J_{yy}} = \frac{l}{J_{yy}} K \frac{\omega}{s + \omega} \Delta u \tag{3.22}$$

$$\Delta u = u_1 - u_3 \text{ atau } \Delta u = u_2 - u_4 \tag{8}$$

Jika persamaan diatas dan dinamika aktuator digabungkan maka dapat menghasilkan persamaan *state-space* berikut ini:

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \ddot{\phi} \\ \dot{v} \\ \dot{s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{Kl}{J} & 0 \\ 0 & 0 & -\omega & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \\ v \\ s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega \\ 0 \end{bmatrix} \Delta u = A \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \\ v \\ s \end{bmatrix} + B \Delta u \tag{3.24}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \\ \dot{v} \\ \dot{s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{Kl}{J} & 0 \\ 0 & 0 & -\omega & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ v \\ s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega \\ 0 \end{bmatrix} \Delta u = A \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ v \\ s \end{bmatrix} + B \Delta u \tag{3.25}$$

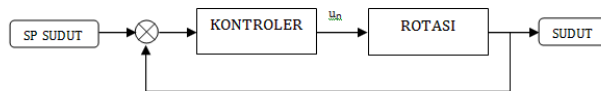
Jadi model *state-space* dan nilai matriks A dan B mempunyai nilai yang sama sehingga besarnya sudut akan menjadi sama dan hanya satu perhitungan yang harus dilakukan untuk menyelesaikan besarnya gain dalam LQR.

Perhitungan nilai K menggunakan program m-file. Dalam perhitungan nilai K, diperlukan penentuan nilai matriks pembobot Q dan R. Setelah dilakukan proses tuning nilai Q dan R, maka diperoleh nilai pembobot Q dan R dengan *output* yang paling baik. Nilai matriks Q dan R untuk *roll* dan *pitch* adalah:

$$Q = \begin{bmatrix} 10000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad R = 1 \quad (9)$$

Setelah didapatkan matriks Q dan R, kemudian nilai tersebut dijalankan dalam program sehingga diperoleh *gain feedback* untuk *roll* dan *pitch* adalah $K=[100,0242 \quad 2,4230 \quad 37,9604 \quad 1]$. Nilai gain optimal (K) yang merupakan keluaran dari kontroler *roll - pitch* ditulis dalam m-file yang dapat dilihat pada lampiran *listing* program.

Perancangan diagram blok sistem untuk pengendalian sudut *roll* dan *pitch* dapat ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Blok Sudut *Roll-Pitch*

Pemodelan Ketinggian

Qball-X4 bergerak secara vertikal (sepanjang sumbu Z) merupakan akibat perputaran empat baling-baling yang berputar secara bersama-sama. Dimisalkan, masukan PWM untuk setiap baling-baling besarnya sama jadi model dinamik Qball-X4 pada kasus ini dapat ditulis sebagai berikut:

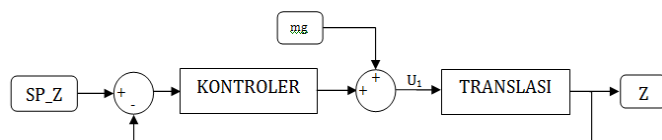
$$\ddot{z} = \frac{4F_T}{m} \cos \phi \cos \theta - g \quad \text{dengan } F = Kv \quad (3.27)$$

Persamaan dinamik di atas dapat dituliskan menjadi *state-space* seperti berikut ini:

$$\begin{bmatrix} \dot{Z} \\ \ddot{Z} \\ \dot{v} \\ \dot{s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{4K}{m} & 0 \\ 0 & 0 & -\omega & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z \\ \dot{Z} \\ v \\ s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ -g \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

(3.28)

Perancangan diagram blok sistem untuk pengendalian ketinggian dapat ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok Ketinggian

Pemodelan Yaw

Pergerakan sumbu *yaw* disebabkan oleh perbedaan torsi antara motor yang berputar searah dengan jarum jam (motor 1 dan 3) dengan motor yang berputar berlawanan jarum jam (motor 2 dan 4). Pergerakan sumbu *yaw* ditunjukkan oleh Persamaan 29.

$$\ddot{\psi} = \dot{r} = \frac{U_4}{J_{zz}} = \frac{K_{yaw}}{J_{zz}} \Delta u \quad (11) \quad (3.29)$$

$$\Delta u = u_1 + u_3 - u_2 - u_4$$

Persamaan dinamik sumbu *yaw* ditulis dalam bentuk *state-space* pada Persamaan 30.

$$\begin{bmatrix} \dot{\psi} \\ \ddot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K_{yaw}}{J_{zz}} \end{bmatrix} \Delta u \quad (12) \quad (3.30)$$

Kontroler Linear Quadratic Regulator (LQR)

Ada beberapa prosedur yang dilakukan untuk mendapatkan parameter kontroler *Linear Quadratic Regulator* (LQR). Penghitungan parameter kontroler LQR membutuhkan parameter *plant* dalam bentuk *state space*. Pada penelitian ini kontroler optimal LQR digunakan untuk mendapatkan sistem yang stabil, yaitu mendekati *set point*, matrix pembobot Q dan R didapat dengan melakukan *tuning (trial and error)*. Karena proses *waypoint* membutuhkan *tracking* hanya pada gerak translasi X dan Y, maka persamaan *state* dan pengaturan dengan LQR dibatasi hanya pada X dan Y (Persamaan 13 dan 14). Representasi *plant* dalam *state-space*:

$$\ddot{x} = \frac{4K}{m} v \sin \theta \approx \frac{4K}{m} v \theta$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \frac{4K}{m} v \theta \quad (13) \quad (3.31)$$

$$\ddot{y} = \frac{4K}{m} v (-\sin \phi) \approx -\frac{4K}{m} v \phi$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \ddot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \frac{4K}{m} v \phi \quad (14) \quad (3.32)$$

Dari Persamaan 13 dan 14, didapatkan nilai-nilai parameter kontroler LQR seperti di bawah ini.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [1 \quad 0] \quad (15)$$

Kemudian untuk pemilihan matriks pembobot, matriks Q adalah matriks yang nilainya menentukan lebar area *state*, sedangkan matriks R adalah matriks yang nilainya menentukan lebar jangkauan aksi kontrol. Semakin besar matriks Q maka akan memperbesar elemen penguatan *state feedback gain* K sehingga akan mempercepat respon mencapai keadaan tunak. Untuk hasil desain yang baik maka dipilih harga matriks Q besar dan R kecil. Dengan melalui proses *trial and error*, dipilih nilai matriks Q dan R sebesar:

$$Q = 1000 \quad R = 0.3$$

Penghitungan parameter kontroler dilakukan melalui beberapa tahap: pertama, penyelesaian matriks *Differential Riccati Equation* (DRE)

$$0 = -\bar{P}A - A'\bar{P} + \bar{P}B R^{-1} B'\bar{P} - C'QC \quad (3.33)$$

kedua, menyelesaikan persamaan kontrol optimal yang didapatkan melalui:

$$u^*(t) = -K(t)x^*(t) + R^{-1}(t)B'(t)g(t)$$

$$\text{di mana } K(t) = R^{-1}(t)B'(t)P(t) \quad (3.34)$$

Setelah program dijalankan dengan memasukkan nilai matriks Q dan R maka akan diperoleh *gain feedback* untuk sumbu X dan Y adalah $K = [100,024 \quad 2,423 \quad 37,960 \quad 1]$.

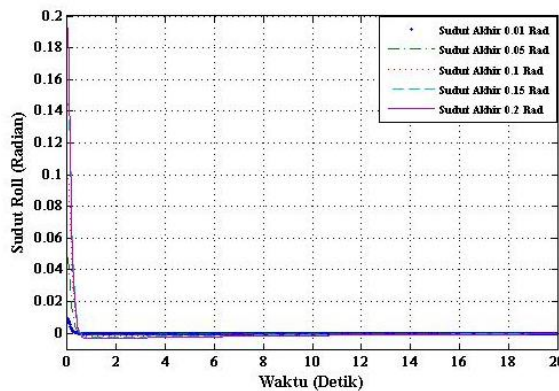
3. HASIL DAN ANALISA

Simulasi Gerak Rotasi

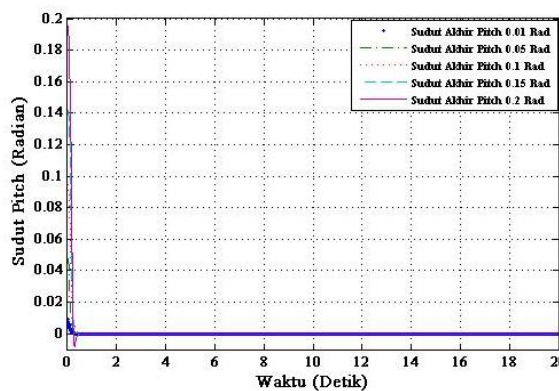
Terdapat 2 gerak yang akan diuji dalam hal ini yaitu gerak rotasi hanya pada sudut *pitch* dan *roll*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak simulink Matlab. Gerak rotasi sudut *pitch* dipengaruhi oleh sumbu X, gerak sudut *roll* dipengaruhi oleh sumbu Y sementara pada sudut *yaw* dan ketinggian diabaikan.

➤ Simulasi dengan *Initial Condition* yang Berbeda

Simulasi ini menunjukkan respons sistem ketika diberikan *initial condition* yang bukan merupakan nilai *operating point*-nya. Gambar 7 merupakan respons dari *roll* dan *pitch* terhadap *initial condition* yang tidak pada *operating point*-nya. *Initial condition* dari sudut *roll* dan *pitch* dibuat berubah-ubah sebesar 0,01 rad, 0,05 rad, 0,1 rad, 0,15 rad, 0,2 rad.



Gambar 7. Respons Roll Terhadap *Initial Condition* yang Berbeda



Gambar 8. Respons Pitch Terhadap *Initial Condition* yang Berbeda

Gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa ketika *roll* dan *pitch* diberi *initial condition* yang berbeda-beda maka respon akan bergerak menuju titik nol. Hasil dari analisa di atas menunjukkan sudut *roll* dan *pitch* menuju titik stabil saat mendekati detik ke-20.

➤ Simulasi Perubahan Matriks Pembobot Q dan R

Pada pengujian ini dilakukan dengan mengubah-ubah nilai dari matriks pembobot Q dan R untuk mendapatkan variasi gain K. Langkah yang paling mudah adalah mengtuning matriks pembobot Q dan R dengan memberikan pembobot R=1 dan Q=CT*C kemudian mengatur matriks Q agar sesuai dengan state mana yang lebih diutamakan. Perhitungan menggunakan *Algebra Riccati Equation* (ARE) pada matlab sehingga diperoleh gain K.

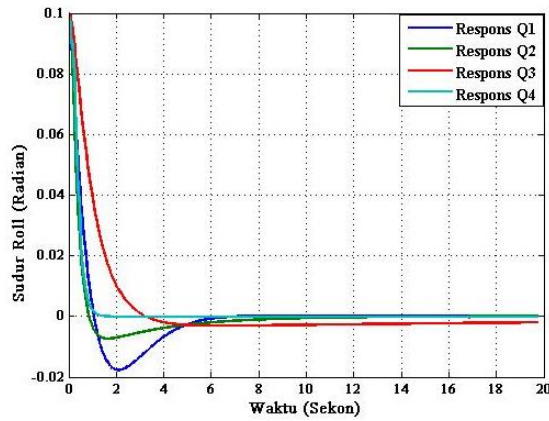
$$Q_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} K_1 = [1,7412 \quad 1,0159 \quad 13,7896 \quad 1] \quad (16)$$

$$Q_2 = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} K_2 = [3,4751 \quad 1,0382 \quad 16,958 \quad 1] \quad (17)$$

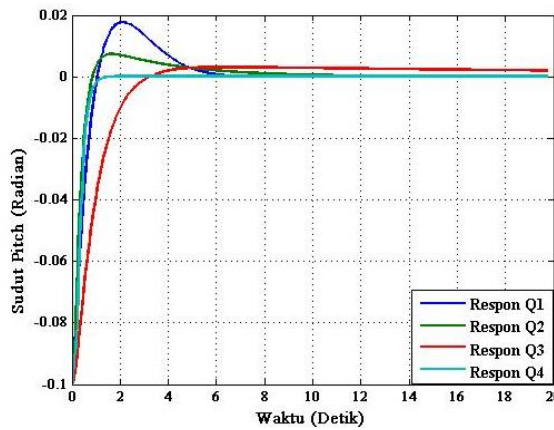
$$Q_3 = \begin{bmatrix} 100 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} K_3 = [10,3194 \quad 3,2451 \quad 40,1496 \quad 1] \quad (18)$$

$$Q_4 = \begin{bmatrix} 10000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} K_4 = [100,0242 \quad 2,423 \quad 37,9604 \quad 1] \quad (19)$$

Masing-masing respons gain K menunjukkan respons perubahan matriks pembobot Q yang disimulasikan pada simulink seperti pada Gambar 9 (*roll*) dan Gambar 10 (*pitch*).



Gambar 9. Respon Perubahan Q Terhadap Roll



Gambar 10. Respon Perubahan Q Terhadap Pitch

Berdasarkan respons yang telah ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10, *rise time* (tr) dari perubahan bobot Q dengan kriteria 5% - 95% untuk *roll* dan *pitch* besarnya bervariasi, besarnya *rise time* untuk masing-masing respon dihitung dengan menggunakan Persamaan 20-21.

$$\tau = 0,632 * K \tag{20}$$

$$tr = \tau * \ln 19 \tag{21}$$

Rise time dari masing-masing pembobot Q dan R pada sudut *roll* dan *pitch* adalah:

$$Q_1 \Rightarrow \tau = 1,1 \quad \text{maka, } tr = 3,239 \text{ detik}$$

$$Q_2 \Rightarrow \tau = 2,196 \quad \text{maka, } tr = 6,466 \text{ detik}$$

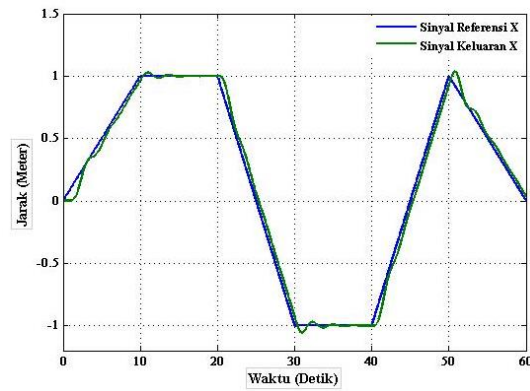
$$Q_3 \Rightarrow \tau = 6,522 \quad \text{maka, } tr = 19,203 \text{ detik}$$

$$Q_4 \Rightarrow \tau = 63,215 \quad \text{maka, } tr = 186,133 \text{ detik}$$

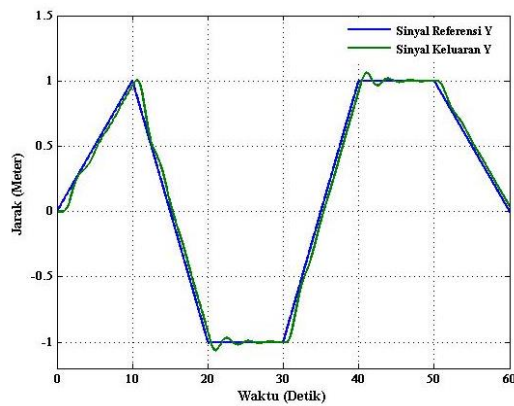
Dari hasil perubahan *rise time* menunjukkan semakin besar pembobot Q yang digunakan maka akan mempercepat respons sistem mencapai keadaan tunak (*steady state*).

Simulasi Gerak Translasi

Pada sub bab sebelumnya telah dibahas mengenai respon sudut *roll* dan *pitch* jika diberi *initial condition* dan referensi yang berbeda. Pada simulasi gerak translasi ini, diperoleh respon translasi sumbu X dan Y seperti pada Gambar 11 dan 12.

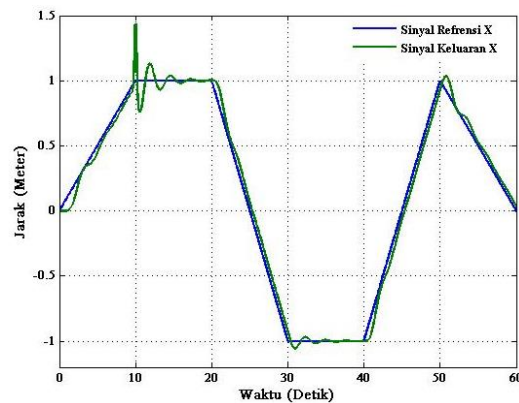


Gambar 11. Respon Translasi Sumbu X



Gambar 12. Respon Translasi Sumbu Y

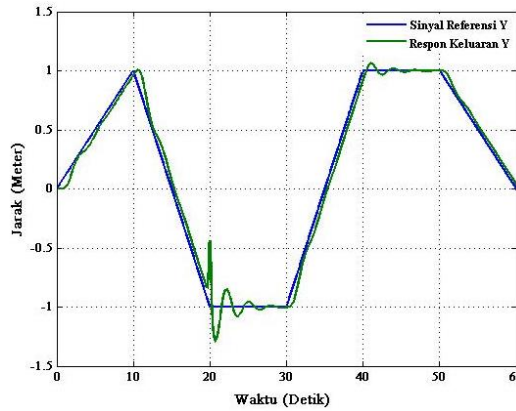
Selanjutnya, kontroler yang akan diuji adalah kontroler untuk gerak translasi X dan Y. Pengujian akan dilakukan dengan membandingkan hasil respon dari tiap sumbu yang diberi gangguan (gangguan pada sumbu X pada detik ke-10 dan sumbu Y pada detik ke-20) dan hasil respon dari setiap sumbu yang diberi gangguan dan dikontrol dengan kontroler LQR.



Gambar 13. Respon Sumbu X Terhadap Gangguan Detik ke-10

Gambar 13 terlihat bahwa tidak terjadi perubahan pada respon X. Hal ini disebabkan karena gangguan yang diberikan berhasil diredam sehingga tidak mempengaruhi respon dari translasi X.

Selanjutnya, akan dilihat perubahan dari respon Y yang diberi gangguan pada detik ke-20. Gambar 14 menunjukkan respon dari sumbu Y yang diberi gangguan di detik ke-20.



Gambar 14. Respon Sumbu Y Terhadap Gangguan Detik ke-20

Respon sumbu Y hampir sama dengan sumbu X karena sumbu X dan Y memiliki karakteristik yang sama. Hasil yang telah diperoleh dari perbandingan sumbu X dan Y yang diberi gangguan memiliki sedikit osilasi tetapi tidak berlangsung lama dan kemudian kembali mengikuti lintasan.

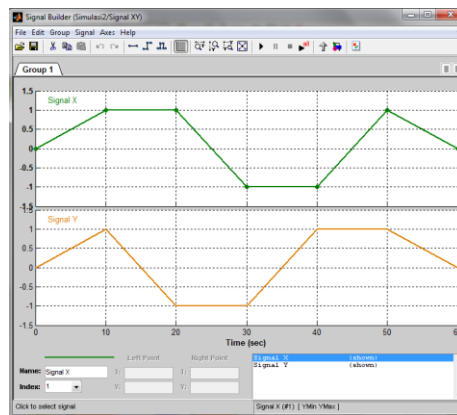
Gerak Waypoint

Gerak lintasan pada simulasi (*way-to-way point*) terlebih dahulu ditentukan lintasan sesuai dengan yang diharapkan. Pada simulasi ini, untuk dapat melihat respon gerak translasi pada sumbu X dan Y maka dibuat lintasan berupa persegi dengan arah pergerakan sebagai berikut:

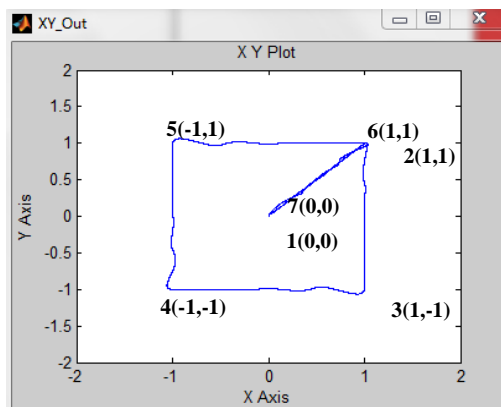
1. Posisi awal *Quadrotor* berada pada titik XY (0,0).
2. *Quadrotor* bergerak menuju titik XY (1,1), dimana sudut *roll* dan *pitch* sama-sama bergerak.
3. *Quadrotor* bergerak menuju titik XY (1,-1), di mana sudut *roll* bergerak sedangkan sudut *pitch* tetap.
4. *Quadrotor* bergerak menuju titik XY (-1,-1), di mana sudut *pitch* bergerak sedangkan sudut *roll* tetap.
5. *Quadrotor* bergerak menuju titik XY (-1,1), di mana sudut *roll* bergerak sedangkan sudut *pitch* tetap.
6. *Quadrotor* bergerak menuju titik XY (1,1), di mana sudut *pitch* bergerak sedangkan sudut *roll* tetap.
7. *Quadrotor* bergerak menuju titik XY (0,0), dimana sudut *roll* dan *pitch* sama-sama bergerak.
8. Ketinggian *Quadrotor* saat melakukan gerak lateral diabaikan, pada simulasi ini menggunakan ketinggian awal 2m.

Masukan sinyal X dan Y yang akan diberikan dibuat dengan bantuan salah satu *block* dari simulink yang bernama *signal builder* di mana *block* ini berfungsi untuk membuat sinyal sesuai dengan yang diharapkan oleh pengguna. Sinyal yang akan dipakai sebagai masukan untuk lintasan *Quadrotor* dapat dilihat pada Gambar 15.

Dapat dilihat hasil simulasi pada XY Graph berupa penampakan dua dimensi yang menunjukkan pergerakan translasi dari *Quadrotor* secara visual untuk mencapai *way-to-way point* yang telah ditentukan. Simulasi dua dimensi pada XY Graph dapat menunjukkan performansi secara intuitif dari *Quadrotor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 15. Sinyal Referensi X dan Y



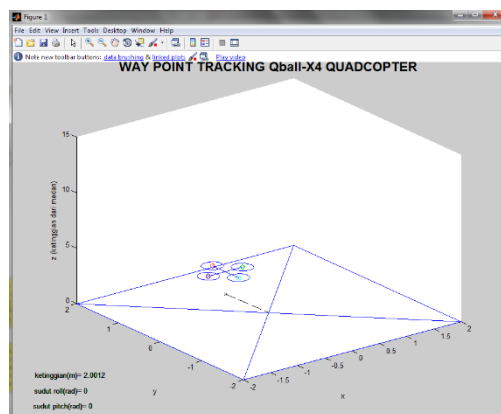
Gambar 16. Tampilan 2D Way-To-Way Point Pada XY Graph

Gambar 16 merupakan hasil respon gerakan translasi pada sumbu X dan sumbu Y yang dilakukan secara bergantian untuk dapat membuat lintasan persegi. Pada sumbu X akan diikuti oleh perubahan nilai sudut rotasi *pitch* sedangkan pada saat melakukan gerak translasi sumbu Y akan diikuti oleh perubahan nilai rotasi sudut *roll*. Perubahan rotasi sudut *roll* pada translasi sumbu X sangat kecil sehingga tidak mempengaruhi posisi sumbu Y pada saat *Quadrotor* bergerak. Begitu juga sebaliknya saat melakukan translasi pada sumbu Y, dimana perubahan rotasi sudut *pitch* pada translasi sumbu Y sangat kecil sehingga tidak mempengaruhi posisi sumbu X pada saat *Quadrotor* bergerak.

Simulasi 3D Pergerakan Quadrotor

Quadrotor pada penelitian ini disimulasikan dengan simulasi 3D, hal ini dilakukan agar dapat melihat pergerakan *Quadrotor* lebih jelas sehingga dengan melihat pergerakan pada simulasi tiga dimensi ini tidak ragu lagi untuk mengimpelentasikannya pada *plant Quadrotor* yang nyata, hal ini dimaksudkan juga untuk meminimalisir kerusakan *Quadrotor* akibat dari perancangan/desain kontrol yang tidak matang.

Hasil simulasi tiga dimensi menunjukkan pergerakan rotasi dan pergerakan translasi dari *Quadrotor* secara visual untuk mencapai *way-to-way point* yang telah ditentukan. Simulasi tiga dimensi dapat menunjukkan performansi secara intuitif dari *Quadrotor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Simulasi 3D Way-To-Way Point *Quadrotor*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai parameter yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan perhitungan LQR untuk mencari nilai optimal pitch dan roll didapatkan nilai $Q = \text{diag}([10000 \ 1 \ 1000 \ 1])$, $R=1$ sedangkan pada sumbu X dan Y menggunakan perhitungan LQR $Q=1000$, $R=0.3$.
2. Metode LQR dapat mengatasi gangguan yang diberikan pada gerak translasi X dan Y.
3. Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui target bergerak mengikuti sinyal referensi (signal builder) yang telah ditentukan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Milionis, Georgios, "A Frame For Collaborative Quadrotor-Ground Robot Missions", Thesis, Naval Postgraduate, California, 2011.

- Gamayanti, Nurlita, "Diktat Kuliah Dasar Sistem Pengaturan", Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- X. Hua, J. Feng-shui, Y. Jian-qiang. "Automatic Takeoff of Unmanned Aerial Vehicle based on Active Disturbance Rejection Control". IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. 2009.
- Desineni Subbaram Naidu, "Optimal Control System", CRC Press, 2003.
- Kardono, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pengaturan Optimal LQR untuk Menjaga Kestabilan Hover Pada Quacopter", Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- Ogata, Katsuhiko, "Teknik Kontrol Atuatomatik –terjemahan Ir. Edi Laksono" Erlangga, Jakarta 1991.
- Gamayanti, Nurlita, "Karakteristik Sistem Ordo Pertama", Teknik Sistem Pengaturan, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2010.
- Rosyid, Dimaz Ma'ruf. "Perancangan dan Implementasi Kontroler PID independent dan Metode Decoupling pada Gerakan Lateral UAV untuk Tracking Waypoint", Tugas Akhir, Teknik Sistem Pengaturan, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2012.
- W. Beard, Randal. "Quadrotor Dynamics and Control", Brigham Young University, February 19, 2008.
- Tommaso Bresciani, "Modelling, Identification and Control of a Quadrotor Helicopter". Department of Automatic Control Lund University, October 2008.
- Arjin, N. Theerachai, W. (2007), "Design of Decoupled Controller for TITO System using Characteristic Ratio Assignment", *International Conference on Control Automation and Systems*, 957-962.
- Ogata, K. (2002), *Modern Control Engineering*, 4th edition, Prentice-Hall, New Jersey.

Analisis Kebutuhan Dalam Perancangan Alat Bantu Terapi Stroke Dengan Menggunakan *QFD-AHP* dan Prinsip Ergonomi

Anda Iviana Juniani¹, Dewi Kurniasih², Lukman Handoko³

Prodi Teknik Desain Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111¹,
Prodi Teknik Desain Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111²,
Prodi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111³
andaiviana@ppns.ac.id

Abstrak

Analisa pengaruh dari berbagai karakteristik dan factor lingkungan pada penderita stroke di lima rumah sakit pemerintah di Surabaya belum pernah dilakukan sehingga diperlukan upaya untuk mengetahui sehingga bisa dilakukan upaya perbaikan untuk meminimalisir kemalasan pada penderita. Terapi latihan yang terdiri gerakan tubuh atau bagian tubuh tertentu untuk mengatasi gangguan atau memperbaiki fungsi. Terapi latihan di air bagi penderita stroke dilakukan dengan jangka waktu 6-8 minggu, dengan durasi 2 kali seminggu, sekali terapi waktunya 1 jam. Untuk itulah penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *QFD-AHP* dan Prinsip ergonomi, dimana hasilnya berdasarkan hasil kuisioner *AHP* untuk *voice of customer* bobot tertinggi untuk masing-masing kategori adalah untuk kategori fleksibel nilai tertinggi terdapat pada sub kategori alat mudah dibawa, kemudian pada kategori desain bobot tertinggi adalah alat ketinggian dapat disesuaikan saat penggunaan, pada kategori material bobot tertinggi adalah sub kategori penyangga terbuat dari bahan yang aman, Untuk kategori keamanan bobot tertinggi merupakan pada sub kategori pegangan atau genggaman nyaman saat digunakan dan pada kategori fungsi bobot tertinggi terdapat pada sub kategori alat dapat digunakan oleh penderita stroke ringan maupun berat. Kesimpulan dari penelitian ini adalah alat terapi yang dapat meminimalisir kemalasan penderita adalah alat terapi yang mudah dibawa, memiliki bahan yang aman dan tidak terlalu berat.

Kata Kunci : *Stroke, QFD-AHP, fungsi bobot, prinsip ergonomi, alat terapi.*

1. PENDAHULUAN

Di beberapa negara berkembang 10 – 12% dari seluruh total kematian setiap harinya disebabkan oleh *stroke*. *Stroke* berada di urutan ketiga sebagai penyebab kematian di dunia setelah jantung dan kanker, selain itu *stroke* juga merupakan penyebab kecacatan jangka panjang nomor satu di dunia. Di beberapa negara berkembang 10 – 12% dari seluruh total kematian setiap harinya disebabkan oleh *stroke*. Delapan program baru *Sustainable Development Goals (SDGs)* untuk pencegahan atau promosi kesehatan yang menjadi perhatian pun, kinisalah satunya adalah kematian akibat penyakit tidak menular seperti hipertensi, *stroke*, diabetes, jantung, gagal ginjal, dan masih banyak lainnya (liputan 6.com). Berdasarkan Laporan Tahunan Rumah Sakit tahun 2012 (per 31 Mei 2013), kasus penyakit terbanyak pasien rawat inap di rumah sakit umum pemerintah tipe C yang berada di Jawa Timur, salah satunya adalah *Cerebro Vascular Accident (CVA) Infark* atau yang dikenal oleh orang awam dengan *Stroke* adalah 548 kasus (Profil Kesehatan Jawa Timur, 2012).

Meskipun kemajuan yang signifikan dalam strategi pengobatan telah melewati 2 dekade, *stroke* masih tetap menjadi penyebab paling umum kecacatan di seluruh dunia dan bertanggung jawab untuk ketiga terbesar dari jumlah kematian. *Stroke* adalah penyakit otak yang paling destruktif dengan konsekuensi berat. *Stroke* tidak hanya akan menimbulkan kecacatan yang dapat membebani seumur hidup tapi juga ancaman kematian bagi pasien (Peisker, Koznar, Stetkarova, & Widimsky, 2016). Angka kejadian *stroke* baik serangan pertama kali ataupun serangan ulang lebih sering terjadi pada laki-laki (Sudlow and Warlow, 1997, Bonita, 1998 dalam Fitria 2012).

Ketika seorang pasien terkena serangan *stroke*, maka pasien tersebut akan mengalami kelainan neurologis seperti berkurangnya kemampuan motorik anggota tubuh dan otot, kognitif, visual dan koordinasi secara signifikan. Berkurangnya tingkat kemandirian dan mobilitas seorang pasien ini dapat berpengaruh terhadap kualitas hidup (*quality of life*) yang dimilikinya (Pongmoragot et al., 2016).

Untuk itu diperlukan rehabilitasi yang merupakan suatu upaya untuk mengembalikan pada saat setelah terkena serangan *stroke*, mengurangi tingkat depresi dan memberikan motivasi agar semangat menjalani pengobatan. Setelah mengalami masa pemulihan dan juga masa pengobatan di Rumah Sakit, para penderita *stroke* setelah diperbolehkan pulang ke rumah maka tentunya akan membutuhkan perawatan *stroke* di rumah. Perawatan *stroke* di rumah jika tidak di dampingi maka akan membuat pasien pasca *stroke* tidak termotivasi, karena daya ketergantungan mereka sangat tinggi kepada orang lain. Padahal cara terapi *stroke* ringan yang dapat dilakukan dirumah sangat penting untuk pemulihan pasca *stroke* agar kondisi tubuh dapat kembali normal. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk membuat sebuah alat bantu terapi penderita *stroke* yang ergonomis agar dapat meningkatkan motivasi, yang mudah digunakan secara mandiri bagi penderita pasca *stroke* di rumah.

2. METODOLOGI

Perumusan strategi akan menggunakan *Quality Function Deployment* (QFD). QFD digunakan untuk menentukan strategi prioritas yang diperoleh dari output AHP dalam bentuk matrik HOQ (*House of Quality*). Output yang dihasilkan berupa urutan prioritas berdasarkan tingkat kepentingan untuk masing-masing strategi. Setelah tahapan proses QFD-AHP dilakukan, maka tahapan selanjutnya yaitu membuat matrik *House of Quality* (HOQ). Matrik ini dibuat untuk memperlihatkan struktur untuk mendesain dan membentuk suatu siklus, dan bentuknya menyerupai sebuah rumah. Kunci dalam membangun HOQ adalah difokuskan pada kebutuhan pelanggan, untuk perumusan strategi perusahaan, kebutuhan pelanggan didefinisikan sebagai kebutuhan perusahaan dan manajerialnya sedangkan *Technical Respon* didefinisikan sebagai tindakan serta aktifitas yang menyebabkan strategi kebutuhan perusahaan tadi bisa diterapkan dalam perusahaan, sehingga proses desain dan pengembangan lebih sesuai dengan apa yang diinginkan perusahaan dalam aktivitasnya. Data technical respon yang dihasilkan dari metode *QFD-AHP* menjadi kerangka arah pengembangan rancangan alat terapi stroke yang selanjutnya didekatkan dengan metode *anthropometry* dari prinsip *ergonomic* kerja.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Output yang dihasilkan berupa urutan prioritas berdasarkan tingkat kepentingan untuk masing-masing strategi yang didapat dari hasil penyebaran kuesioner terdiri atas lima tahapan, yaitu :

I. *Voice of Costumer*

Voice of Customer merupakan sederet keinginan *customer* terhadap desain produk alat terapi stroke, dalam hal ini peneliti memperoleh *voice of customer* berdasarkan wawancara yang dilakukan terhadap para pasien stroke dan juga keluarga pasien stroke, setelah diperoleh beberapa keinginan dan kebutuhan konsumen. Pengelompokan suara konsumen

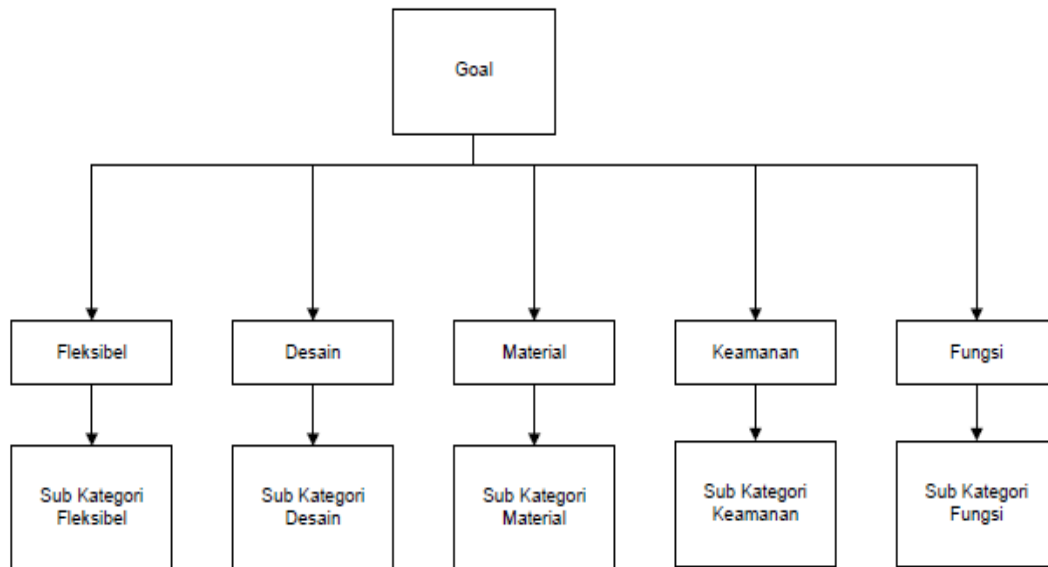
Tabel 1. Pengelompokan suara konsumen

No	<i>Customer Needs</i>
Fleksibelitas	
1	Alat mudah dibawa
2	Alat Mudah disimpan
3	Alat dapat diletakkan dimana saja saat penggunaan

No	<i>Costumer Needs</i>
Desain	
4	Ukuran pegangan alat sesuai dimensi telapak tangan
5	Alat memiliki ketinggian yang dapat disesuaikan dengan pengguna
6	Alat memiliki pengatur tahanan atau berat kayuh sesuai tingkat kemampuan pengguna
Material	
7	Alat tidak mudah patah
8	Alat dapat dipakai dalam jangka panjang atau waktu lama
9	Penyangga terbuat dari bahan yang kuat
10	Material atau alat terbuat dari bahan yang ringan
11	Material alat mudah dibersihkan
Keamanan	
12	Pegangan atau genggam tangan aman saat digunakan
13	Bahan material aman dan tidak berbahaya maupun beracun
14	Alat tidak tajam sehingga tidak melukai saat digunakan
Fungsi	
15	Dapat digunakan oleh pasien stroke baik ringan maupun berat
16	Alat mudah digunakan, tidak ada trik atau ketentuan dalam penggunaan
17	Alat dilengkapi dengan beban yang disesuaikan dengan kemampuan pengguna

II. *Analytical Hierarchy Process*

Nilai *importance of costumer* merupakan sebuah nilai untuk menentukan kepentingan dari tiap-tiap criteria keinginan konsumen, nilai *nimportance of customer* ini dihitung dan diperoleh melalui metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan menyebarkan kuisisioner dan melakukan perhitungan hasil kuisisioner.



Gambar 1. Hirarki AHP

III. Perhitungan kuisioner maka diperoleh nilai *Importance*

Kategori fleksibel nilai tertinggi diperoleh pada sub kategori alat mudah dibawa, kemudian pada kategori desain bobot tertinggi adalah alat ketinggian dapat disesuaikan saat penggunaan disini pengguna mengharapkan alat stroke yang berupa alat penggerak. kategori keamanan bobot tertinggi merupakan pada sub kategori pegangan atau genggamannya nyaman saat digunakan dan pada kategori fungsi bobot tertinggi terdapat pada sub kategori alat dapat digunakan oleh penderita stroke ringan maupun berat.

Tabel 2. Hasil Pembobotan Sub Kategori dengan AHP

No	Sub kategori	Bobot
Fleksibel		
1	Alat mudah dibawa	0.189404107
2	Alat mudah disimpan	0.147708575
3	Alat mudah diletakkan dimana saja saat penggunaan	0.093359498
Desain		
4	Ukuran pegangan alat sesuai dimensi telapak tangan	0.120551207
5	Alat memiliki ketinggian yang dapat disesuaikan dengan pengguna	0.144421028
6	Alat memiliki pengatur tahanan atau berat kayu sesuai tingkat kemampuan pengguna	0.076605316
Material		
7	Alat tidak mudah patah	0.053453953
8	Alat dapat dipakai dalam jangka panjang atau waktu lama	0.012189483
9	Penyangga terbuat dari bahan yang kuat	0.021782249
10	Material atau alat terbuat dari bahan yang ringan	0.019026426
11	Material alat mudah dibersihkan	0.008445507
Keamanan		
12	Pegangan atau genggamannya nyaman saat digunakan	0.018907734
13	Bahan material aman dan tidak berbahaya maupun beracun	0.015782675
14	Alat tidak tajam sehingga tidak melukai saat digunakan	0.010029238
Fungsi		
15	Alat dapat digunakan oleh pasien stroke baik ringan maupun berat	0.035286613
16	Alat mudah digunakan, tidak ada trik atau ketentuan dalam penggunaan	0.020825053
17	Alat dilengkapi dengan beban yang disesuaikan dengan kemampuan pengguna	0.012221339

IV. *Technical Priority*

Setelah melakukan penentuan *matrix relationship* antara *voice of customer* dengan *technical respond* maka dapat ditentukan *technical priority* untuk memprioritaskan *technical respond* yang dilakukan untuk pendesainan alat agar mendekati keinginan konsumen.

V. *Desain Alat Terapi Stroke*

Desain alat terapi stroke memperhatikan hasil pembobotan kuisioner AHP untuk *voice of customer* dan juga disesuaikan dengan hasil pembobotan *technical priority* yang telah dihitung. Dari hasil ini didapatkan desain alat terapi stroke yang sesuai dengan keinginan dari penderita stoke.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor internal yang mempengaruhi motivasi seseorang pasca stroke untuk melakukan terpi diantaranya adalah Faktor Fisik, Proses Mental, Keinginan Diri Sendiri, Kematangan Usia. Sedangkan Faktor eksternal yang mempengaruhi motivasi tersebut adalah Lingkungan, Dukungan Sosial, Fasilitas, Media
2. Proses pengambilan kesimpulan dilakukan dengan melakukan perhitungan pembobotan pada kuyisioner AHP yang selumnya telah dilakukan wawancara terlebih dahulu terhadap pengguna alat terapi stroke, serta melakukan *affinity diagram* untuk pengelompokan kategori
3. Berdasarkan hasil kuisioner AHP untuk *voice of customer* bobot tertinggi untuk masing-masing kategori adalah untuk kategori fleksibel nilai tertinggi terdapat pada sub kategori alat mudah dibawa, kemudian pada kategori desain bobot tertinggi adalah alat ketinggian dapat disesuaikan saat penggunaan, pada kategori material bobot tertinggi adalah sub kategori penyangga terbuat dari bahan yang aman, Untuk kategori keamanan bobot tertinggi merupakan pada sub kategori pegangan atau genggamannya nyaman saat digunakan dan pada kategori fungsi bobot tertinggi terdapat pada sub kategori alat dapat digunakan oleh penderita stroke ringan maupun berat.
4. Pembobotan untuk *technical priority* pada *technical response* adalah membuat alat dengan bentuk mudah di bawa hal ini agar tidak menyulitkan para pengguna saat ingin berlatih dimanapun, dan bobot terakhir adalah pada pembuatan pegangan tangan dengan bahan yang lunak hal ini terkait dengan alat yang akan menjadi tumpuan pengguna saat berlatih atau saat terapi.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang memberikan dukungan dan kerjasama yang baik dalam penyelesaian penelitian ini. Selain itu, kami juga memberikan apresiasi yang luar biasa kepada instansi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya atas dukungan moril. Semoga penelitian ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu dan pendidikan serta dapat berlanjut dengan lingkup dan obyek kajian yang lebih komprehensif.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Cohen, Lou, 1995. Quality Function Deployment "How to Make QFD Work for You". Jakarta : Rineka Cipta
- Effendi, S dan Singrimbun, M.(1996). **Metode Penelitian Survei**. LP3 ES. Jakarta
- Kaebnick, H., L. E. Farmer, dan S. Mozar. (1997). Concurrent Product and Process Design. Sydney : UNSW
- Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2012
- Saaty, T.L.(1988). **Multi Decision Making-The Analytic Hierarchy Process**. University of Pittsburgh.
- Sevilla, C.G., Ochave J.A., Punsalan, T.G., Regala, B.P. dan Uriarte G.B. (1993). **Pengantar Metode Penelitian** (terjemahan alimun Tuwu) UI. Jakarta
- Siagian, D. dan Sugiarto.(2003). **Teknik Sampling**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Susan G.J. (2001). Dasar-dasar Terapi dan Rehabilitasi Fisik: Alih bahasa Anton Cahaya Widjaja. Jakarta: Hipokrates.
- Wignjosobroto, Sritomo. 1995. Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu. Surabaya: PT. Guna Widya.
- Bayu Santoso,dkk. (2004). Proceedings: Updating Physical Medicine and Rehabilitation towards 2010. Bali.
- Cochran DS, Linck J, Reinhart G, Mauderer M, 2000, Decision support for manufacturing system design-combining a decomposition methodology with procedural manufacturing system design, proceeding of the third world congress on intelligent manufacturing processes & systems, 1-8.
- Dawes, J.(2008). **Do Data Characteristics Change According To the Number of Scale Points Used? An Experiment Using 5 Point, 7 Point and 10 Point Scales**. International Journal of Market. Vol. 50 Issue 1
- Erensal, Y.C., Oncan, T. dan Demircan, M.L.(2006). **Determining Key Capabili`s in Technology Management Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Turkey**, Information Sciences. Vol 176, pp. 2755-2770.

- F. De Felice. 2010. Multiple Choice Decision Analysis: an Integrated QFD-AHP Model for Assessment of Customer Needs. Italy : University of Cassino
<http://health.liputan6.com/read/2400205/kemkes-targetkan-8-program-baru-sdgs-hingga-2030>
- Ho W, 2008, Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review, *European Journal of Operational Research* 186, 211–228
- Iqbal, M.(2009). **Penentuan Urutan Prioritas Pembangunan Sarana dan Prasarana Kawasan Wisata Bojongsari Kabupaten Indramayu**. Thesis Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Aset. Jurusan Teknik Sipil. FTSP – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kahraman, C., Ertay, T. dan Buyukozkan, G.(2006). **A Fuzzy Optimization Model for QFD planning Process Using Analytic Network Approach**, *European Journal of Operational Research*. Vol 171, pp. 390-411.
- Peisker, T., Koznar, B., Stetkarova, I., & Widimsky, P. (2016). Acute stroke therapy: A review. *Trends in Cardiovascular Medicine*.
- Pongmoragot, J., Lee, D. S., Park, T. H., Fang, J., Austin, P. C., & Saposnik, G. (2016). Stroke and Heart Failure: Clinical Features, Access to Care, and Outcomes. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 25(5), 1048–1056.
- Saaty, T.L.(1990). **How to make a decision : The Analytic Hierarchy Process**, *European Journal of Operational Research*. North-Holland. Vol 48, pp. 9-26.
- Yang T, Hung CC, 2007, **Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem Source**, *robotics and computer-integrated manufacturing* 23(1),126-137

Halaman ini sengaja dikosongkan

Membangun Inovasi di Perpustakaan PPNS dengan Mengintegrasikan SIM Dosen dan Student Portal Melalui Knowledge Management System

Ryandito Dwi Cahyo, Fifin Widya Prasti, Dina Pusparani

Program Studi Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jalan Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo Surabaya Jawa Timur
ryanditodwicahyo@gmail.com

Abstrak

Keberadaan Perpustakaan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya berpengaruh dalam menunjang proses kegiatan perkuliahan, namun sistem dalam perpustakaan masih belum maksimal dalam memanfaatkan teknologi seperti pencarian, peminjaman, pengembalian, serta penambahan koleksi buku. Proyek ini bertujuan untuk mempermudah dosen dan mahasiswa dalam mengakses peminjaman maupun pengembalian buku di perpustakaan. Dalam studi ini, Metode Konversi Paralel yang merupakan suatu pendekatan dimana baik sistem lama dan sistem baru beroperasi secara bersama-sama untuk beberapa periode waktu digunakan mempercepat informasi secara terintegrasi. Untuk itu perlu adanya *Knowledge Management System* baru yang dapat mempermudah proses kerja Perpustakaan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). Dengan pengembangan dalam bidang Teknologi Informasi, hasil yang diharapkan dapat membantu dosen dan mahasiswa PPNS dalam proses pencarian, peminjaman, pengembalian atau melihat daftar koleksi buku di Perpustakaan PPNS.

Kata kunci: *Knowledge Management, Inovasi, Sistem Informasi Perpustakaan*

1. PENDAHULUAN

Perubahan dalam dunia teknologi informasi berjalan begitu cepat. Arus informasi dalam kehidupan manusia menjadi modern dan tidak mungkin untuk dibatasi saat ini telah menapaki jaman baru yang bercirikan ledakan informasi (*information explosion*), yaitu adanya perubahan dari masyarakat industri ke masyarakat informasi. John Naisbit, (1982) dimana perkembangan dan peredaran informasi berlangsung sangat cepat yang ditandai dengan kemajuan pengetahuan dan teknologi. Kondisi ini berpengaruh terhadap kecepatan perputaran informasi di segala bidang. Proses siklus perputaran *knowledge* sangat cepat sekali, apalagi didukung dengan teknologi informasi seperti internet-platform kolaborasi untuk transfer *tacit knowledge*, *digital library* untuk *management explicit knowledge* dan kemampuan analisis dalam mengolah data menjadi *knowledge* menjadi terasa sebagai sebuah kesatuan terpadu dibantu teknologi informasi yang berfokus pada konsep *knowledge management* (Sukirno, 2008: 88).

Perkembangan Teknologi Komunikasi dan Informasi sekarang juga berpengaruh bagi dunia pendidikan. Teknologi ini banyak di aplikasikan untuk menunjang berbagai aktifitas-aktifitas di bidang pendidikan diantaranya bidang informasi perpustakaan, pada awalnya perpustakaan masih menggunakan sistem konvensional atau katalog manual yang berbentuk buku dan kartu-kartu. Sistem konvensional ini sudah dianggap kurang efisien lagi, mengingat untuk saat ini perpustakaan dituntut dapat melakukan manajemen dan mampu memberikan informasi yang cepat dan akurat. Perpustakaan adalah tempat paling penting dalam sebuah perguruan tinggi maupun politeknik. Dalam hal ini, perpustakaan terus berkembang tidak hanya sebagai tempat peminjaman buku, namun kita juga bisa mendapatkan informasi dari berbagai media, terutama media internet. Permasalahan tersebut juga terjadi di **perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS)**. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penulis menginovasikan dengan memasukkan menu Perpustakaan dalam SIM Dosen dan Student Portal Mahasiswa melalui *Knowledge Management System*.

Untuk memfasilitasi dosen maupun mahasiswa agar dapat mengakses perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya secara online. Di era globalisasi ini, pemanfaatan teknologi informasi dalam bidang pendidikan sangat penting, dengan *knowledge management* dalam perpustakaan tentunya dapat membantu dalam memajukan kualitas sumber daya manusia. Pemanfaatan *knowledge management* dalam sistem informasi perpustakaan akan berguna untuk mengembangkan suatu jaringan perpustakaan yang dapat menyediakan akses informasi dan pengetahuan 24 jam/7 hari seminggu, dapat diakses kapan saja, dan di mana saja, atau dengan kata lain sistem informasi perpustakaan dapat menawarkan layanan perpustakaan yang menembus ruang dan waktu.

Sistem Perpustakaan ini menggunakan pendekatan konversi (*metode konversi*) yang merupakan pendekatan dimana sistem lama di operasikan secara bersama sama dengan sistem baru. Diharapkan dengan sistem ini mampu membantu pustakawan dalam memanajemen dan mampu memberikan informasi tentang buku – buku yang ada di perpustakaan dengan mudah melalui media SIM Dosen dan Student Portal.

Adapun batasan masalah dalam penulisan paper ini meliputi beberapa hal yaitu : a) Pemanfaatan *knowledge management* dalam sistem informasi perpustakaan dapat menunjang jaringan perpustakaan dalam Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. b) Penulisan jurnal ini tidak mencakup dalam perancangan sistem informasi perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. c) Penulisan ini berfokus pada analisa model *knowledge management* pada perpustakaan Perkapalan Negeri Surabaya, tidak pada desain sistem.

Tujuan dari penulisan paper ini adalah untuk menganalisis *knowledge management* dalam tata kelola perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, mengkaji teknologi yang diterapkan dalam sistem informasi perpustakaan dan mengkaji hubungan *knowledge management* dalam pengembangan sistem informasi perpustakaan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang berkelanjutan.

Manfaat dari penulisan paper ini adalah untuk memahami pentingnya *knowledge management* dalam tata kelola pengetahuan yang berpotensi dalam institusi pendidikan (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya) dan mendapatkan suatu informasi peran teknologi dalam Integrasi *knowledge management* dengan sistem informasi perpustakaan sehingga mampu menunjang jaringan perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penyusunan paper ini, metodologi penelitian yang digunakan penulis adalah Konversi Paralel (*Parallel Conversion*) dan menggunakan beberapa referensi sumber yang diperoleh dari internet, buku, maupun jurnal untuk memperoleh data yang akurat dan informasi yang memadai dalam kajian penulisan paper ini.

Knowledge Management

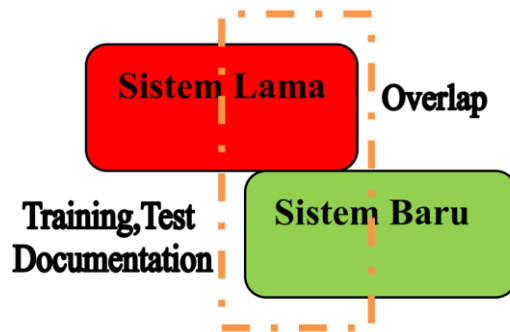
Menurut Gilbert Probst(2001, pp.24) dalam bukunya *Managing Knowledge Building Block for Success* mengemukakan bahwa *knowledge* adalah keseluruhan bagian dari pengetahuan yang ada dan keterampilan individu yang digunakan untuk memecahkan masalah. *Knowledge* tersebut terbagi dalam teori dan praktek yang pada umumnya berupa aturan dan petunjuk untuk mengambil keputusan. *Knowledge* bergantung pada data dan informasi yang dimiliki oleh suatu personal yang merefleksikan tentang suatu pendapat.

Menurut Garner Group (Koina, 2004), manajemen pengetahuan adalah suatu disiplin yang mempromosikan suatu pendekatan terintegrasi terhadap pengidentifikasian, pengelolaan dan pendistribusian semua asset informasi suatu organisasi. Selanjutnya disebutkan bahwa informasi yang dimaksud meliputi database, dokumen, kebijakan, dan prosedur dan juga keahlian dan pengalaman yang sebelumnya tidak terartikulasi yang terdapat pada pekerja perorangan.

Budaya pengetahuan dalam dunia pendidikan sekarang ini tidak hanya mencakup pada pengetahuan buku secara fisik, banyak jendela informasi yang dapat digali secara elektronik. Hal tersebut tidak lepas dari peranan universitas maupun politeknik sebagai institusi pencetak sumber daya manusia berkualitas dan sebagai tempat yang mudah dimasuki teknologi terkini. Hal terpenting saat ini adalah kemudahan memperoleh dan akses. Dalam suatu institusi pendidikan, penyediaan akses informasi 24 jam memang pantas untuk diterapkan. Teknologi komunikasi dan informasi yang ada sekarang akan terus berkembang dan semakin memungkinkan peserta didik untuk mengakses berbagai bahan pengetahuan dari sumber lain yang dapat menguatkan suatu bahan pengetahuan. Untuk itu user dalam hal ini adalah mahasiswa harus mampu mencari informasi dari sumber yang dapat dipercaya kemudian menyaring, mengolah, dan menggunakan informasi tersebut untuk memunculkan suatu ide pemikiran yang baru. Sejalan dengan hal itu fasilitas perpustakaan harus dimaksimalkan sebagai pintu pengaksesan pengetahuan baik yang tercetak maupun non cetak. Tugas Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya beserta dengan pustakawan harus mendorong minat mahasiswa untuk menggali informasi yang tersedia secara maksimal tanpa terhambat waktu dan ruang.

Metode Konversi Paralel

Merupakan suatu pendekatan dimana baik sistem lama dan baru beroperasi secara serentak untuk beberapa periode waktu. Pada konversi ini, sistem baru dan sistem lama sama-sama dijalankan. Kedua sistem memproses semua aktifitas dan hasilnya dibandingkan. Cara ini merupakan pendekatan untuk pembiasaan dalam menggunakan sistem baru. Jika sistem baru telah bisa diterima untuk menggantikan sistem lama, maka sistem lama segera dihentikan. Dalam hal ini, kami membuat inovasi baru antara di perpustakaan ppns dengan mengintegrasikan sim dosen dan student portal melalui *knowledge management system*. Berikut dibawah ini merupakan gambaran metode konversi paralel dalam penerapan sistem informasi perpustakaan PPNS.



Gambar 1. Metode Konversi Paralel

Tabel 2.1 : Kelebihan dan Kelemahan Metode Konversi Paralel

Kelebihan	Kelemahan
Menyediakan proteksi yang tinggi kepada organisasi terhadap kegagalan sistem baru	Biaya yang dikeluarkan sangat besar karena terdiri dari biaya operasi dua buah sistem

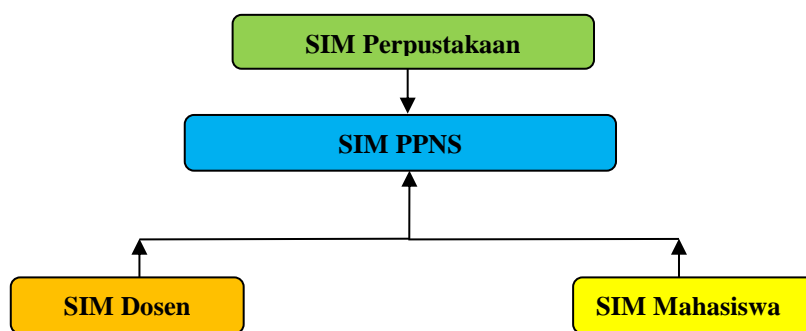
Ketika proses konversi suatu sistem yang menggunakan metode paralel, maka pengembang sistem harus merencanakan untuk melakukan peninjauan berkala dengan personel operasi dan pengguna sistem tersebut untuk mengetahui kinerja dari sistem paralel tersebut. Mereka harus menentukan tanggal atau waktu penerimaan dalam tempo yang wajar dan menghentikan sistem lama.

Sistem Informasi Perpustakaan

Kepentingan untuk mengakses jurnal dan buku di perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya tanpa harus hadir secara fisik menjadi bagian dari pelayanan perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Keuntungan dari adanya pusat data dan jaringan terintegrasi ini adalah teknologi semua data masuk ke dalam database dan tinggal menghubungkan antar database SIM PPNS dan proses peminjaman di perpustakaan PPNS dapat terlaksana dengan baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran umum sistem informasi perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya untuk koleksi noncetak dalam bentuk database, jurnal-jurnal elektronik dapat akses lewat SIM masing-masing pengguna. Untuk menu perpustakaan PPNS, mahasiswa, dosen masuk ke web SIM masing - masing. Kemudian, mahasiswa, dosen diharapkan bisa langsung mengakses dan mendapat jurnal. Rancangan ini dibuat agar dapat melihat koleksi perpustakaan PPNS secara *on-line* melalui web yang terintegrasi. Dibawah ini merupakan struktur jaringan SIM Terpadu di PPNS.

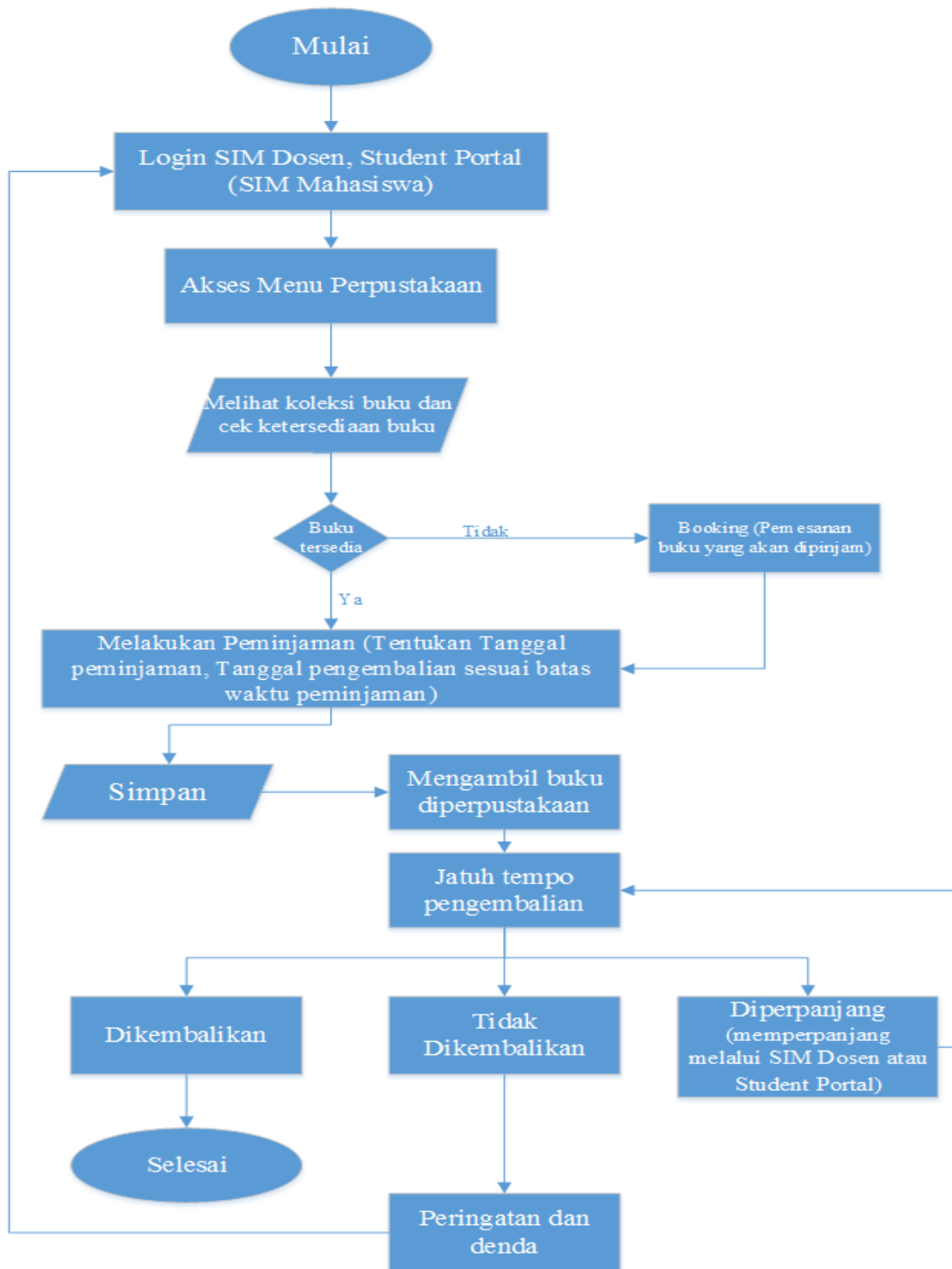


Gambar 2. Struktur jaringan SIM Terpadu di PPNS

Gambaran umum arsitektur jaringan SIM Terpadu PPNS saling terhubung. Pertama adalah SIM Perpustakaan terhubung dengan SIM PPNS, kedua SIM Dosen, ketiga SIM Mahasiswa. Keseluruhan SIM tersebut dapat digunakan oleh user untuk terhubung ke internet melalui local network. Sistem ini sudah mengintegrasikan semua database terkait sistem perpustakaan ke SIM PPNS.

Apabila dosen dan mahasiswa hendak melihat koleksi yang tersedia di perpustakaan (buku, e-book, jurnal, katalog) , meminjam buku, mengembalikan buku, serta memperpanjang waktu peminjaman buku, dapat mengakses ke portal perpustakaan. Dosen dapat login melalui SIM Dosen dan mahasiswa login melalui Student Portal (SIM Mahasiswa). Kedua SIM tersebut langsung terhubung dengan SIM Perpustakaan. Sehingga perpustakaan PPNS dapat diakses dengan mudah oleh dosen maupun mahasiswa secara *online* tanpa harus pergi

ke perpustakaan PPNS. Berikut adalah flowchart sistem kerja atau kegunaan SIM Perpustakaan didalam SIM Dosen dan Student Portal :



Gambar 3. Flowchart sistem kerja atau kegunaan SIM Perpustakaan didalam SIM Dosen dan Student Portal

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian di atas, dapat ditarik kesimpulan pada penerapan sistem informasi perpustakaan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dalam membuat inovasi dengan mengintegrasikan SIM Dosen dan Student Portal Mahasiswa di perpustakaan PPNS dapat mempermudah pengguna dalam mengakses peminjaman maupun pengembalian buku. Selain itu, perpustakaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dapat memaksimalkan perannya dalam mengembangkan mutu sumber daya di kampus dan sebagai tempat pengembangan ideologi pengetahuan yang berkelanjutan serta Knowledge Management yang terintegrasi dengan sistem teknologi informasi dapat mendukung dalam menciptakan sumber daya yang berkualitas dan mengelola berbagai ilmu pengetahuan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahnya kami dapat menyelesaikan penulisan Paper dengan judul “MEMBANGUN INOVASI DI PERPUSTAKAAN PPNS DENGAN MENGINTEGRASIKAN SIM DOSEN dan STUDENT PORTAL MELALUI KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM”. Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu terlaksananya penulisan paper ini. Kepada Yth:

1. Bapak Afif Zuhri Arfianto, ST.,MT. selaku pembimbing, dosen mata kuliah Sistem Informasi Manajemen Program Studi Manajemen Bisnis dan pemberi dana dalam pelaksanaan penulisan Paper ini.
2. Ibu Yugowati Praharsi, Ssi., MSc., Ph.D. selaku pembimbing dan dosen mata kuliah Knowledge Management Program Studi Manajemen Bisnis.
3. Rekan – rekan satu kelompok yang telah saling membantu dalam penulisan Paper ini.

Semoga Paper ini dapat di pergunakan sebagai salah satu acuan , petunjuk maupun pedoman bagi pembaca.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Manual Book, PPNS, 2015. *Sistem Informasi Manajemen (SIM) Terpadu*. Edisi 1. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Almah, Hildawan, 2013. Knowledge Management. *Membangun Inovasi Di Perpustakaan Perguruan Tinggi Melalui Konsep Km (Knowledge Management)*, 1 (2), ISSN : 2354-9629.
- Rhoni, Rodin, 2013. Knowledge Management. *Penerapan Knowledge Management Di Perpustakaan (Studi Kasus Di Perpustakaan STAIN Curup)*, 1 (1), ISSN: 2354-9629.
- Septiantoro, Duwi, 2012. Naskah Publikasi: *Analisis Dan Perancangan Sistem Perpustakaan Berbasis Web Di Stikes Guna Bangsa Yogyakarta*. Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer AMIKOM, Jurusan Teknik Informatika: Yogyakarta.
- Purwantoro, 2014. Makalah Publikasi: *Metode Konversi Sistim Informasi*, Program Studi Pascasarjana Magister Manajemen Bisnis, Institut Pertanian Bogor.
- Saputri, Devy Listisari, 2010. Jurnal Publikasi: Knowledge Management. *Knowledge Management Bagi Sistem Informasi Perpustakaan Universitas Gadjah Mada*. Binus University: Jakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pengaruh Tingkat Kepolaran Solvent Terhadap Isolasi Xanthone dan Coumarine Pada Crude Ekstrak Daun Nyamplung

Agustina Borhet, Zulfira Tri Lutfiani, David Febriliant Susanto, Hakun Wirawasista Aparamarta, Arief Widjaya dan Setiyo Gunawan*.

Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
* gunawan@chem-eng.its.ac.id

Abstrak

Tanaman Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) memiliki berbagai manfaat yang dapat dimanfaatkan mulai dari akar, batang, daun, hingga biji. Daun nyamplung mengandung banyak komponen bioaktif diantaranya xanthone dan coumarine yang bermanfaat sebagai penghambat aktivitas enzim dari HIV-1. Untuk mengisolasi komponen bioktif dari daun nyamplung, perlu dilakukan pemisahan antara kandungan polar dan non-polarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara mengisolasi senyawa xanthone dan coumarin serta mengetahui pengaruh tingkat kepolaran solven terhadap isolasi senyawa xanthone dan coumarin yang terkandung dalam fraksi polar crude daun nyamplung. Crude ekstrak daun diperoleh dengan metode perkolasi. Lalu dilakukan pemisahan xanthone dan coumarine dengan metode LLE (*Liquid – liquid Extraction*). LLE dilakukan dengan pelarut methanol (polar) dan hexane (non-polar) dengan rasio pelarut 1:1. Kadar methanol yang digunakan adalah 20%, 50% dan 80% dan 100%. Fraksi polar dan non-polar diuji secara kualitatif menggunakan TLC (*Thin Layer Chromatography*) dan secara kuantitatif menggunakan GC untuk menganalisa kadar xanthone dan coumarine. Dari hasil penelitian, didapatkan hasil pemisahan terbaik pada 50% methanol dengan %recovery xanthone terbesar berada pada fraksi hexane (non polar) sebesar 12,12% (0,398%) dan tidak ada coumarin pada fraksi hexane (non polar).

Kata kunci : nyamplung, kepolaran, solvent, xanthone, coumarine

1. PENDAHULUAN

Tanaman *mangrove* atau yang lebih dikenal dengan sebutan tanaman bakau di Indonesia adalah tanaman yang memiliki banyak kegunaan dan sering dimanfaatkan oleh masyarakat, baik itu mulai dari akar sampai daun dari tumbuhan *mangrove* sendiri. Tanaman *mangrove* dapat ditemukan di daerah pesisir Indonesia, dimana 60% total *mangrove* yang tumbuh di Asia Tenggara tumbuh di wilayah Indonesia dengan sisanya tersebar di Malaysia (11,7%), Myanmar (8,8%), Papua Nugini (8,7%), dan Thailand (5,0%) (Giesen et al, 2006).

Salah satu jenis tanaman *mangrove* yang memiliki nilai ekonomis tinggi adalah tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum*), tanaman ini dikatakan memiliki nilai ekonomis tinggi karena hampir semua bagian tanamannya (batang, daun, bunga, biji, dan getah) dapat menghasilkan berbagai macam produk yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia. Diantaranya, kayu pohon ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan tempat tinggal bagi manusia maupun kapal dan perabotan lainnya, akarnya berfungsi untuk menjaga daerah pantai dari abrasi. Selain itu, daun tanaman ini juga berfungsi untuk mengobati berbagai macam penyakit seperti iritasi pada mata, migrain, dan vertigo (Ling, 2009).

Tanaman nyamplung mengandung banyak komponen kimia yang mengandung bahan bioaktif yang berkhasiat obat yaitu menghasilkan metabolit sekunder dari golongan *Non-nucleoside reverse transcriptase* dari HIV-1 (Pawar et al, 2007). Penelitian tentang isolasi senyawa kimia dari daun *C. Inophyllum* pernah dilakukan oleh Patil (1993), Khan (1996), dan Ali (1999). Penelitian mereka menghasilkan senyawa yang berbeda. Patil berhasil mengisolasi senyawa coumarin, Khan mengisolasi senyawa benzodipiranon, dan Ali mengisolasi senyawa turunan benzodipiranon, triterpenoid, dan steroid.

Su et al, (2008) menyebutkan bahwa menurut Filho (2009), pada berbagai bagian dari *Calophyllum inophyllum* mengandung komponen bioaktif, termasuk diantaranya adalah : xanthones, coumarins, chromanones, tripenes, tripenoids dan steroids. Sedangkan menurut Ling (2009) tanaman ini mengandung senyawa fitokimia yang dapat digunakan sebagai obat untuk berbagai penyakit. Senyawa tersebut diantaranya: *Inophynone*, *Canophyllol*, *Canophylic acid*, *Calophyllolide*, *Inophyllolide*, *Jacareubin*, *Calanolide A*, *Calophynone*, dan lain lain. Menurut Thengane et al, (2006) disadur dari Yimdjo et al (2004) nyamplung mengandung *agents chemopreventive cancer*, xanthone dan coumarins sebagai *antimicrobial activity*. Beberapa phyranocoumarin terisolasi dari genus *Calophyllum* yang menunjukkan aktivitas anti HIV-1 yang termasuk dalam NNRTI. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Laure et al. (2008) senyawa coumarin menunjukkan anti HIV yang termasuk

kedalam NNRTI. Coumarin merupakan salah satu metabolit sekunder pada tumbuhan. Senyawa coumarin dan turunannya banyak memiliki aktivitas biologis diantaranya sebagai anti koagulan darah, antibiotik, dan ada juga yang menunjukkan aktivitas menghambat efek karsinogenik (Murray, 1982). Coumarin ditemukan hampir disetiap bagian tumbuh-tumbuhan mulai dari akar, batang, daun sampai bunga dan juga buah (Robinson, 1995).

Penelitian mengenai komponen bioaktif pada spesies *C. inophyllum* banyak dilakukan di luar negeri. Isolasi senyawa xanthone dari kulit akar *C. inophyllum* yang pernah dilakukan menggunakan sampel tumbuhan dari Jepang (Inuma dkk., 1994), Kamerun (Yimdjo *et al.*, 2004) dan Malaysia (Ee *et al.*, 2009). Penelitian yang dilakukan Inuma, dari bagian kulit akar *C. inophyllum* yang tumbuh di Jepang dilaporkan telah diisolasi senyawa dari golongan xanthone dan flavonoid menggunakan metode *reflux*. Penelitian yang dilakukan Yimdjo, dari bagian kulit akar spesies ini yang tumbuh di Kamerun juga berhasil diisolasi senyawa dari golongan xanthone dan triterpenoid dengan metode maserasi. Senyawa xanthone baru juga berhasil diisolasi dari kulit akar *C. inophyllum* yang tumbuh di Malaysia dengan metode destilasi. Beberapa senyawa aromatik seperti calosanton A, inosanton, maclurasanton dan calosanton B dilaporkan mempunyai bioaktivitas seperti sitotoksik dan anti mikroba (Noldin dkk., 2006).

Sampai saat ini, telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui potensi lain yang dapat dihasilkan dari tanaman ini. Namun, dari sekian banyak penelitian yang dilakukan, masih sedikit penelitian yang ditujukan untuk meneliti daun dan senyawa bioaktif yang terdapat didalamnya.

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu atau beberapa zat dari suatu padatan atau cairan dengan bantuan pelarut. Pelarut tidak atau hanya sebagian larut dengan padatan atau cairan dengan kontak secara terus menerus agar zat yang diinginkan berpindah dari campuran padatan/cairan (*raffinate*) menuju pelarut (*extract*). Setelah pencampuran dua fase, proses pemisahan dilakukan dengan prinsip gravitasi atau dengan gaya sentrifugal (Gamse, 2004).

Metode ekstraksi yang digunakan untuk mendapatkan crude ekstrak daun nyamplung adalah perkolasi yaitu merendam bahan dengan menggunakan pelarut selama periode tertentu. Keuntungan dari proses ekstraksi dengan cara maserasi yaitu alat yang dibutuhkan sederhana, biaya operasi rendah, hemat penggunaan pelarut dan tanpa dilakukan pemanasan.

Untuk mengidentifikasi kandungan senyawa polar dan non polar dari daun nyamplung, hal yang perlu dilakukan adalah memisahkan antara kandungan polar dan non polarnya. Pemisahan ini berdasarkan *polarity index* pelarut yang digunakan. Pelarut polar akan mengisolasi senyawa polar dan pelarut non - polar akan mengisolasi senyawa non - polar. Air merupakan pelarut polar dengan *polarity index* sebesar 9. Sedangkan metanol merupakan senyawa agak polar dengan *polarity index* sebesar 5,1. Hexane merupakan pelarut non polar dengan *polarity index* sebesar 0 (Sadek, 2001). Dengan dua sifat polaritas yang berbeda diharapkan senyawa polar yang terkandung dalam daun nyamplung akan terlarut pada pelarut polar begitu pun sebaliknya. Menurut Dailey (2015), air dan kombinasinya dengan pelarut organik biasa digunakan untuk mengekstraksi komponen bioaktif dari tumbuhan. Dari penelitiannya yang dilakukan untuk mengisolasi komponen bioaktif yaitu flavonoid pada kulit tanaman Macadamia, yield ekstraksi terbesar diperoleh pada penggunaan pelarut dengan konsentrasi methanol 50% dan ethanol 50%. Hal ini juga disebutkan oleh Franco (2008), bahwa penggunaan pelarut terbaik untuk mengekstrak komponen bioaktif umumnya dicapai dengan menggunakan kombinasi metanol dengan air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara mengisolasi senyawa xanthone dan coumarin yang terkandung dalam fraksi polar daun nyamplung dan mengetahui pengaruh tingkat kepolaran solven terhadap isolasi xanthone dan coumarin pada crude ekstrak daun nyamplung

2. METODOLOGI

Bahan

Daun nyamplung diperoleh dari Koperasi Jarak Lestari di Cilacap, Jawa Tengah. Bahan-bahan kimia seperti methanol, hexane, etil asetat, asam asetat dibeli dari sumber komersial. Standar xanthone dan coumarin yang diperoleh dari *Sigma Aldrich*.

Ekstraksi Solid - Liquid

Daun nyamplung yang sudah dicacah (1 kg) dilakukan perendaman dengan methanol teknis (3L) selama 3 hari. Setelah 3 hari, campuran disaring dan hasil ekstraksi di distilasi pada suhu 80°C untuk menghilangkan kandungan methanol sehingga hasil yang didapat berupa crude ekstrak daun nyamplung.

Ekstraksi liquid-liquid

Crude ekstrak sebanyak 12 gr dimasukkan kedalam beaker glass untuk dicampur dengan 150 gr methanol dengan konsentrasi methanol 20; 50; 80 dan 99,9% kemudian dilakukan pengadukan selama 30 menit dengan magnetik stirrer. Setelah selesai pengadukan, campuran ditambahkan dengan hexane 150 gr kemudian dilakukan pengadukan kembali selama 30 menit. Setelah pengadukan selesai, seluruh campuran dimasukkan kedalam corong pemisah. Di dalam corong pemisah, campuran akan terpisah menjadi dua layer. Layer atas berupa hexane (non-polar) dan layer bawah berupa methanol (polar). Kedua layer kemudian dipisahkan untuk dianalisa kandungan komponen bioaktifnya.

Analisa Xanthone dan Coumarin dengan TLC (Thin Layer Chromatography)

Untuk mengetahui secara kualitatif kandungan xanthone dan coumarin dalam crude ekstrak daun nyamplung digunakan TLC *plate*. Sebelum uji TLC mula-mula kertas TLC yang telah ditetesi oleh sampel direndam dalam *mobile phase* dengan kadar hexane: etil asetat: asam asetat sebesar 90:10:1. Pada saat perendaman tidak diperkenankan tinggi *mobile phase* melebihi area yang telah ditentukan pada kertas TLC. Setelah perendaman dengan *mobile phase* dalam botol tertutup rapat, kertas TLC dikeringkan pada suhu ruang kemudian disinari dengan menggunakan lampu UV gelombang 360 nm dan 254 nm. Dari hasil penyinaran dengan menggunakan lampu UV pada kertas TLC dapat terlihat spot beberapa komponen bioaktif sehingga dapat diketahui secara kualitatif ada tidaknya xanthone dan coumarin.

Analisa Xanthone dan Coumarin dengan GC (Gas Chromatography)

Kandungan xanthone dan coumarin dalam tiap fraksi dianalisa dengan GC. Kurva kalibrasi standar eksternal diperoleh dengan 0,2-20 mg standard murni. Analisa kromatografi dilakukan pada pelat TLC dan Shimadzu GC-2010 (Kyoto, Japan) Gas Chromatography yang dilengkapi dengan *Flame Ionization Detector*. Separasi dilakukan dengan DB-5HT (5%-phenyl)-methylpolysiloxane non-polar column (15m x 0,32mm i.d.; Agilent Tech. Palo Alto, California). Temperatur injektor dan detector diset pada suhu 310°C. Temperatur kolom dimulai pada 80 °C dan dinaikkan sampai 300 °C dengan rate 15°C/menit. 20 mg sampel dilarutkan dalam 1mL etil asetat, dan 1 µL sampel diambil dan diinjeksikan ke dalam GC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) memiliki berbagai manfaat yang dapat dimanfaatkan mulai dari akar, batang, daun, hingga biji. Daun nyamplung mengandung banyak komponen bioaktif diantaranya xanthone dan coumarine yang bermanfaat sebagai penghambat aktivitas enzim dari HIV-1. Untuk mengisolasi komponen bioktif dari daun nyamplung, perlu dilakukan pemisahan antara kandungan polar dan non-polarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara mengisolasi senyawa xanthone dan coumarin serta mengetahui pengaruh tingkat kepolaran solven terhadap isolasi senyawa xanthone dan coumarin yang terkandung dalam fraksi polar crude daun nyamplung. Dengan ini, diharapkan %recovery terbesar coumarin berada pada fraksi polar dan %recovery xanthone terbesar berada pada fraksi non-polar. Proses untuk mendapatkan crude ekstrak daun dilakukan dengan ekstrasi secara perkolasi dan proses pemisahan senyawa polar dan non-polar dengan metode ekstraksi liquid-liquid.

Hasil dari penelitian ini dilakukan analisa secara kualitatif dengan TLC dan analisa secara kuantitatif dengan GC untuk mengetahui kadar xanthone dan coumarin pada fraksi polar dan non-polar sampel.

Pemisahan dengan Ekstraksi Solid-Liquid

Solid yang digunakan merupakan cacahan daun nyamplung kering sebanyak 1 kg dan liquid yang digunakan merupakan metanol teknis sebanyak 3 L. Penggunaan pelarut metanol pada proses ekstraksi solid-liquid ini dikarenakan % yield ekstrak daun yang diperoleh akan lebih besar dibandingkan jika menggunakan petroleum eter dan kloroform, selain itu kumarin dan xanthone termasuk ke dalam fraksi polar sehingga senyawa tersebut dapat terisolasi dari daun jika digunakan metanol (Indrakumar et al, 2012). Perendaman dilakukan selama 3 hari setelah itu disaring. Kemudian filtrat di distilasi untuk menghilangkan kandungan methanolnya. Hasil distilasi disebut crude ekstrak.

Pemurnian dengan Ekstraksi Liquid-Liquid

Metode ekstraksi liquid-liquid ini menggunakan pelarut methanol kombinasi dengan air sebagai pelarut polar dan hexane teknis sebagai pelarut non polar. Pemilihan pelarut ini berdasarkan pada indeks polaritas, di mana metanol adalah senyawa agak polar dengan indeks polaritas sebesar 5,1; air adalah senyawa sangat polar dengan index polarity sebesar 9 dan hexane adalah senyawa non polar dengan index polarity sebesar 0. Pelarut methanol kombinasi dengan air sebagai pelarut polar diharapkan dapat melarutkan senyawa polar yang terkandung dalam *crude* dan senyawa tidak polarnya akan terlarut dalam pelarut hexane.

Proses ekstraksi ini dimulai dengan penimbangan *crude* ekstrak sebanyak 12 gr. *Crude* ekstrak yang telah ditimbang selanjutnya dimasukkan ke dalam *beaker glass*, kemudian ditambahkan methanol dengan variabel konsentrasi 20; 50; 80 dan 99,9% sebanyak 150 gr. Campuran *crude* dan methanol ini kemudian diaduk menggunakan *stirrer* magnetik selama 30 menit. Langkah ini bertujuan agar methanol mengikat seluruh komponen polar di dalam *crude* terlebih dahulu. Setelah 30 menit, kemudian ditambahkan hexane sebanyak 150 gr ke dalam campuran *crude* dan metanol yang telah diaduk. Pada pengadukan kedua yang juga dilakukan selama 30 menit,

komponen yang agak polar sampai non-polar akan terikat di dalam hexane. Dalam *beaker glass* tersebut, akan terbentuk 3 layer, layer bawah adalah *crude* yang tidak larut yang selanjutnya akan disebut sebagai fraksi solid, layer tengah adalah fraksi methanol-air dan layer paling atas adalah fraksi hexane. Fraksi solid yang tidak larut dipisahkan dari fraksi methanol-air dan fraksi hexane, dan kemudian fraksi methanol dan hexane dipindahkan ke dalam corong pemisah. Pada tahap ini, akan terlihat dua fraksi yaitu fraksi methanol-air (fraksi polar) dan fraksi hexane (fraksi non-polar). Berikut adalah gambaran *layer* yang terbentuk saat ekstraksi liquid – liquid.

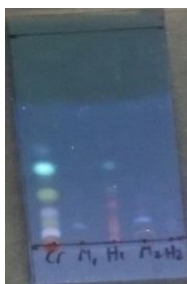


Gambar 1. Layer di corong pemisah

Pada **Gambar 1**, terdapat dua bagian, dimana bagian atas adalah *layer* hexane yang melarutkan fraksi non-polar, dan bagian bawah adalah *layer* methanol-air yang melarutkan fraksi polar. Setelah terpisah, kedua layer masing-masing dianalisa untuk mengetahui komponen bioaktifnya.

Analisa Xanthone dan Coumarin dengan TLC (Thin Layer Chromatography)

Selanjutnya dilakukan analisa secara kualitatif menggunakan TLC untuk masing-masing fraksi dan dibandingkan dengan *crude*. Hasil analisa tersebut ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil analisa TLC menggunakan lampu UV. (a) *crude* daun nyamplung; (b) fraksi polar; dan (c) fraksi non-polar

Berdasarkan hasil TLC diatas, spot xanthone dan coumarin terlihat tidak terlalu jelas karena secara kuantitas komponen xanthone dan coumarin jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan komponen bioaktif lainnya.

Analisa Xanthone dan Coumarin dengan GC (Gas Chromatography)

Masing-masing fraksi dianalisa dengan GC untuk mengetahui secara kuantitas kandungan xanthone dan coumarinnya. Berikut tabel hasil analisa GC pada masing-masing fraksi.

Tabel 1. %Wt dan %Recovery Hasil Analisa GC Crude pada Berbagai Variabel Konsentrasi Methanol

Konsentrasi Methanol	Fraksi Methanol		Fraksi Solid		Fraksi Hexane	
	Coumarin	Xanthone	Coumarine	Xanthone	Coumarine	Xanthone
20% (% wt)	0,053%	0,038%	0,093%	0,287%	0,102%	0,284%
% recovery	1,042%	0,256%	88,904%	90,097%	10,054%	9,647%
50% (% wt)	0,027%	0,024%	0,084%	0,228%	0%	0,398%
% recovery	3,355%	1,020%	96,645%	86,864%	0%	12,117%
80% (% wt)	0,054%	0,017%	0,096%	0,260%	0,116%	0,220%
% recovery	15,693%	1,744%	75,564%	92,535%	8,744%	5,721%
100% (% wt)	0,092%	0,111%	-	-	0,097%	0,449%
% recovery	27,468%	11,459%	-	-	72,532%	88,541%

% Wt menunjukkan kemurnian komponen dalam tiap fraksi. %Recovery merupakan perbandingan antara masa komponen dalam masing – masing fraksi dengan masa komponen dalam *crude* daun. Pada penelitian ini diharapkan xanthone dan coumarine terpisah sempurna. Hal ini dapat dibuktikan dengan %recovery xanthone di fraksi polar (methanol) seharusnya lebih kecil karena sifatnya yang lebih non polar dibandingkan dengan coumarine, sedangkan %recovery coumarine di fraksi polar (methanol) diharapkan lebih besar karena sifatnya

yang lebih polar. Dari **Tabel 1**, menunjukkan bahwa pada variabel 50% methanol, %recovery coumarin pada fraksi hexane (non polar) adalah 0%, sedangkan %recovery xanthone pada fraksi hexane (12,12%) lebih besar daripada %recovery xanthone pada fraksi methanol (1,02%). Dari hasil GC, diketahui bahwa tidak ada coumarin pada fraksi hexane (non polar), sehingga coumarin dan xanthone terpisah sempurna pada variabel 50% methanol. Dari **Tabel 1**, juga dapat dilihat bahwa semakin murni methanol yang digunakan, pemisahan terhadap xanthone dan coumarin tidak terlalu bagus. Hal ini sesuai dengan pernyataan Franco (2008), bahwa penggunaan pelarut terbaik untuk mengekstrak komponen bioaktif umumnya dicapai dengan menggunakan kombinasi metanol dengan air.

4. KESIMPULAN

Dari data yang telah dipelajari, didapatkan hasil pemisahan terbaik pada 50% methanol dengan %recovery xanthone terbesar berada pada fraksi hexane (non polar) sebesar 12,12% (0,398%) dan tidak ada coumarin pada fraksi hexane (non polar).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemristek Dikti) dan beasiswa PMDSU (056136/IT2.11/PN.08/2016) oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Indonesia. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dewi Puspita Sari dan Bapak Mukti Utomo atas dukungan secara teknis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, D., and Quan, V.V., 2015. Effect of Extraction Solvent on Recovery of Bioactive Compounds and Antioxidant Properties from Macadamia (*Macadamia tertiophylla*) Skin Waste. *Cogent food & agriculture*. 1-10
- Cechinel Filho, V., Junior, I.F.S., Zacchino, S.A., Lima, J.C.S., and Martins, DTO., 2009. Antimicrobial Screening of Some Medicinal Plants from Mato Grosso Cerrado. *Brazilian Journal of Pharmacognory* 19 (1B): 242-248.
- Ling, K.H., Kian, C.T., and Hoon, T.C., 2009. *A Guide to Medicinal Plant*. Singapore World Scientific.
- Sadek, P. 2002. *The HPLC Solvent Guide*. United States of America: Wiley of Interscience
- Su, X.H., Zhang, M.L., Li, L.G., Huo, C.H., Gu, Y.C. 2008. "Chemical Constituent of The Plants of The Genus *Calophyllum*". *Chemistry & Biodiversity* (5), 2579-2608.
- Yimdjo, M.C., Azebaze A.G., Nkengfack A.E., Meyer, A.M., Bodo, B., and Fomum, Z.T., 2004. Antimicrobial and Cytotoxic Agents from *Calophyllum inophyllum*. *Phytochemistry*. 65: 2789-2795.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pengendalian Risiko terhadap Usaha Pembuatan Teknologi Kapal Kecil (Studi Kasus: Kapal Kayu Tiki 21 di PPNS)

Mariyana Astri. F¹, Pavietta Octywidya. A², Azizzah Setia. R³

Program Studi Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Email: mariyanaastri23@gmail.com

Abstrak

Didalam sebuah proyek, pengendalian risiko dalam melaksanakan pekerjaan harus ditekankan selain aspek kualitas hasil pekerjaan yang tentunya juga harus sesuai dengan standar atau regulasi yang berlaku. Tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa banyak hal yang dapat menyebabkan sebuah proyek mengalami ketidakpastian kejadian risiko dalam pembuatan kapal. Untuk mendapatkan manfaat maksimal dan berkelanjutan pada usaha pembuatan Kapal TIKI 21 ini perlu dilakukan pengendalian risiko. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai risiko terutama risiko dominan yang dapat menghambat pembuatan Kapal TIKI 21, agar dapat dilakukan tindakan mitigasi dan menentukan kepemilikan risiko dari kegiatan tersebut. Mitigasi risiko dilakukan dengan menghindari risiko, mengurangi risiko, dan memindahkan risiko dimulai dari aspek institusi, regulasi, pembiayaan, serta program teknis dan non teknis. Data yang terkumpul dianalisis dengan metode deskriptif kualitatif melalui tahapan: identifikasi risiko, penilaian risiko, penanganan risiko, dan kepemilikan risiko. Hasil yang diharapkan dari studi ini adalah muncul penilaian terhadap risiko-risiko dan akhirnya didapatkan strategi pengendalian risiko untuk menangani risiko-risiko tersebut.

Kata kunci: pengendalian risiko, kapal, mitigasi risiko

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Surabaya dikenal sebagai Kota Maritim, salah satu eksistensinya dibuktikan dengan adanya pelabuhan Tanjung Perak yang bisa dikatakan dapat mengakomodir suplai ke Indonesia timur. Laut sebagai penghubung negara kepulauan tampaknya dapat diperankan kota Surabaya. Tetapi perairan Surabaya hanya didefinisikan sebagai industri logistik. Bukan seperti perairan di pulau Lombok, pulau Wakatobi, pulau Raja Ampat, dan perairan sejenisnya yang memiliki daya ketertarikan dalam berwisata dan nilai jual yang tinggi, cukup dengan menawarkan keindahan alamnya dan wisata baharinya, maka wisatawanpun akan datang. Berbeda dengan Surabaya yang kurang dapat mempromosikan wisata alamnya.

Jika di banding dengan beberapa kota di negara lain seperti Singapura dan Vannes di Perancis, mereka juga tidak memiliki kondisi alam sebagus pulau-pulau yang ada di Indonesia. Contohnya yaitu Singapore dengan Marina Bay nya, mereka sukses mengembangkan pantainya menjadi wisata laut yang memiliki potensi untuk mendatangkan wisatawan, meskipun disana tidak menawarkan pemandangan alam yang bagus. Namun dengan adanya “wahana” yang dibuat oleh manusia, hal tersebut terbukti dapat menarik wisatawan.

Dilihat dari kondisi geografis kota Surabaya yang mempunyai suhu yang cukup tinggi ketika siang hari, tampaknya kurang menarik bagi wisatawan lokal untuk mengunjungi pantai. Meskipun sudah lama terdapat jembatan Suramadu, dan sekarang Surabaya memiliki ikon baru yaitu jembatan Kenjeran dan air mancur di pesisir selatan Surabaya.

Kurangnya pemanfaatan ini menimbulkan dampak pada kesenjangan ekonomi daerah kota dengan daerah pesisir, dimana seharusnya pembangunan dimulai dari sektor pinggiran. Oleh karena itu perlunya inovasi konkret terhadap pemanfaatan sumber daya alam ini yang harus segera direalisasikan mengingat visi Indonesia sekarang adalah menjadi negara poros maritim.

Melihat peluang bisnis yang ditimbulkan dari masalah diatas, maka tim pembuatan kapal kayu TIKI 21 ini yang berstatus para mahasiswa Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya ingin membuat inovasi pada kapal kayu. Kapal yang dibuat berjenis katamaran (dua lambung) yang dibuat dari bahan kayu Balsa. Kapal TIKI 21 ini nantinya akan difungsikan sebagai wahana wisata di pesisir Pantai Kenjeran. Dalam proyek ini, secara keseluruhan menggunakan cara dan teknologi seperti yang digunakan oleh pembuatan kapal kayu yang lain, namun ada metode yang berbeda pada pembuatan kapal kayu TIKI 21 ini.

Metode yang digunakan yaitu *upside down* dan *stripe planking*. Pada metode *upside down* menerapkan pengerjaan kapal yang dikerjakan mulai dari bagian atas kapal sampai bawah kapal dengan cara membalik kapal sehingga lambung kapal menghadap ke bawah proses ini dilakukan dengan bantuan design dari James Wharram.

Pada metode *stripe planking* ini menggunakan potongan kayu sebagai penutup dari lambung kapal, bagian ujungnya disatukan menggunakan mur dan diikat bersama.

Dalam proyek yang dikerjakan oleh mahasiswa ini tentunya banyak kendala yang terjadi. Seperti kurangnya produktifitas para *engineer* yang dikarenakan padatnya jam perkuliahan.

Untuk mendapatkan manfaat maksimal dan berkelanjutan dalam pembuatan kapal kayu TIKI 21 ini, maka perlu dilakukan analisis yang cukup mendalam terhadap berbagai risiko yang akan muncul dalam tahap operasional dan pemeliharannya. Terutama risiko dengan kategori *major risk* sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan mitigasi untuk menekan akibat yang ditimbulkan oleh risiko tersebut.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, permasalahan yang hendak dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Risiko apa saja yang teridentifikasi dan bagaimana penilaian (*assessment*) risiko dalam pembuatan kapal kayu di PPNS?
2. Risiko-risiko apa saja yang termasuk katagori dominan (*major risk*) dalam pembuatan kapal kayu di PPNS?
3. Bagaimana mitigasi risiko yang dapat dilakukan untuk meminimalkan berbagai dampak negatif yang mungkin terjadi?
4. Bagaimana alokasi kepemilikan risiko (*ownership of risk*) jika risiko yang teridentifikasi benar terjadi?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengidentifikasi berbagai risiko dalam pembuatan kapal kayu di PPNS.
2. Untuk mengetahui risiko apa saja yang termasuk kategori dominan (*major risk*) berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian (*assessment*) pada pembuatan kapal kayu di PPNS.
3. Menentukan mitigasi risiko untuk meminimalkan berbagai dampak negatif yang mungkin terjadi.
4. Menentukan kepemilikan risiko, untuk program penanggulangan risiko (*Risk mitigation*).

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah :

1. Memberikan informasi risiko yang telah teridentifikasi dan dapat mengelompokkannya sesuai dengan sumber risiko pada pembuatan kapal kayu di PPNS.
2. Dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan oleh pihak-pihak terkait untuk mengatasi konsekuensi negative yang terjadi dalam pembuatan kapal kayu di PPNS.

Batasan Penelitian

Risiko sisa (*residual risk*) setelah proses mitigasi tidak ditinjau.

2. METODOLOGI

Desain Penelitian

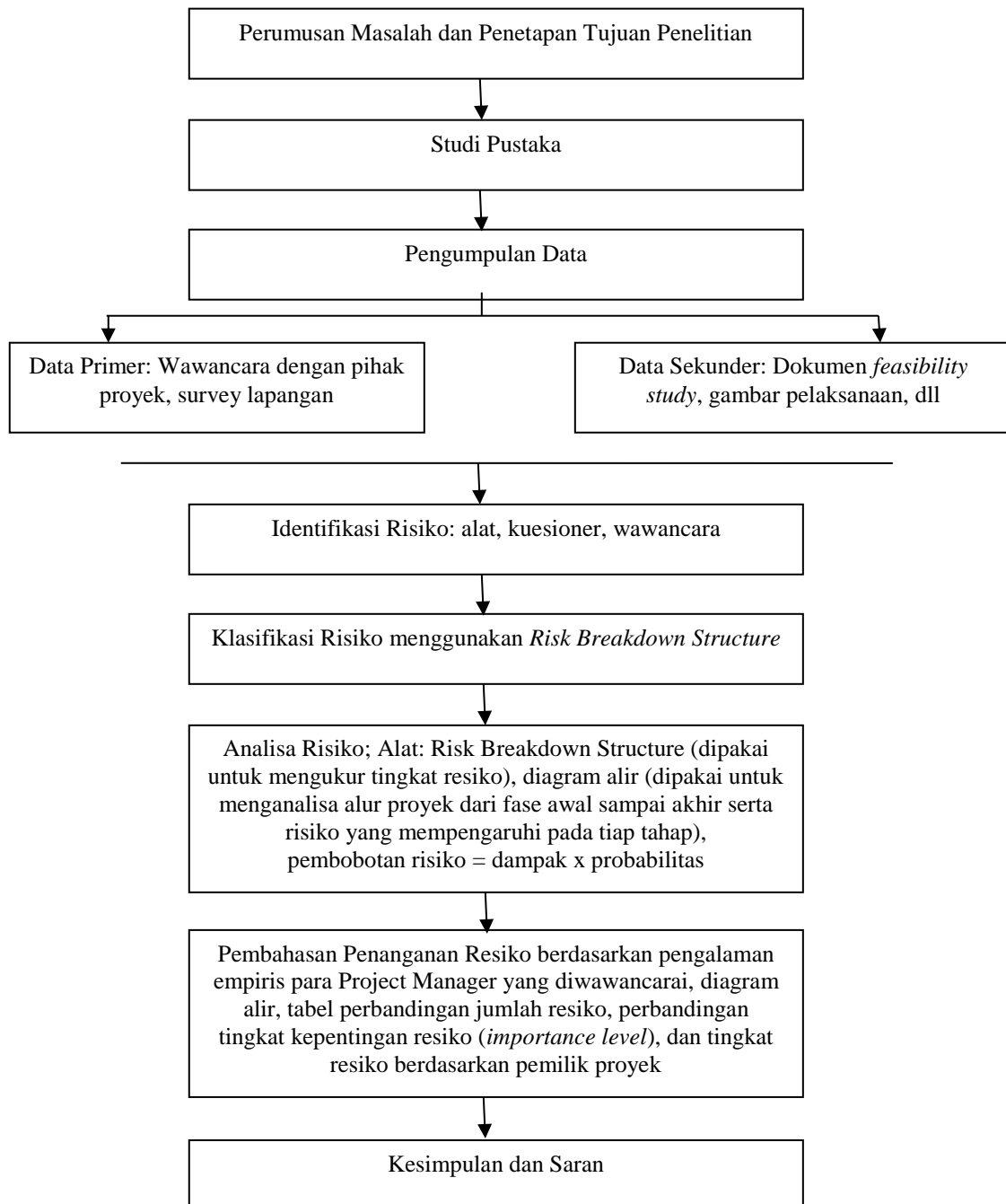
Adapun metode yang kami gunakan dalam membahas permasalahan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif untuk mengetahui risiko yang paling mempengaruhi tujuan proyek dan pembahasan penanganan risiko. Metode ini dalam penelitian ini disebut deskriptif kualitatif karena:

1. Penelitian ini meneliti kondisi dan situasi yang ada sekarang, berupa gambaran/ keterkaitan antar hal tanpa pengontrolan terhadap hal-hal lainnya ;
2. Berpijak pada konsep naturalistik.;
3. Kenyataan berdimensi jamak, kesatuan utuh, terbuka berubah.;
4. Peneliti obyek berinteraksi, peneliti dari luar dan dlm peneliti sebagai instrumen, subyektif, *judgement*.;
5. *Setting* penelitian alamiah,terkait tempat dan waktu.;
6. Analisis subyektif, intuitif-rasional.;
7. Hasil penelitian berupa deskripsi, interpretasi, tentatif-situasional.

Objek yang menjadi kasus dalam penelitian ini adalah pada pembuatan kapal kayu TIKI 21 di PPNS.

Diagram Alir

Dalam melakukan penelitian ini penulis melakukannya dalam tahapan-tahapan seperti yang tergambar dalam diagram alir penelitian dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengumpulan Data

Data yang akan dikumpulkan dan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang secara langsung didapatkan oleh peneliti dari sumber utama di lapangan. Dalam penelitian ini data primer yang dimaksud adalah :Hasil wawancara dengan pimpinan proyek, survey lapangan atau lokasi. Data sekunder adalah data yang didapat dari dokumen yang sudah ada. Pada penelitian ini data sekunder yang dimaksud adalah Dokumen *Feasibility Study*, gambar pelaksanaan, dan lain-lain. Adapun sumber data atau responden dalam penelitian ini adalah Project Manager dan Site Manager dari proyek pembuatan kapal TIKI 21 di PPNS, dimana mereka memiliki pengalaman membuat kapal kayu lebih dari 1 tahun. Dari kualifikasi tersebut diharapkan data yang didapatkan bisa dipercaya dan dipertanggungjawabkan.

Metode Pembobotan Kuesioner

Data yang didapat untuk di analisis, pengumpulan datanya menggunakan alat berupa kuesioner , dimana hasil dari kuesioner tersebut akan diolah dengan metode pembobotan skala linkert. Ada dua teknik pengukuran dengan kuesioner yang paling populer adalah

1. *Likert's Summated Rating (LSR)*;
2. *Semantic Differential (SD)*.

Likert's Summated Rating (LSR) atau *Skala linkert* pertama kali dikembangkan oleh **Rensis Linkert** pada tahun 1932 dalam mengukur sikap masyarakat. Dalam skala ini hanya menggunakan item yang secara pasti baik dan secara pasti buruk. Item yang pasti disenangi, disukai, yang baik, diberi tanda negatif (-). Total skor merupakan penjumlahan skor responsi dari responden yang hasilnya ditafsirkan sebagai posisi responden. Skala ini menggunakan ukuran ordinal sehingga dapat membuat ranking walaupun tidak diketahui berapa kali satu responden lebih baik atau lebih buruk dari responden lainnya. Prosedur dalam membuat skala linkert adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan item-item yang cukup banyak dan relevan dengan masalah yang sedang diteliti, berupa item yang cukup terang disukai dan yang cukup terang tidak disukai.
2. Item-item tersebut dicoba kepada sekelompok responden yang cukup representatif dari populasi yang ingin diteliti.
3. Pengumpulan responsi dari responden untuk kemudian diberikan skor, untuk jawaban yang memberikan indikasi menyenangkan diberi skor tertinggi.
4. Total skor dari masing-masing individu adalah penjumlahan dari skor masing-masing item dari individu tersebut.
5. Responsi dianalisa untuk mengetahui item-item mana yang sangat nyata batasan antara skor tinggi dan skor rendah dalam skala total. Untuk mempertahankan konsistensi internal dari pertanyaan maka item yang tidak menunjukkan korelasi dengan total skor atau tidak menunjukkan beda yang nyata apakah masuk kedalam skor tinggi atau rendah dibuang.

Kelebihan skala linkert adalah

1. dalam menyusun skala, item-item yang tidak jelas korelasinya masih dapat dimasukkan dalam skala.;
2. Lebih mudah membuatnya.;
3. Mempunyai reliabilitas yang relatif tinggi.;
4. Dapat memberikan keterangan yang lebih nyata tentang pendapatan atau sikap responden.

Sedangkan kelemahan skala linkert adalah

1. Hanya dapat mengurutkan individu dalam skala, tetapi tidak dapat membandingkan berapakah individu lebih baik dari individu lainnya.;
2. Kadang kala total skor dari individu tidak memberikan arti yang jelas, banyak pola response terhadap beberapa item akan memberikan skor yang sama.

Dalam skala Likert, biasanya disediakan lima pilihan skala dengan format seperti:

1. Sangat tidak setuju;
2. Tidak setuju;
3. Netral;
4. Setuju;
5. Sangat setuju

Selain pilihan dengan lima skala seperti contoh di atas, kadang digunakan juga skala dengan tujuh atau sembilan tingkat. Suatu studi empiris menemukan bahwa beberapa karakteristik statistik hasil kuesioner dengan berbagai jumlah pilihan tersebut ternyata sangat mirip. Empat skala pilihan juga kadang digunakan untuk kuesioner skala Likert yang memaksa orang memilih salah satu kutub karena pilihan "netral" tak tersedia.

Semantic Differential (SD) adalah metode dimana responden menyatakan pilihan di antara dua kutub kata sifat atau frasa. Dapat dibentuk dalam suatu garis nilai yang kontinyu, dan dapat diukur dalam satuan jarak atau dalam bentuk pilihan seperti LSR. Selain untuk memberikan nilai probabilita, Kuisisioner ini digunakan dalam proses klasifikasi dan pembobotan tingkat resiko. Dalam Kuisisioner ini akan ditanyakan mengenai frekuensi dan dampak resiko dengan skala seperti berikut ini: Pada penelitian ini seperti pada penelitian Santoso (2004) dampak dari tiap resiko ditanyakan pada tiap responden sesuai pengalaman mereka masing-masing dengan skala seperti berikut ini.

Frekuensi:

- 1 = tidak pernah
- 2 = jarang
- 3 = kadang-kadang
- 4 = sering
- 5 = selalu

Dampak:

1 = Sangat Kecil (SK)

2 = Kecil (K)

3 = Sedang (S)

4 = Besar (B)

5 = Sangat Besar (SB)

Perpaduan antara frekuensi dan dampak pada sebuah resiko menghasilkan nilai tingkat kepentingan resiko.

Identifikasi Risiko

Dari data yang diperoleh pada tahapan sebelumnya, penulis melakukan identifikasi risiko awal yang dapat terjadi dalam proyek ini seperti yang telah dijelaskan pada bab II. Selain itu penulis juga menggunakan metode kuesioner untuk mendapatkan masukan tentang aspek-aspek risiko yang mungkin belum disebutkan. Setelah mendapatkan masukan tentang aspek-aspek risiko yang lain, seluruh aspek-aspek tersebut akan digunakan dalam membuat kuesioner mengenai dampak risiko. Untuk mempermudah proses strukturisasi risiko pada tahap ini penulis akan mengelompokkan risiko dengan menggunakan metode RBS (*Risk Breakdown Structure*) yang akan dijabarkan sebagai berikut: Setelah selesai melakukan pengkategorian risiko tahap selanjutnya adalah melakukan pengambilan data kuesioner dan kemudian dilanjutkan dengan mengurutkan risiko berdasarkan tingkat kepentingan.

Analisis Resiko

Pada tahap pertama risiko akan di analisis menggunakan metode analisis kualitatif dimana dalam metode ini risiko akan dikategorikan berdasarkan sumbernya menggunakan metode *Risk Breakdown Structure*. Mengelompokkan risiko berdasarkan akar permasalahannya ataupun berdasarkan kategori yang dianggap penting dapat membantu meningkatkan efektivitas penanggulangan risiko. Setelah hasil dari kuesioner didapatkan maka tahap selanjutnya adalah menggunakan metode analisis kuantitatif untuk menyusun tingkat kepentingan risiko (*importance level*) untuk mengetahui risiko mana yang paling berpotensi untuk mengganggu jalannya proyek.

Pembahasan Penanganan Resiko

Pada tahap ini berdasarkan hasil analisis RBS, dianalisa lebih lanjut berdasarkan pengalaman empiris dari manajer proyek untuk mengetahui tindakan apa yang diambil untuk mengatasi risiko, kemudian dibahas lagi dengan menggunakan diagram alir untuk mengetahui hubungan antar faktor risiko, tabel perbandingan jumlah risiko untuk mengetahui jumlah faktor risiko yang memiliki tingkat risiko tinggi, perbandingan tingkat kepentingan risiko (*importance level*) dengan menggunakan rumus 2 untuk membandingkan proyek mana yang memiliki tingkat risiko paling tinggi dan paling rendah untuk masing-masing jenis proyek, perbandingan tingkat risiko berdasarkan pemilik proyek untuk mengetahui apakah perbedaan pemilik proyek sangat berpengaruh dalam suatu proyek dengan membandingkan nilai tingkat risiko pada faktor risiko pemilik proyek.

Instrumen Penelitian

Dalam penelitian penulis menggunakan instrumen kuisisioner, wawancara (*Interview*) dimana metode kuisisionernya telah dibahas sebelumnya.

Wawancara

Teknik wawancara yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara terpimpin dimana materi pertanyaan tentang penanganan resiko yang diberikan.

Kuesioner

Kuesioner menggunakan metode RBS yang dapat dilihat dalam lampiran pada makalah ini. Adapun respondennya adalah project manager proyek yang proyeknya diteliti oleh penulis dengan pengalaman kurang lebih 1 tahun dalam bidangnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Identifikasi Risiko

Dibawah ini adalah faktor risiko yang diperoleh dari hasil wawancara terhadap responden mengenai identifikasi risiko ditambah dengan ide awal penulis mengenai risiko yang mungkin terjadi, disertai penjelasan tiap faktor risiko supaya tidak terjadi kesalahpahaman asumsi antara responden, penulis dan pembaca,. Dari seluruh hasil wawancara mengenai identifikasi risiko hasilnya akan dibuat kuesioner untuk mengukur tingkat kepentingan resiko. Dari hasil kuesioner ini nantinya dapat diperoleh tingkat kepentingan resiko.

Tabel 1. Definisi Operasional Risiko dalam *Risk Breakdown Structure*.

No	Variabel	Indikator	Sub-Indikator		Definisi
1	Perencanaan				
		Proses perijinan	X1	Tanggapan Publik	Tanggapan masyarakat terhadap rencana proyek
			X2	Kematangan perencanaan	Kematangan desain perencanaan untuk IMB
			X3	Perijinan proyek	Proses perijinan yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek
		Proses desain	X4	Kompleksitas Pekerjaan Proyek	Keberagaman pekerjaan yang dilakukan
			X5	Teknologi yang digunakan	Teknologi baru yang diterapkan dalam proyek tersebut
			X6	Dampak terhadap lingkungan	Dampak negatif yang diprediksikan akan timbul akibat proyek ini terhadap lingkungan di sekitar proyek
			X7	Lisensi yang nantinya dipakai dalam proyek baik produk maupun teknologi	Lisensi atau hak paten yang dipakai sehubungan teknologi yang diterapkan pada proyek
			X8	Lokasi Proyek	Lokasi pelaksanaan proyek
			X9	Redesain	Desain ulang pada saat pelaksanaan
2	Pengadaan				
		Pembelian	X10	Peralatan dan bulk material yang kritis dan sukar	Peralatan dan material yang susah didapat
			X11	Perubahan spesifikasi yang mempengaruhi pembuatan	Perubahan spesifikasi produk yang telah dibuat
			X12	Jadwal pengadaan material dan peralatan yang terlambat	Keterlambatan dalam datangnya material dan peralatan
			X13	Kurangnya informasi mengenai perusahaan vendor	Kurangnya data dan informasi tentang vendor
			X14	Terjadinya kenaikan harga bahan	Kenaikan harga bahan yang terjadi
			X15	Kesalahan estimasi anggaran pengadaan	Dalam estimasi anggaran pengadaan mengalami kesalahan
		Pengapalan transportasi &	X16	Kerusakan atau kehilangan material/peralatan yang dibeli	Material/peralatan dibeli mengalami kerusakan/hilang pada saat pengiriman
			X17	Keterlambatan kedatangan peralatan utama yang menghambat pekerjaan lain	Peralatan yang terlambat menghambat pelaksanaan
		Pergudangan	X18	Kerusakan atau kehilangan material/peralatan yang diperlukan	Material/peralatan yang akan digunakan dalam membuat produk mengalami kerusakan/hilang di gudang
3	Pelaksanaan				
		Sumber Daya & Fasilitas	X19	Alokasi Pekerja	Alokasi pekerja sesuai dengan keahliannya
			X20	Kurangnya ketersediaan pekerja	Jumlah ketersediaan pekerja yang kurang
			X21	Kecelakaan Kerja	Kecelakaan kerja yang terjadi di lokasi proyek

No	Variabel	Indikator	Sub-Indikator		Definisi
			X22	Perilaku Pekerja	Perilaku pekerja yang menjurus ke kecerobohan, kelalaian, ketidakpatuhan
			X23	Tingkat kemampuan pekerja	Tingkat kemampuan pekerja dalam melakukan pekerjaannya
			X24	Ketersediaan logistik alat dan material	Kelancaran penyediaan alat, material yang digunakan dalam proyek
			X25	Asuransi bagi pekerja/Jamsostek	Ada atau tidak asuransi yang diberikan kontraktor pada pekerja
			X26	Keamanan proyek	Keamanan proyek Keamanan lokasi proyek dari gangguan termasuk pencurian
			X27	Perlengkapan K3	Kelengkapan peralatan K3
			X28	Metode pelaksanaan	Metode yang digunakan dalam pelaksanaan proyek
			X29	Kurangnya fasilitas penunjang proyek	Fasilitas penunjang proyek
			X30	Keamanan (rusak, hilang) inventaris proyek	Inventaris proyek yang akan digunakan rusak/hilang
			X31	Kurangnya pengawas yang berkualitas	Pengawasan yang kurang dalam pelaksanaan proyek
			X32	Ketersediaan alat dan material	Alat dan material tersedia dalam pelaksanaan proyek
		Operasional Keseluruhan Proyek	X33	Pembayaran termin	Cara pembayaran termin apakah lancar atau tersendat
			X34	Konsistensi proyek	Apakah proyek tersebut berlangsung lancar dari awla hingga akhir karena ada beberapa proyek yang terhenti di tengah jalan akibat keterbatasan dana pemilik proyek
4	Eksternal				
		Kejadian tak terduga	X35	Bencana alam	Bencana alam yang terjadi pada saat pelaksanaan proyek
			X36	Terorisme	Aksi teror yang terjadi pada saat pelaksanaan proyek
			X37	Kerusuhan Sosial	Kerusuhan massa yang terjadi pada saat pelaksanaan proyek
		Kondisi Politik	X38	Kebijakan Hukum dan Regulasi	Kebijakan, peraturan yang dikeluarkan pemerintah yang dapat mempengaruhi harga material
			X39	Pergantian pemerintahan	Proses pergantian pemimpin seperti pemilu yang sekiranya nanti dapat mengubah kebijakan pemerintahan di bidang perekonomian perdagangan
			X40	Hubungan Internasional	Hubungan dengan negara pemasok material impor
		Sosial	X41	Kondisi pasar domestik/lokal	Kondisi pasar saat pelaksanaan proyek, apakah harga-harga material di pasaran naik turun atau relatif stabil
			X42	Pola kebiasaan masyarakat	Pola kebiasaan masyarakat di sekitar proyek yang dapat mengganggu berjalannya proyek misalnya membuat onar, mencuri, dsb
			X43	Kondisi pasar dunia	Kondisi pasar dan perekonomian dunia yang dapat mempengaruhi harga material misalnya kenaikan harga minyak mentah dunia

No	Variabel	Indikator	Sub-Indikator		Definisi
					memicu kenaikan harga solar industri dan aspal
		Kondisi Alam	X44	Cuaca	Cuaca yang dapat mengganggu berjalannya proyek
5	Penyimpangan dalam pelaksanaan dan operasional terhadap Perencanaan				
		Biaya	X45	Sumber pembiayaan	Sumber pembiayaan yang diperoleh pemilik proyek yang nantinya dapat mempengaruhi berjalannya proyek
			X46	Bunga dan pinjaman	Kesanggupan pemilik untuk membayar bunga dan cicilan pinjaman apabila sumber pembiayaan yang dipakai oleh pemilik adalah pinjaman bank
			X47	Pembengkakan biaya	Pembengkakan biaya yang terjadi selama proyek berlangsung
		Mutu	X48	Spesifikasi mutu dari pemilik	Spesifikasi material yang diminta pemilik proyek apakah ada di pasaran atau tidak
			X49	Kesesuaian mutu dengan spesifikasi yang ditentukan	Kesesuaian mutu pekerjaan dengan spesifikasi yang ditentukan pemilik
		Waktu	X50	Pembengkakan waktu pelaksanaan	Pembengkakan waktu pelaksanaan akibat gangguan dari hal yang tidak diharapkan selama berjalannya proyek
			X51	Jadwal pelaksanaan yang terbatas	Jadwal pelaksanaan yang diberikan pemilik proyek apakah sangat terbatas atau cukup panjang yang dapat mempengaruhi mutu pekerjaan

Hasil Pengumpulan Data Instrumen Penelitian

Adapun sistem penilaian yang dipakai dalam kuisioner dalam penelitian ini adalah:

Frekuensi (Intensitas):

- 1 = Sangat Jarang = Sangat jarang terjadi, hanya pada kondisi tertentu.
- 2 = Jarang = Jarang terjadi pada kondisi tertentu
- 3 = Kadang-kadang = Kadang-kadang terjadi pada kondisi tertentu
- 4 = Sering = Sering terjadi pada setiap kondisi
- 5 = Sangat Sering = Selalu terjadi pada setiap kondisi

Dampak:

- 1 = Sangat Kecil = Tidak berdampak pada jadwal
- 2 = Kecil = Terjadi keterlambatan jadwal proyek < 5%
- 3 = Sedang = Terjadi keterlambatan jadwal proyek 5% - 7%
- 4 = Besar = Terjadi keterlambatan jadwal proyek antara 7% - 10%
- 5 = Sangat Besar = Terjadi keterlambatan jadwal proyek > 10%

Proyek Pembuatan Kapal Kayu TIKI 21

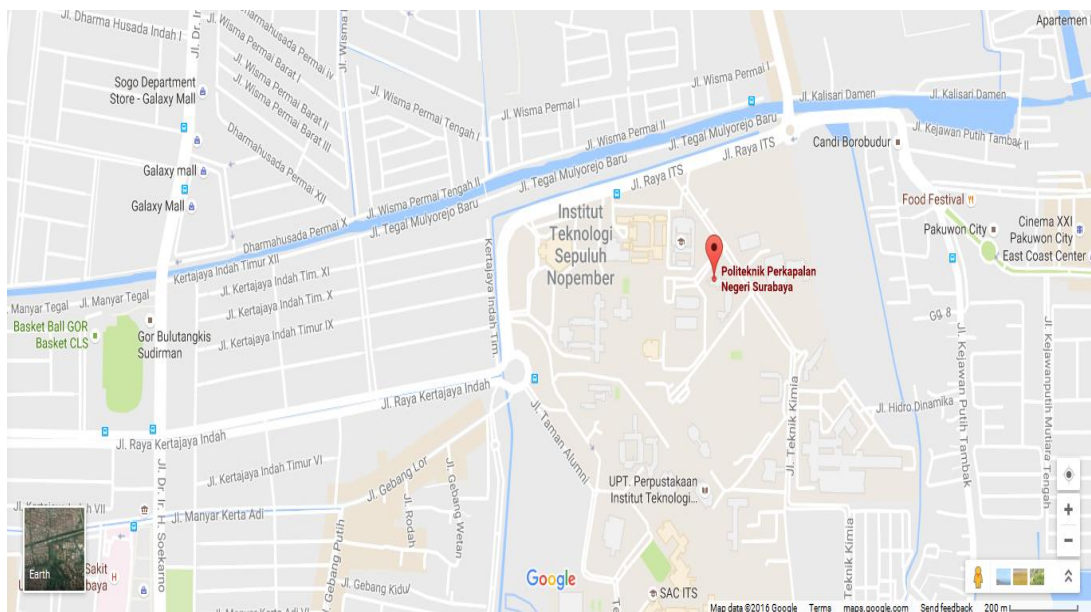
Data responden dan petunjuk singkat

1. Nama Responden : Onggo Firstha Nichita
2. Nama Proyek : Kapal Kayu TIKI 21
3. Jabatan Pada Proyek : Top Manajer
4. Proyek Mulai : 22 Desember 2015
5. Rencana Selesai : 22 Desember 2016
Aktual Selesai : Belum selesai
6. Nilai Proyek : Rp. 90.000.000,-
7. Lokasi Proyek : Bengkel Non Metal PPNS
8. Pemilik Proyek : Erwin Eka

9. Perusahaan : CV AUSZAC INDONESIA

Kapal adalah suatu objek dimana harus bisa menerima berbagai gaya dari luar. Oleh karena itu kekuatan konstruksi kapal menjadi hal yang wajib dipertimbangkan. Dengan mengetahui gaya yang bekerja terhadap kapal maka dapat diketahui pula dimensi material yang sesuai. Kapal TIKI 21 yang dirancang oleh James Wharram dan Hanneke Bon menggunakan konstruksi dengan material *plywood*. Penggantian material tentunya harus dilakukan perhitungan ulang terhadap kebutuhan material baru yang diperlukan karena karakteristik material yang berbeda. Kuncinya adalah dengan merancang dimensi material baru yang kekuatannya cukup untuk mengatasi *Yield Strength* dari material *plywood* sebelumnya. *Yield strength* adalah fungsi dari momen yang bekerja pada kapal, tinggi titik netral ke *deck* tertinggi, dan *inersia* yang juga fungsi dari ketebalan material. Setelah mendapatkan *Yield Strength* dari kapal maka dibandingkan dengan *Yield Strength* dari data uji material, apakah ketebalan material yang digunakan sudah bisa memenuhi angka aman dari data uji materialnya.

Untuk pengerjaan proyek ini CV. AUSZAC INDONESIA bekerja sama dengan UKM Maritime Challenge yang dinaungi oleh Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. UKM tersebut ditunjuk sebagai pelaksana proyek pembuatan kapal tersebut. Untuk saat ini legalitas dari kapal tersebut dipegang oleh CV. AUSZAC INDONESIA. Jenis kapal ini adalah katamaran (lambung ganda), penggerak kapal ini menggunakan mesin dan layar.



Gambar 2. Peta PPNS

Dari hasil wawancara dan kuisioner dengan manajer proyek pembuatan kapal kayu TIKI 21 didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Analisa Risk Breakdown Structure Proyek Pembuatan Kapal Kayu TIKI 21

No	Variabel	Indikator	Sub-Indikator	Frek (a)	Dampak (b)	Tingkat Risiko (a) x (b)	Penjelasan Risiko yang Terjadi	Penanganan Risiko	
1	Perencanaan	Proses perijinan	X 1	Tanggapan Publik	2	1	2	Tanggapannya biasa saja, hamper tidak ada masalah	-
			X 2	Kematangan perencanaan	4	4	16	Sering terjadi ketidakmatangan perencanaan	Berdiskusi mencari solusi
			X 3	Perijinan proyek	1	1	1	Tidak ada masalah dalam perijinan, semua mendapat persetujuan	-
		Proses desain	X 4	Kompleksitas Pekerjaan Proyek	3	3	9	Secara umum tidak ada masalah namun karena nilai proyek yang cukup tinggi maka skope pekerjaan lebih luas, memerlukan koordinasi yang baik	Lebih sering berkoordinasi sehingga target pekerjaan dan mutu yang diinginkan dapat dicapai

No	Variabel	Indikator	Sub-Indikator	Frek (a)	Dampak (b)	Tingkat Risiko (a) x (b)	Penjelasan Risiko yang Terjadi	Penanganan Risiko	
			X 5	Teknologi yang digunakan	2	2	4	Tidak ada teknologi baru yang digunakan dalam proyek ini.	-
			X 6	Dampak terhadap lingkungan	1	1	1	Secara umum tidak ada masalah hanya mungkin sedikit kotor akibat sampah proyek	Meletakkan sampah pada tempatnya
			X 7	Lisensi yang nantinya dipakai dalam proyek baik produk maupun teknologi	3	1	3	Proyek ini menggunakan desain dari James Wharm	Mengikuti pedoman pembuatan kapal dari sumber tersebut, dan mendesain ulang sesuai keperluan
			X 8	Lokasi Proyek	1	1	1	Secara umum tidak ada masalah karena terletak di bengkel kayu untuk membuat kapal	-
			X 9	Redesain	1	1	1	Tidak ada masalah	-
2	Pengadaan								
		Pembelian	X 10	Peralatan dan bulk material yang kritis dan sukar	1	1	1	Tidak ada masalah karena peralatan dan material mudah didapatkan	-
			X 11	Perubahan spesifikasi yang mempengaruhi pembuatan	3	3	9	Secara umum ada masalah jika ada perubahan pada spesifikasi produk	Berdiskusi sebelum merubah spesifikasi
			X 12	Jadwal pengadaan material dan peralatan yang terlambat	3	3	9	Terdapat beberapa keterlambatan dalam pengadaan	Order sebelum pelaksanaan
			X 13	Kurangnya informasi mengenai perusahaan vendor	1	1	1	Tidak ada masalah, informasi vendor sangat jelas	-
			X 14	Terjadinya kenaikan harga bahan	1	1	1	Tidak ada masalah karena bahan sudah dipesan dalam bentuk borongan	-
			X 15	Kesalahan estimasi anggaran pengadaan	3	3	9	Ada masalah dalam estimasi pengadaan seperti kelebihan dalam pengadaan, atau kekurangan	Menyiapkan dana cadangan
		Pengapalan & transportasi	X 16	Kerusakan atau kehilangan material/peralatan yang dibeli	2	2	4	Jarang terjadi kerusakan dan kehilangan peralatan/material	Disimpan pada tempat yang sudah disediakan
			X 17	Keterlambatan kedatangan peralatan utama yang menghambat pekerjaan lain	3	3	9	Ada masalah dalam pengiriman material kayu Balsa	Melakukan pemesanan ulang
		Pergudangan	X 18	Kerusakan atau kehilangan material/peralatan yang diperlukan	2	2	4	Jarang terjadi kerusakan dan kehilangan peralatan/material	Disimpan pada tempat yang sudah disediakan
3	Pelaksanaan								
		Sumber Daya & Fasilitas	X 19	Alokasi Pekerja	2	1	2	Pekerja sesuai dengan keahliannya	-
			X 20	Kurangnya ketersediaan pekerja	5	5	25	Akibat semua pelaksanaan proyek	Melakukan sistem shift kerja

No	Variabel	Indikator	Sub-Indikator	Frek (a)	Dampak (b)	Tingkat Risiko (a) x (b)	Penjelasan Risiko yang Terjadi	Penanganan Risiko	
							adalah mahasiswa, kurangnya ketersediaan pekerja sering terjadi		
			X 21	Kecelakaan Kerja	1	1	1	Tidak ada masalah	-
			X 22	Perilaku Pekerja	5	5	25	Sikap tidak disiplin para pekerja	Memberi motivasi
			X 23	Tingkat kemampuan pekerja	2	2	4	Kemampuan cukup memadai	-
			X 24	Ketersediaan logistik alat dan material	2	2	4	Tidak ada masalah jikatidak ada keterlambatan	-
			X 25	Asuransi bagi pekerja/Jamsostek	1	1	1	Tidak ada masalah	-
			X 26	Keamanan proyek	2	2	4	Cukup aman	Menggunakan APD
			X 27	Perlengkapan K3	1	1	1	Lengkap	-
			X 28	Metode pelaksanaan	1	1	1	Tidak ada masalah	-
			X 29	Kurangnya fasilitas penunjang proyek	2	1	2	Tidak ada masalah	-
			X 30	Keamanan (rusak, hilang) inventaris proyek	2	2	4	Jarang terjadi kerusakan dan kehilangan peralatan/material	Disimpan pada tempat yang sudah disediakan
			X 31	Kurangnya pengawas yang berkualitas	1	1	1	Selalu diawasi	-
			X 32	Ketersediaan alat dan material	1	1	1	Tersedia	-
		Operasional Keseluruhan Proyek	X 33	Pembayaran termin	5	5	25	Menggunakan sistem pembayaran Progress Payment, pembayaran termin terakhir untuk pekerjaan 100% masih kurang beberapa rupiah disebabkan karena owner masih meminta perbaikan-perbaikan kecil	Penagihan ulang
			X 34	Konsistensi proyek	1	1	1	Tidak ada masalah	
4	Eksternal								
		Kejadian tak terduga	X 35	Bencana alam	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 36	Terorisme	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 37	Kerusuhan Sosial	1	1	1	Tidak ada masalah	
		Kondisi Politik	X 38	Kebijakan Hukum dan Regulasi	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 39	Pergantian pemerintahan	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 40	Hubungan Internasional	1	1	1	Tidak ada masalah	
		Sosial	X 41	Kondisi pasar domestik/local	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 42	Pola kebiasaan masyarakat	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 43	Kondisi pasar dunia	1	1	1	Tidak ada masalah	
		Kondisi Alam	X 44	Cuaca	1	1	1	Tidak ada masalah	

No	Variabel	Indikator	Sub-Indikator	Frek (a)	Dampak (b)	Tingkat Risiko (a) x (b)	Penjelasan Risiko yang Terjadi	Penanganan Risiko	
5	Penyimpangan dalam pelaksanaan dan operasional terhadap Perencanaan								
		Biaya	X 45	Sumber pembiayaan	4	4	16	Sering mengalami keterlambatan pembiayaan	
			X 46	Bunga dan pinjaman	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 47	Pembengkakan biaya	3	3	9	Akibat tidak tepatnya estimasi	
		Mutu	X 48	Spesifikasi mutu dari pemilik	1	1	1	Tidak ada masalah	
			X 49	Kesesuaian mutu dengan spesifikasi yang ditentukan	2	2	4	Tidak terlalu bermasalah	
		Waktu	X 50	Pembengkakan waktu pelaksanaan	5	5	25	Proyek mundur sangat lama	
			X 51	Jadwal pelaksanaan yang terbatas	5	5	25	Terbentur dengan kuliah	

Keterangan:

1.  = Perencanaan

Pada tahap ini faktor risiko yang berisiko paling besar adalah kematangan perencanaan, hal ini karena pada proyek ini perencanaannya kurang dimatangkan dikarenakan sumber daya manusia yang kurang memadai.

2.  = Pengadaan

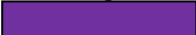
Pada tahap ini ada beberapa faktor risiko yang berisiko paling besar adalah perubahan spesifikasi yang mempengaruhi pembuatan, jadwal pengadaan material dan peralatan yang terlambat, kesalahan estimasi anggaran pengadaan dan keterlambatan kedatangan peralatan utama yang menghambat pekerjaan lain.

3.  = Pelaksanaan

Pada tahap ini ada beberapa faktor risiko yang berisiko paling besar adalah kurangnya ketersediaan pekerja, perilaku pekerja yang tidak disiplin, pembayaran termin yang terlambat.

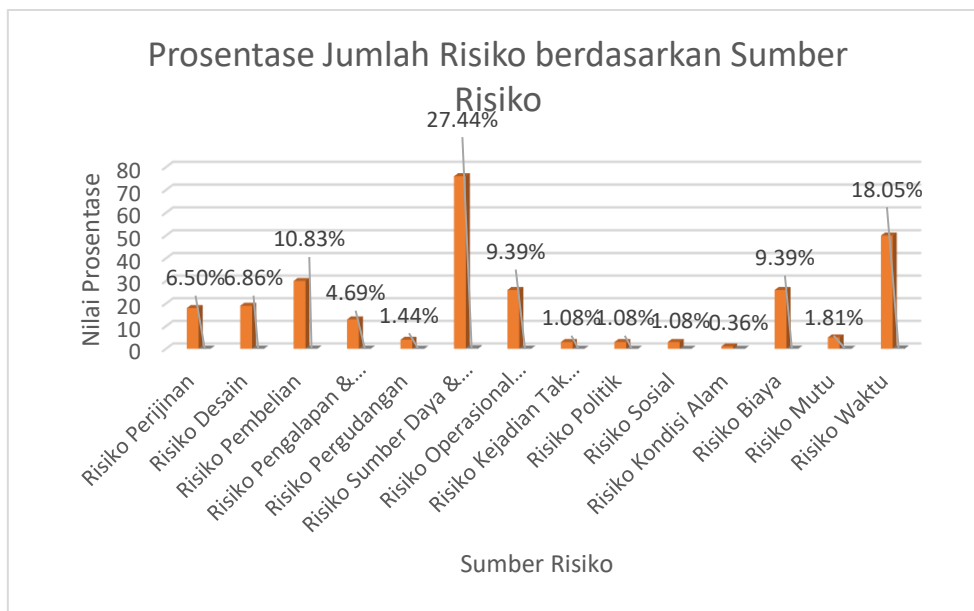
4.  = Eksternal

Pada tahap ini tidak ada faktor risiko yang teridentifikasi, semua dapat dikendalikan.

5.  = Penyimpangan dalam pelaksanaan dan operasional terhadap perencanaan

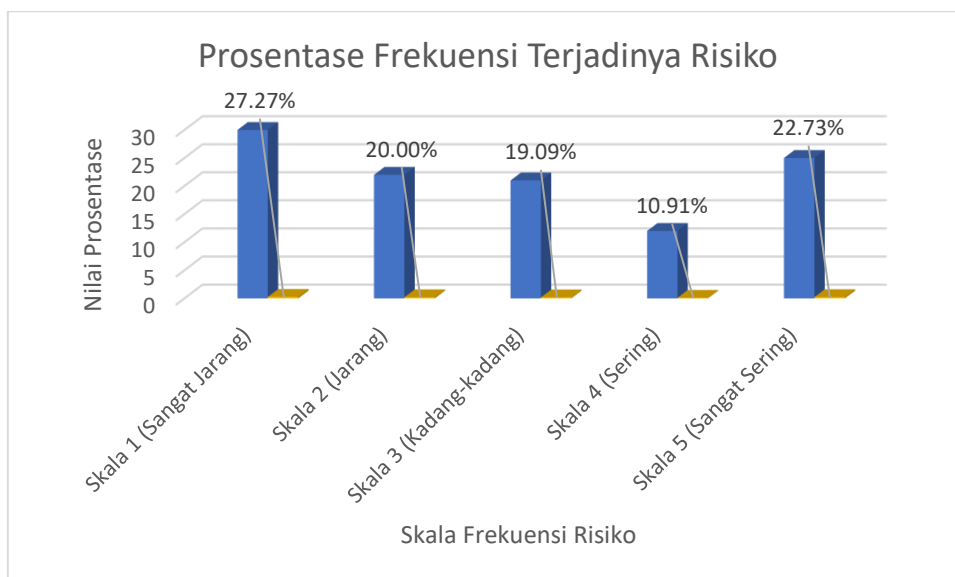
Pada tahap ini ada beberapa faktor risiko yang berisiko paling besar adalah pembengkakan waktu pelaksanaan yang dikarenakan pengerjaan proyek tidak sesuai jadwal dan jadwal pelaksanaan yang terbatas.

Hasil penelitian mendapatkan jumlah risiko yang teridentifikasi berjumlah 51 risiko. Prosentase jumlah risiko menurut sumber risiko ditampilkan seperti pada Gambar 3, hasil identifikasi tersebut menunjukkan bahwa dalam proyek pembuatan kapal kayu TIKI 21 sangat terkait dengan sumber daya dan fasilitas serta waktu yang diperlukan.



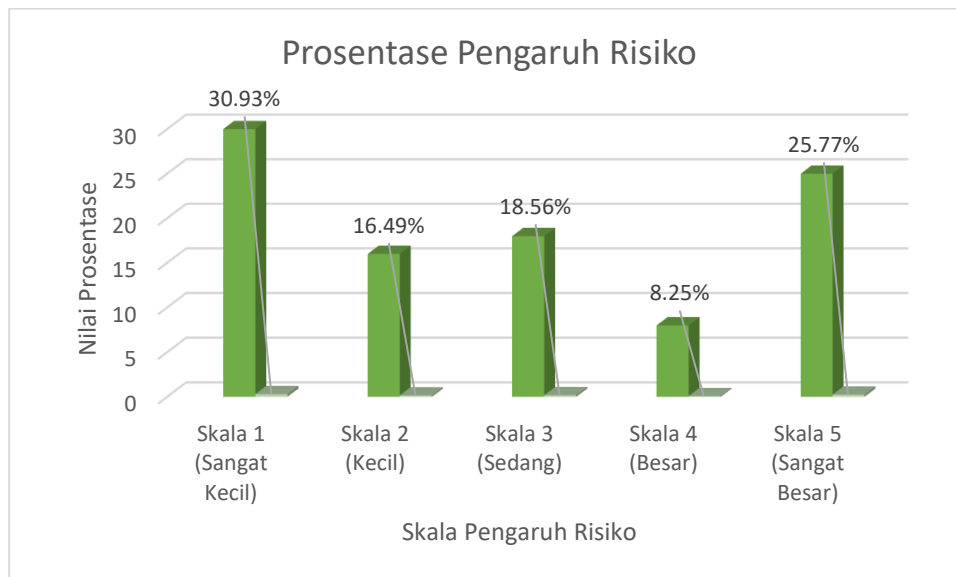
Gambar 3. Presentase Jumlah Risiko berdasarkan Sumber Risiko

Berdasarkan hasil distribusi frekuensi dan modus jawaban responden terhadap frekuensi terjadinya risiko yang teridentifikasi dalam pembuatan kapal kayu TIKI 21 di PPNS dapat dihitung presentase frekuensi terjadinya risiko pada berbagai skala frekuensi seperti disajikan pada Gambar 4, dapat dijelaskan presentase terbesar jawaban responden adalah skala 1 (sangat jarang) yakni sebesar 27,27%. Hal ini berarti sebagian besar responden beranggapan bahwa tingkat frekuensi kejadian munculnya risiko yang terdapat pada kuisioner berpotensi jarang terjadi dalam pembuatan kapal kayu TIKI 21 di PPNS.



Gambar 4. Presentase Frekuensi terhadap Terjadinya Risiko

Distribusi frekuensi dan modus jawaban responden terhadap dampak/pengaruh terjadinya risiko yang teridentifikasi dalam pembuatan kapal kayu TIKI 21 di PPNS dapat disajikan pada gambar 5, dapat dijelaskan presentase terbesar jawaban responden adalah skala 1 (sangat kecil) yakni sebesar 30,93%. Hal ini berarti sebagian besar responden beranggapan bahwa tingkat dampak/pengaruh risiko yang terdapat pada kuisioner adalah sangat kecil.



Gambar 5. Prosentase Pengaruh Risiko

4. KESIMPULAN

1. Mitigasi risiko yang dapat dilakukan untuk menangani risiko dominan pada pembuatan kapal kayu TIKI 21 di PPNS yakni dengan menghindari risiko, mengurangi risiko, dan memindahkan risiko. Mitigasi risiko dimulai dari aspek institusi, regulasi, pembiayaan, serta program teknis dan non teknis. Mendorong terwujudnya peningkatan dalam produktivitas pekerja merupakan salah satu mitigasi dari aspek sumber daya manusia. Dari aspek waktu dapat dilakukan penambahan jam kerja, melakukan evaluasi serta pengawasan terhadap proyek pembuatan kapal kayu TIKI 21.
2. Alokasi kepemilikan risiko dominan didistribusikan kepada para pihak yang memiliki peran dalam proyek pembuatan kapal TIKI 21 dengan jumlah kepemilikan risiko terbanyak diterima oleh pengelola proyek.
3. Prosentase jumlah risiko menurut sumber risiko, hasil identifikasi tersebut menunjukkan bahwa dalam proyek pembuatan kapal kayu TIKI 21 sangat terkait dengan sumber daya dan fasilitas dengan prosentase 27,44% serta waktu yang diperlukan dengan prosentase 18,05%.
4. Tingkat frekuensi kejadian munculnya risiko yang terdapat pada kuisioner berpotensi jarang terjadi dengan prosentase 27,27% dalam pembuatan kapal kayu TIKI 21 di PPNS.
5. tingkat dampak/pengaruh risiko yang terdapat pada kuisioner adalah sangat kecil yakni 30,93%.
6. Untuk strategi pengendalian risiko dilakukan pengawasan rutin serta evaluasi dalam proyek ini.

Dalam usaha meningkatkan produktivitas proyek pembuatan kapal kayu TIKI 21 ini, perlu penambahan pada jumlah pekerja dan jam kerja agar proyek dapat selesai tepat pada waktunya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada para orang tua kami yang sudah mendukung sepenuhnya kegiatan kami. dosen pembimbing kami yaitu Ibu Yugowati Praharsi, SSi.,MSc., Ph.D, dan kepada Bapak/Ibu responden penelitian ini atas bantuan dan kerjasamanya dalam memperoleh data-data yang dibutuhkan dan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan, semangat, saran dan koreksi sehingga makalah ini dapat terselesaikan. Serta banyak pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dr. Mamduh M. Hanafi. 2014. *Manajemen Risiko*. UPP STIM YKPN. Yogyakarta
- Nurlailah Badariah, Dadang Surjasa, dkk. 2014. *Jurnal Analisa Supply Chain Risk Management Berdasarkan Metode Failure Mode And Effects Analysis (Fmea)*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti
- Silvianita, Mohd. Faris Khamidi, dkk. 2011. *Jurnal Critical Review Of A Risk Assessment Method And Its Applications*. Civil Eng, Universiti Teknologi PETRONAS; Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Putri, Anggi Permata Suwandi. 2010. *Tesis Kajian Manajemen Resiko Pada Proyek Dengan Sistem Kontrak Lump Sum Dan Sistem Kontrak Unit Price (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Dan Jembatan, Gedung, Bangunan Air)*. Teknik Sipil, Univesitas Diponegoro
- Juanto, Sitorus. 2008. *Tesis Faktor-Faktor Risiko Yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Waktu Proyek Epc Gas Di Indonesia*. Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik Fakultas Teknik – Universitas Indonesia
- B.F. Sompie, H. Tarore. 2012. *Jurnal Analisis Resiko Proyek Pembangunan Dermaga Study Kasus Dermaga Pehe Di Kecamatan Siau Barat Kabupaten Kepulauan Sitaro*. Dosen Pascasarjana Teknik Sipil Unsrat

- Antonius, Gatot Yudo Pratomo. 2011. *Makalah Seminar Nasional Manajemen Teknologi Xiv Mmt-Its Perencanaan Proyek Berbasis Risiko Pembangunan Sistem Informasi Manajemen Aset Di Pdam Kotamadya Malang Berbasis Iso/Fdis 31000:2009*. Pascasarjana Magister Manajemen Teknologi Bidang Keahlian Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Eka, Sari Dewi. 2014. *Jurnal Analisa Risiko Pada Pelaksanaan Proyek Pembangunan Box Culvert Di Surabaya*. Teknik Sipil ITS
- I W. Wedana Yasa I G. B. Sila Dharma, dkk. 2013. *Jurnal Spektran Manajemen Risiko Operasional Dan Pemeliharaan Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Regional Bangli Di Kabupaten Bangli*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Peluang Pemanfaatan Campuran Refrigeran Hidrokarbon Pada Cooling Box Temperatur Sangat Rendah Dengan Menggunakan Sistem Refrigerasi Joule-Thomson

Ade Suryatman Margana^{*}, Sumeru^{**}

^(a)Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung

^{*}adesmargana@polban.ac.id, ^{**}sumeru84@gmail.com

Abstrak

Mesin pendingin siklus kompresi uap *single stage* (satu kompresor) umumnya beroperasi dengan temperatur tidak lebih rendah dari -40°C . Bila diinginkan temperatur lebih rendah dari -40°C , maka diperlukan strategi khusus, baik menggunakan refrigeran dan kompresor khusus atau menggunakan *double stage*. Pada penelitian ini akan dirancang *cooling box* yang dapat mencapai temperatur antara -80°C s/d -100°C menggunakan refrigeran ramah lingkungan (hidrokarbon) dan mudah didapat dipasaran, serta menggunakan kompresor yang umum digunakan pada mesin pengkondisi udara. Sistem yang bertemperatur rendah tersebut digunakan untuk penyimpanan vaksin yang saat ini ada di pasaran tapi dengan harga mesin yang sangat mahal. Untuk mencapai tujuan tersebut maka digunakan penukar kalor Joule-Thomson dengan campuran baru pada refrigeran, yaitu metana, propane, iso-butana dan nitrogen. Dari hasil penelitian temperatur terendah yang dapat dicapai adalah -88°C , ini terjadi pada percobaan dengan komposisi campuran refrigeran propane 53 %, iso-butana 27 %, nitrogen 10 % dan metana 10%.

Kata kunci: *Joule-Thomson, propane, iso-butana, metana, nitrogen*

1. PENDAHULUAN

Mesin pendingin untuk mencapai temperatur -60°C biasa menggunakan sistem pendingin *cascade* dengan dua kompresor, sedangkan untuk temperatur di bawah -100°C , menggunakan tiga atau lebih kompresor (Venkatarathnam, 2003). Saat ini, untuk mencapai temperatur yang sangat rendah (*cryogenic*) umumnya digunakan mesin pendingin Linde-Hampson dengan refrigeran nitrogen murni. Mesin ini bekerja dengan tekanan kerja sampai 200 bar, sehingga memerlukan konstruksi yang khusus dan tidak sederhana. Adanya tuntutan sistem refrigerasi yang lebih simpel, dengan hanya menggunakan satu kompresor (yang banyak di pasaran), dan dengan tekanan kerja 1-3 bar pada tekanan rendah dan 15-20 bar pada tekanan tinggi, membuat penelitian mesin pendingin *Joule-Thomson* berkembang lagi.

Beberapa negara, seperti India pada tahun 1998 (Venkatarathman, 2003) dan Jerman (Alexeev, 2000) juga mulai meneliti tentang sistem refrigerasi *Joule-Thomson*. Pada awal abad ke-21, beberapa paten yang berhubungan dengan *Joule-Thomson* terus bermunculan, terutama dalam proses pencarian gas-gas, dan pembuatan oksigen cair (Bayram, 2000; Arman, 2000; Brostow, 2001; Kountz, 2003).

Penggunaan *mixed refrigerant* untuk sistem refrigerasi *cryogenic* pertama kali diajukan oleh Polbielniak untuk paten di USA pada tahun 1936 (Podbielniak, 1936). Pada tahun 1959, Kleemenko adalah orang pertama yang mendemonstrasikan pencairan LNG dari gas alam menggunakan proses *mixed refrigerant*. Pada pertengahan dekade 90-an, Amerika Serikat memulai program pembuatan lemari pendingin dengan temperatur sangat rendah (*cryocooler*) (Nisenoff et al., 1996).

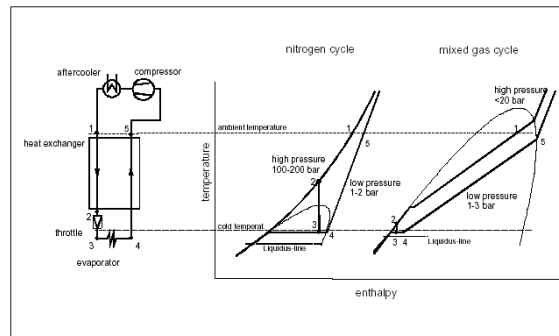
Mesin pendingin temperatur sangat rendah jarang digunakan dalam keperluan sehari-hari. Hanya instansi tertentu yang menggunakannya, seperti rumah sakit ataupun perusahaan farmasi, pembuatan LNG, produksi Oksigen maupun Nitrogen cair. Selama ini, mesin pendingin tersebut keberadaannya di Indonesia masih *import*, tentunya dengan harga yang relatif tinggi, karena kandungan teknologinya juga cukup tinggi. Agar dapat memutus ketergantungan, dan tidak tertinggal dalam teknologi refrigerasi temperatur sangat rendah, maka perlu dilakukan juga penelitian tentang refrigerasi temperatur rendah dengan refrigeran campuran, mengingat teknologi ini juga sedang dikembangkan di beberapa negara maju.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian tentang Peluang Pemanfaatan Campuran refrigeran Hidrokarbon Pada Cooling Box Temperatur Sangat Rendah Dengan Menggunakan Sistem Refrigerasi Joule-Thomson

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Sistem (mesin) Refrigerasi Siklus Joule-Thompson

Peralatan yang di pakai dalam penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 2.1. Komponen utama dari sistem Joule Thomson adalah kompresor, oil separator, after cooler, penukar kalor aliran balik (penukar kalor JT), katup cekik dan evaporator. Campuran refrigerant yang digunakan terdiri dari propane, metane, dan iso-butane

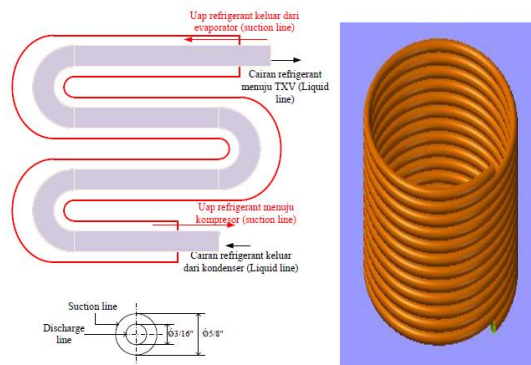


Gambar 1. Prinsip kerja dan diagram termodinamika sistem refrigerasi siklus Joule-Thompson.

Pendingin campuran gas JT kita ini terdiri dari dua modul terpisah: unit kompresor dan kotak pendingin, yang dihubungkan dengan pipa-pipa gas.

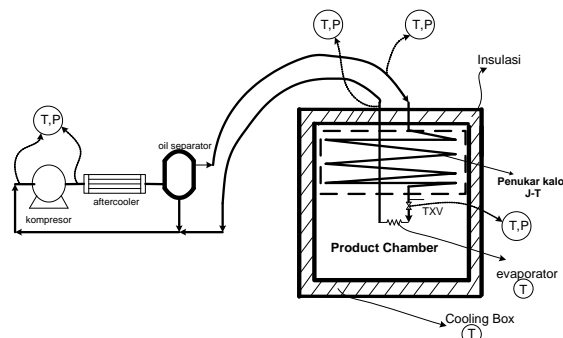
Unit kompresor terdiri dari kompresor campuran gas termasuk jenis kompresor rotary kapasitas 1 pk, dengan aftercooler dan oil separator.

Bok pendingin terdiri dari katup cekik TXV, evaporator dan penukar kalor. Penukar kalor jenis multitube digunakan. untuk aliran tekanan tinggi, pipa tembaga kecil yang berdiameter 4 mm, diletakkan dalam sebuah pipa yang lebih besar yang berdiameter 16 mm. dengan pipa keduanya 11,4 meter. Pada alat penukar kalor aliran tekanan rendah mengalir dalam pipa besar dalam ruang diantara pipa-pipa kecil. Pipa-pipa ini tersusun dalam lilitan berbentuk spiral dengan diameter 265 mm (gambar 2.2).



Gambar 1. Konstruksi pipa-pipa penukar kalor

Rancangan mesin pendingin *Joule-Thomson* yang dilengkapi dengan *cooling box* seperti terlihat pada gambar 2.3. terlihat bahwa penukar kalor diletakkan pada bagian atas *cooling box*, dan evaporator terletak di dalam kabin *cooling box*. *Cooling box* terdiri dari dua ruangan, ruangan atas ditempatkan penukar kalor *Joule-Thomson*, sedangkan ruangan bagian bawah untuk evaporator dan sekaligus sebagai *product chamber*.

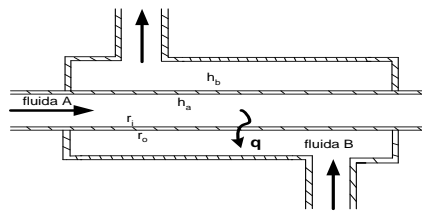


Gambar 3. Skematik rancangan mesin pendingin *Joule-Thomson*

Oleh karena temperatur *cooling box* sangat rendah maka akan mengakibatkan perpindahan kalor yang cukup kuat antara lingkungan dengan *cooling box*, sehingga diperlukan ketebalan dan kerapatan bahan insulasi

yang tepat. Pada penelitian ini akan dilakukan dua ketebalan dan kerapatan bahan insulasi, sehingga dihasilkan nilai "U" (koefisien *overall heat transfer*) lebih kecil dari 0,1 W/m².°C

Secara garis besar, konstruksi penukar kalor yang akan dirancang yaitu *tube-in-tube* (Alexeev, 2000; Venkatarathnam, 2003). Konstruksinya terlihat pada Gambar 2.4.



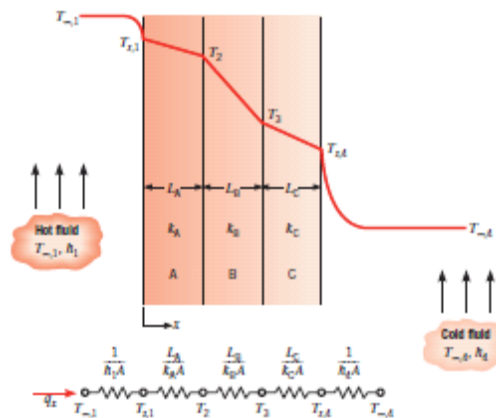
Gambar 4. konstruksi penukar kalor *tube in tube*

Persamaan yang digunakan untuk menentukan dimensi penukar kalor pada Gambar 2.4 adalah dengan persamaan 2.1, yaitu,

$$\frac{q}{L} = \frac{\Delta T_m (\pi)}{\frac{1}{h_a d_a} + \frac{\ln(r_b / r_a)}{2k} + \frac{1}{h_b d_b}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Penentuan nilai "h_a" dan "h_b" dihitung dengan persamaan konveksi yang sesuai dengan kasus yang terjadi, misalnya kasus *forced convection* untuk *evaporation* dan *condensation* (Kandlbinder, 1997; Sumeru, 2006; Sumeru, 2007).

Untuk merancang *cooling box* digunakan persamaan-persamaan sbb :



$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{[(1/h_1A) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C) + (1/h_4A)]}$$

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{s,1}}{(1/h_1A)} = \frac{T_{s,1} - T_2}{(L_A/k_A)} = \frac{T_2 - T_3}{(L_B/k_B)} = \dots$$

$$q_x \equiv UA \Delta T$$

$$U = \frac{1}{R_{tot}A} = \frac{1}{[(1/h_1) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C) + (1/h_4)]}$$

$$R_{tot} = \sum R_i = \frac{\Delta T}{q} = \frac{1}{UA}$$

- Dengan :
- q : Laju perpindahan kalor total, W
 - U : Perpindahan kalor menyeluruh, [W/m².K]

Δt_m	: Beda temperatur rata-rata, [K]
A	: Luas bidang pertukaran kalor, [m ²]
h_i	: Koefisien perpindahan kalor ditinjau dari sisi permukaan dalam, [W/m ² .K]
h_o	: Koefisien perpindahan kalor ditinjau dari sisi permukaan luar, [W/m ² .K]
A_o	: Luas pertukaran kalor sisi luar, , m ²
A_i	: Luas pertukaran kalor sisi luar, , m ²
A_m	: Luas pertukaran kalor rata-rata, m ²
k	: Konduktivitas termal, W/(m.K)
t	: Tebal permukaan pertukaran kalor, m
r_{fi}	: Fouling factor sisi dalam, m ² .K/W
r_{fo}	: Fouling factor sisi luar, m ² .K/W

Kemampuan kerja sistem refrigerasi dinyatakan oleh besaran yang dinamakan COP (*Coeffisien of performance*). COP ini dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur kerja dari sistem itu sendiri. COP terbagi menjadi dua, diantaranya COP_{actual} dan COP_{carnot}.

Untuk mengetahui nilai COP_{actual}, digunakan persamaan :

- o Kapasitas pendinginan,
 $Q_{in} = m \times C_p \times \Delta T$
- o Kerja kompresor, $W_{komp.} = P \times I$

$$COP_{actual} = \frac{Q_{in}}{W_{komp}} = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{P \times I} \quad (2.2)$$

Untuk mengetahui nilai COP_{carnot} digunakan persamaan :

$$COP_{carnot} = \frac{T_{evaporasi}}{T_{kondensasi} - T_{evaporasi}} \quad (2.3)$$

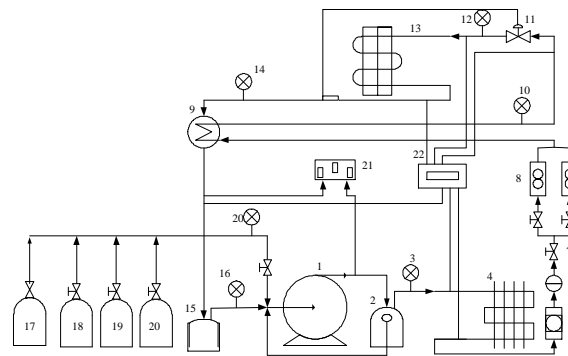
$$Effisiensi = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.2. Prosedur Pelaksanaan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rangkaian komponen system refrigerasi kompresi uap sederhana yang dimodifikasi. Modifikasi dilakukan dengan menambah komponen penukar panas, alat ukur laju aliran refrigerant (rotameter), pemisah oli (oil separator), kipas pendingin kondenser (after cooler) dan alat ukur tekanan (pressure gauge). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rangkaian komponen system refrigerasi kompresi uap sederhana yang dimodifikasi. Modifikasi dilakukan dengan menambah komponen penukar panas, alat ukur laju aliran refrigerant (rotameter), pemisah oli (oil separator), kipas pendingin kondenser (after cooler) dan alat ukur tekanan (pressure gauge), gambar 3 merupakan skema peralatan uji dalam penelitian ini.

Sebelum melakukan eksperimen, system yang telah dirakit dilakukan dulu proses pem-vakuuman, proses ini dilakukan untuk mengeluarkan uap air yang terdapat dalam sistem selama proses perakitan dan juga untuk mendeteksi kebocoran di dalam sistem. Proses selanjutnya adalah mengetahui letak kebocoran, caranya sistem diisi dengan refrigeran kemudian gunakan *leak detector* atau dengan cara yang paling sederhana dengan busa sabun yang diletakkan pada setiap sambungan. Prses pemvakuuman kembali dilakukan setelah perbaikan sistem akibat kebocoran.

Setelah selesai proses vacuum, isi sistem dengan refrigerant campuran, kemudian mesin dihidupkan,



Gambar 5. Skema Alat Uji.

Komposisi campuran refrigeran dalam melakukan penelitian ini adalah campuran propane, iso-butana dan metana, data dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 3.1. Komposisi refrigeran campuran yang diuji.

Percobaan ke	Metana (%)	Propana (%)	Iso-Butana (%)	Nitrogen %
1	5	85	5	5
2	7	75	11	7
3	4	70	21	5
4	6	69	21	4
5	8	66	21	4
6	10	53	27	10

Cara pengambilan data adalah dengan mengukur temperatur, tekanan kerja dan debit aliran refrigeran campuran. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan hanya untuk mengetahui kerja kompresor. Data temperatur meliputi :

1. Temperatur lingkungan
2. Temparetur suction
3. Temperatur discharge
4. Temperatur kondensasi
5. Temperatur masuk TXV
6. Temperatur keluar TXV
7. Temperatur evaporasi
8. Temperatur keluar evaporator
9. Temperatur kabin.

Sedangkan data tekanan yang diukur adalah tekanan :

1. Tekanan Suction
2. Tekanan discharge
3. Tekanan masuk TXV
4. Tekanan keluar TXV
5. Tekanan keluar penukar kalor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem (mesin) refrigerasi siklus Joule-Thompson rancangan dilengkapi dengan 9 sensor temperatur dan 5 sensor tekanan, serta alat ukur tegangan dan arus. Perhitungan data tersebut diolah dengan menggunakan program Reprep versi 7.

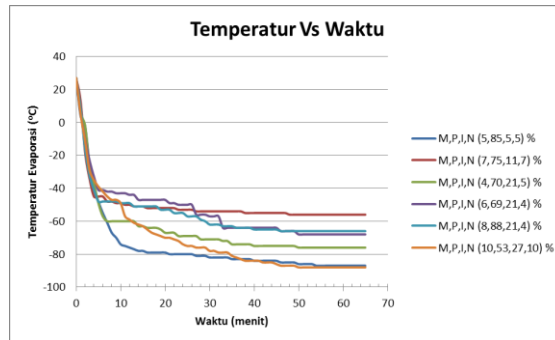
Berdasarkan 6 (enam) kali pengujian dan dengan jenis refrigerant yang berbeda (tabel 3.1), didapat hasil seperti digambarkan pada gambar 4.

A. Temperatur

Pada gambar 4 terlihat bahwa temperatur terendah yang dapat dicapai adalah -88 °C, ini terjadi pada percobaan ke 6 (enam) dengan komposisi campuran refrigeran metana 10 %, propana 53 %, iso-butana 27 % dan nitrogen 10%. Penambahan prosentase metana diharapkan akan menurunkan pencapaian temperatur evaporator, karena metana mempunyai nilai NBP (normal boiling point) yang lebih rendah dari propane. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kecepatan pencapaian temperatur evaporator relatif sama dan berlangsung relatif cepat,

terutama pada 4 (tiga) menit pertama. Kecepatan (penurunan) temperatur rata-rata sekitar $-2,1^{\circ}\text{C}$ per menit. Setelah menit ke 4 (empat) kecepatan pencapaian temperatur evaporator mulai berbeda untuk masing-masing campuran refrigeran. Pencapaian temperatur yang paling cepat terjadi pada percobaan ke 6 (satu), temperatur yang terukur adalah -88°C terjadi pada menit ke 55.

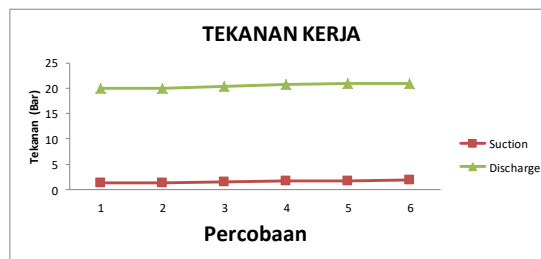
Berdasarkan data hasil pengujian, sistem (mesin) refrigerasi siklus Joule-Thompson sangat tepat digunakan untuk sistem yang memerlukan pendinginan cepat (*fast cool-down*), mengingat kecepatan pencapaian temperatur evaporator relatif sangat cepat. Percobaan dilakukan dengan menggunakan *cooling box* dengan ketebalan 100 mm.



Gambar 4 Temperatur evaporator system (mesin) refrigerasi siklus Joule-Thompson.

B. Tekanan kerja

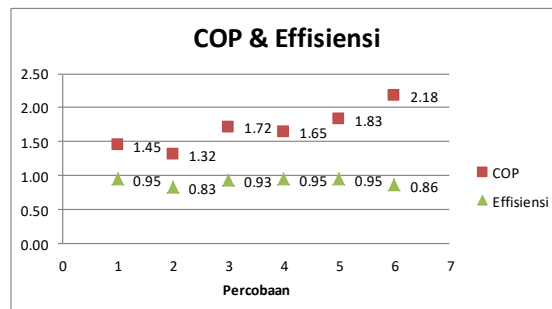
Pada gambar 5 terlihat bahwa dengan menambahkan prosentase metana, tekanan kerja, temperatur discharge meningkat dan temperatur evaporator sistem (mesin) refrigerasi siklus Joule-thompson menurun. Hal ini sesuai tidak sesuai dengan yang diharapkan, mengingat metana mempunyai nilai NBP yang lebih rendah dari propane, Kemungkinan besar hal ini disebabkan oleh rancangan penukar kalor yang kurang tepat baik panjang maupun diameter pipa yang digunakan (Alexeev, 2000, Venkatarathnam, 2003).



Gambar 5 Hasil pengukuran tekanan sistem (mesin) refrigerasi siklus Joule-thompson.

C. COP (coefficient of performance) dan efisiensi

COP dan efisiensi dari sistem (mesin) refrigerasi siklus Joule-thompson dapat dilihat pada gambar 6. Pada percobaan ke 6 (enam) COP-nya 2.18 dengan efisiensi 86 %.



Gambar 6 COP (Coefficient of performance) dan efisiensi system (mesin) refrigerasi siklus Joule-thompson.

4. KESIMPULAN

Temperatur evaporator terendah yang dapat dicapai pada sistem (mesin) refrigerasi siklus Joule-thompson ini adalah -88°C , COP 2,18 dan efisiensi 86 % pada saat komposisi campuran refrigeran metana 10 %, propane 53 %, iso-butana 27 % dan nitrogen 10%. Kecepatan pencapaian temperatur evaporator relatif lebih cepat, yaitu

sekitar $-2,1$ °C per menit, sehingga memiliki potensi untuk dijadikan mesin pendinginan cepat (*fast cool-down*). Penambahan prosentase komposisi metana tidak selalu akan menurunkan temperatur evaporator, tetapi juga dapat menaikkan tekanan dan temperatur suction, tekanan dan temperature discharge. Pencapaian temperatur sangat tergantung dari komposisi campuran refrigerant dan penukar kalor yang digunakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alexeev, A., Thiel, A., Haberstroh, Ch., and Quack H., 1997, *Mixed gas J-T Cryocooler with precooling stage*, Lehrstuhl fuer Kaelte- und Kryotechnik, Technische Universitaet Dresden, 01062 Dresden, Germany
- Alexeev, A., Thiel, A., Haberstroh, Ch., and Quack H., 2000, Study of behavior in the heat exchanger of a mixed gas Joule-Thomson cooler, *Advances in Cryogenic Engineering*, vol.45, p.307-315.
- ASHRAE, 2009, Fundamental, USA.
- Arman B., Bonaquist, D.P., Weber J.A., Ziemer A., Acharya A., and Rashad M.A., 2000, Cryogenic rectification method for producing nitrogen gas and liquid nitrogen, *US Patent 6,125,656*.
- Arora, C.P., 2001, *Refrigeration and Air Conditioning*, 2nd edition, International edition, McGraw-Hill.
- Bayram, A., Olszewski, J.A., Bonaquist, D.P., Acharya A., and Royal J.H., 2000, Multicomponent refrigerant cooling with internal recycle, *US Patent 6,065,305*.
- Boiarskii, M., Brodyanskii, V.M., and Longworth, R.C., 1998, Restrospective of mixed refrigerant technology and modern status of cryocoolers based on one-stage, oil-lubricated compressors, *Advances in Cryogenic Engineering*, vol.43, p.1701-1708.
- Brostow A.A., Agrawal, R., Herron D.M., and Mark Julian Robert, 2001, Process for nitrogen liquefaction, *US Patent 6,298,688*.
- Incropera, F.P. and De Witt, 2002, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, 4thed, John Wiley & Sons, New York
- Kountz, K.J., and Patrick, M.B., 2003, Control method for mixed refrigerant based natural gas liquefier, *U.S. Patent 6,530,240*.
- Margana, A.S., 2010, Desain dan Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Joule Thomson Menggunakan Refrigeran Campuran, Thesis Magister, Departemen Teknik Mesin Universitas Gajahmada, Yogyakarta.
- Mooran, Michael J., Shapiro, Howard N., 2006, *Fundamentals Of Engineering Thermodynamics*, John Wiley & Sons, Ltd., England
- Nisenhoff, F., Patten F., and Wolf S.A., 1996, ...And what about cryogenic refrigeration, *Proc. Of International Cryocooler Conference*, June 25-27, Waterville, USA.
- Podbielniak, W.J., 1936, Art of refrigeration, *U.S. Patent 2,041,725*.
- Refprod versi 7 (software), Thermophysical Properties Division, NIST (National Institute of Standarts and Technology).
- Sumeru, Andriyanto S., & Rudi S., 2006, Rancang bangun prototipe mesin pendingin temperatur rendah berkapasitas kecil menggunakan dua tingkat kompresor, *Jurnal Itenas, Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni*, Vol. 10, No.2, Juni-Agustus, p.88-95.
- Sumeru, 2007, Rancang bangun prototipe mesin pendingin temperatur rendah menggunakan metode cascade, *Jurnal RACE, Jurnal Refrigerasi, Tata Udara, dan Energi*, Politeknik Negeri Bandung, Vo. 1, No. 1, Maret, p.15-23.
- Sumeru, 2008, *Rancang bangun Mesin Refrigerasi Cryogenic dengan Mixed refrigerant*, Politeknik Negeri Bandung.
- Sumeru, 2009, Analisis pengujian mesin pendingin Joule-Thomson temperature rendah menggunakan refrigerant *binary mixture*, RACE Jurnal, Vol. 3, No.3, Oktober, p. 367-375.
- Venkatarathnam, G., *Liquefaction of nitrogen using mixed refrigerant processes*, *Refrigeration and Airconditioning* Laboratory Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Madras Chennai 600036.
- Venkatarathnam, G., Sentil Kumar P., and Srinivasa Murthy S., 2003, Experimental studies on fast cool down mixed refrigerant cascade refrigerators, *Proceeding of International Congres of Refrigeration*, ICR0105, Washington D.C.
- Threlkeld, James L., 1970, *Thermal environmental engineering*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Refprop7, software
- Suhanan, 2000, Studi eksperimental Refrigerator Cryogenic Joule-Thompson Menggunakan Kompresor Termik Sistem Adsorpsi, *Media Teknik* No.3, No. ISSN 0216-3012.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Peluang Pemanfaatan Sistem Refrigerasi Cascade Sebagai Air Conditioner

Ade Suryatman Margana^{a*}, Anggi Gumilar^{a**}

^(a)Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung

adesmargana@polban.ac.id*, *anggigumilar94@gmail.com*

Abstrak

Penggunaan sistem pengkondisian udara (*air conditioning system*) pada saat ini merupakan hal yang sangat penting baik untuk kenyamanan manusia maupun untuk pemakaian di sektor industry, yang menjadi permasalahan adalah sistem pengkondisian udara memerlukan penggunaan daya yang sangat besar, sebagai contoh dalam sebuah gedung komersial daya yang dibutuhkan untuk sistem tata udara sebesar 60% dari daya yang digunakan oleh gedung komersial tersebut. Pada sektor industri perbedaan antara biaya penggunaan peralatan listrik pada Waktu Beban Puncak (WBP) dengan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) menjadikan tarif listrik per-kWh berbeda-beda tiap waktunya. Sehingga penggunaan peralatan listrik yang tidak mengenal waktu menjadikan biaya operasional listrik akan membengkak. Pada penelitian ini, model sistem refrigerasi *cascade* sebagai *air conditioner* disimulasikan untuk menghindari penggunaan peralatan listrik (*air conditioner*) pada WBP. Alat yang digunakan adalah mesin pendingin refrigerasi kompresi uap dan *fan coil unit*. Pada simulasi terdapat dua proses, yaitu proses penyimpanan kalor pada air oleh sistem pendingin kompresi uap selama 240 menit yang dioperasikan pada LWBP dan penggunaan air dingin untuk *air conditioner* oleh sistem *fan coil unit* pada WBP. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model ini dapat menangani panas ruangan selama 255 menit dengan kapasitas pendinginan udara rata-rata 1,2 kW. Selain itu hasil simulasi penggunaan model ini dapat menghemat tarif listrik hingga 28% dari penggunaan normal.

Kata kunci: sistem refrigerasi cascade, air conditioner, waktu beban puncak, luar waktu beban puncak

1. PENDAHULUAN

Mesin pengondisi udara ruangan atau *air conditioner* kini sudah memegang peranan penting dalam aktifitas manusia, hal tersebut dilihat dari banyaknya penggunaan *air conditioner* seperti pada gedung perkantoran, kendaraan, rumah sakit, rumah tangga dan industri produksi yang digunakan untuk memenuhi kenyamanan termal ruangan. Dalam setiap aktifitas, manusia mengalami metabolisme yang menghasilkan panas yang akan dibuang dari luar tubuhnya. Oleh karena itu temperatur ruangan dijaga lebih rendah agar manusia tidak merasa panas saat melakukan aktivitas. Salah satu persyaratan kondisi fisik yang nyaman adalah suhu nyaman, yaitu suhu kondisi termal udara didalam ruangan yang tidak mengganggu tubuhnya. Indonesia berpedoman pada standar Amerika (ASHRAE 55-1992) merekomendasikan suhu nyaman 22,5°-26°C.

Pada umumnya sistem pendingin ruangan menggunakan metode *direct expansion* atau menggunakan refrigeran sebagai media penukar kalor langsung dengan udara ruangan. Namun dengan metode ini, pengguna tidak akan terhindar dari Waktu Beban Puncak (WBP) dimana nilai dari biaya operasional listrik lebih mahal dibanding dengan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) dimana biaya operasional listrik bernilai normal. Dengan menggunakan sistem refrigerasi cascade, perlu adanya suatu sistem penyimpanan kalor atau *ice bank* untuk menghindari penggunaan *air conditioner* pada saat waktu *peak load*. *Ice bank* dapat memungkinkan penggunaan *air conditioner* diluar waktu *peak load*, sehingga dapat menyimpan kalor untuk digunakan pada WBP dan dapat menghindari biaya operasional yang mahal (McDowall, Robert. *Fundamentals of HVAC Systems SI Edition*. Atlanta, USA: ELSEVIER. 2007) [8].

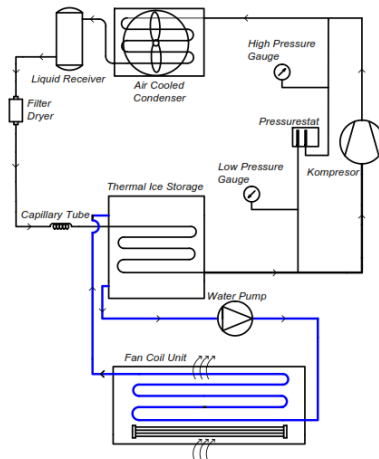
Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian tentang Peluang Pemanfaatan Sistem Refrigerasi Cascade sebagai Air Conditioner.

Ice Bank merupakan salah satu dari aplikasi *thermal storage* yang merupakan bagian dari sistem pendingin ruangan. *Ice Bank* ini nantinya akan berfungsi sebagai media penyimpanan kalor, dimana air sebagai penukar kalor akan diturunkan temperaturnya hingga berubah fasa sebagian air menjadi es. Sehingga *Ice Bank* bisa menyimpan air dingin yang digunakan sebagai cadangan media penukaran kalor.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Sistem (mesin) Refrigerasi Kompresi Uap Cascade

Sistem *ice bank* pada umumnya menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap untuk mendinginkan media pendingin yaitu air. Dalam hal ini media pendingin air akan digunakan untuk pendinginan udara pada ruangan yang akan dikondisikan.



Gambar 1. Sistem refrigerasi kompresi uap Cascade

Peralatan yang di pakai dalam penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 2.1. Komponen utama dari sistem refrigerasi cascade adalah kompresor, kondenser berpendingin udara, liquid receiver, filter dryer, capillary tube, thermal ice storage, water pump, dan fan coil unit. Refrigeran yang digunakan R-22.

Rancangan mesin pendingin Cascade Joule-Thomson yang dilengkapi dengan thermal ice storage seperti terlihat pada gambar 2.2. terlihat bahwa penukar kalor evaporator shell and coil diletakkan di dalam chamber penampungan air.

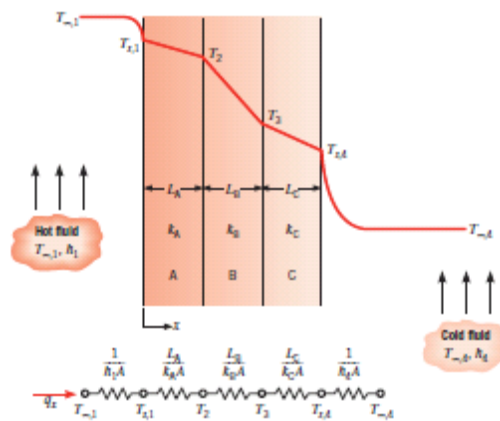


Gambar 2.2. Thermal ice storage

Dinding thermal storage menggunakan lapisan luar pelat aluminium, bagian tengah menggunakan insulasi panas polyurethane dan bagian lapisan dalam menggunakan bahan plastik. Oleh karena temperatur thermal storage rendah maka akan mengakibatkan perpindahan kalor yang cukup kuat antara lingkungan dengan thermal storage, sehingga diperlukan ketebalan dan kerapatan bahan insulasi yang tepat. Pada penelitian ini akan dilakukan dua ketebalan dan kerapatan bahan insulasi, sehingga dihasilkan nilai "U" (koefisien overall heat transfer) lebih kecil dari 0,1 W/m².°C

sangat rendah maka akan mengakibatkan perpindahan kalor yang cukup kuat antara lingkungan dengan cooling box, sehingga diperlukan ketebalan dan kerapatan bahan insulasi yang tepat. Pada penelitian ini akan dilakukan dua ketebalan dan kerapatan bahan insulasi, sehingga dihasilkan nilai "U" (koefisien overall heat transfer) lebih kecil dari 0,1 W/m².°C

Untuk merancang thermal storage digunakan persamaan-persamaan sbb :



$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{[(1/h_1A) + (L_A/k_A A) + (L_B/k_B A) + (L_C/k_C A) + (1/h_4A)]}$$

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{s,1}}{(1/h_1A)} = \frac{T_{s,1} - T_2}{(L_A/k_A A)} = \frac{T_2 - T_3}{(L_B/k_B A)} = \dots$$

$$q_x \equiv UA \Delta T$$

$$U = \frac{1}{R_{tot}A} = \frac{1}{[(1/h_1) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C) + (1/h_4)]}$$

$$R_{tot} = \sum R_i = \frac{\Delta T}{q} = \frac{1}{UA}$$

Dengan :

- q : Laju perpindahan kalor total, W
- U : Perpindahan kalor menyeluruh, [W/m².K]
- ΔT_m : Beda temperatur rata-rata, [K]
- A : Luas bidang pertukaran kalor, [m²]
- h_i : Koefisien perpindahan kalor ditinjau dari sisi permukaan dalam, [W/m².K]
- h_o : Koefisien perpindahan kalor ditinjau dari sisi permukaan luar, [W/m².K]
- A_o : Luas pertukaran kalor sisi luar, m²
- A_i : Luas pertukaran kalor sisi dalam, m²
- A_m : Luas pertukaran kalor rata-rata, m²
- k : Konduktivitas termal, W/(m.K)
- t : Tebal permukaan pertukaran kalor, m
- r_{fi} : Fouling factor sisi dalam, m².K/W
- r_{fo} : Fouling factor sisi luar, m².K/W

Pompa yang digunakan adalah pompa air DC, yang digunakan pada proses *discharging* pada *thermal storage* dengan cara mensirkulasikan air dari *thermal storage* pada *fan coil unit* yang digunakan sebagai penukar kalor pada udara ruangan. Berikut merupakan perhitungan dan spesifikasi pompa yang digunakan :

$$\text{Debit Chilled Water} = Q_{coil} / (500 \times 10^\circ \text{F})$$

Kemampuan kerja sistem refrigerasi dinyatakan oleh besaran yang dinamakan COP (*Coeffisien of performance*). COP ini dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur kerja dari sistem itu sendiri. COP terbagi menjadi dua, diantaranya COP_{actual} dan COP_{carnot}.

Untuk mengetahui nilai COP_{actual}, digunakan persamaan :

- o Kapasitas pendinginan, $Q_{in} = m \times C_p \times \Delta T$
- o Kerja kompresor, $W_{komp.} = P \times I$

$$COP_{actual} = \frac{Q_{in}}{W_{komp}} = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{P \times I} \quad (2.2)$$

Untuk mengetahui nilai COP_{carnot} digunakan persamaan :

$$COP_{carnot} = \frac{T_{evaporasi}}{T_{kondensasi} - T_{evaporasi}} \quad (2.3)$$

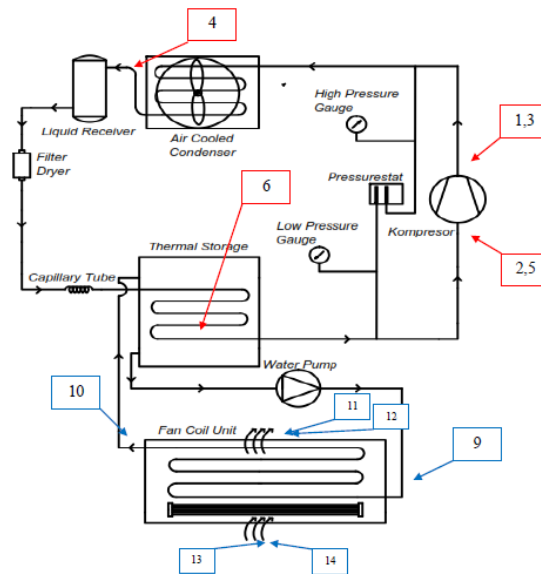
$$Effisiensi = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.2. Prosedur Pelaksanaan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rangkaian komponen system refrigerasi kompresi uap sederhana yang dimodifikasi menjadi *cascade*. Modifikasi dilakukan dengan menambah komponen penukar panas, alat ukur tekanan (pressure gauge). Gambar 2.3 merupakan titik pengukuran skema peralatan uji dalam penelitian ini.

Sebelum melakukan eksperimen, system yang telah dirakit dilakukan dulu proses pem-vakuuman, proses ini dilakukan untuk mengeluarkan uap air yang terdapat dalam sistem selama proses perakitan dan juga untuk mendeteksi kebocoran di dalam sistem. Proses selanjutnya adalah mengetahui letak kebocoran, caranya sistem diisi dengan refrigeran kemudian gunakan *leak detector* atau dengan cara yang paling sederhana dengan busa sabun yang diletakkan pada setiap sambungan. Prses pemvakuuman kembali dilakukan setelah perbaikan sistem akibat kebocoran.

Setelah selesai proses vacuum, isi sistem dengan refrigerant campuran, kemudian mesin dihidupkan,



Gambar 2. Titik pengukuran Skema Alat Uji.

Titik pengukuran yang diukur pada sistem saat proses *charging* adalah sebagai berikut :

1. Tekanan *Discharge* (Bar)
2. Tekanan *Suction* (Bar)
3. Temperatur *Discharge* (°C)
4. Temperatur masuk Kapiler (°C)
5. Temperatur *Suction* (°C)
6. Temperatur Air (°C)
7. Arus Kompresor (ampere)
8. Tegangan Kompresor (volt)

Sedangkan titik pengukuran pada saat sistem melakukan *discharging* adalah sebagai berikut:

9. Temperatur air masuk FCU (°C)
10. Temperatur air keluar FCU (°C)
11. Temperatur bola kering udara masuk FCU (°C)
12. Temperatur bola basah udara masuk FCU (°C)
13. Temperatur bola kering udara keluar FCU (°C)
14. Temperatur bola basah udara keluar FCU (°C)

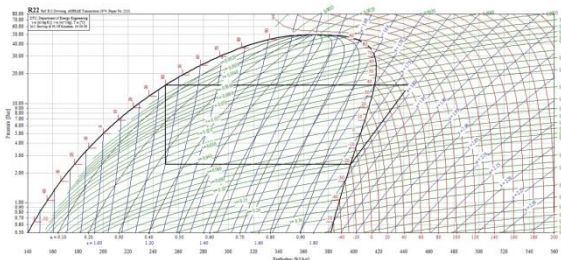
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. COP (coefficient of performance) dan efisiensi

Sistem (mesin) refrigerasi siklus *cascade* rancangan dilengkapi dengan 10 sensor temperatur dan 2 sensor tekanan, serta alat ukur tegangan dan arus. Perhitungan data tersebut diolah dengan menggunakan program CoolPack 5.

Berikut ini merupakan salah satu perhitungan dari data hasil pengukuran untuk mengetahui COP dan efisiensi sistem ketika proses *charging*. Pada proses ini sistem kompresi uap menangani beban air pada *thermal storage*. Berikut ini adalah perhitungan hasil dari data pengukuran pada menit ke-240, yang diinput kedalam diagram moiller P-h (diagram terlampir).

- $P_d = 14,2 \text{ Bar Absolute}$
- $P_s = 1,85 \text{ Bar Absolute}$
- T. Kapiler *in* = $33,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- T. *Suction* = $-3 \text{ }^\circ\text{C}$
- T. *Discharge* = $97,1 \text{ }^\circ\text{C}$



Gambar 3. P-h diagram data menit ke 240

Setelah diinput kedalam diagram P-h (gambar 3.1) didapatkan parameter-parameter untuk menghitung hasil pengukuran sebagai berikut :

- $h_1 = 409,83 \text{ kJ/Kg}$
- $h_2 = 467,54 \text{ kJ/Kg}$
- $h_3 = 241,41 \text{ kJ/Kg}$
- Evaporating temperature* = $-27,03 \text{ }^\circ\text{C} = 246,12 \text{ K}$
- Condensing temperature* = $36,88 \text{ }^\circ\text{C} = 310,03 \text{ K}$
- 1. Besarnya Kerja Kompresi (q_w)
 - $q_w = h_2 - h_1$
 - $= 467,54 \text{ kJ/kg} - 409,83 \text{ kJ/kg}$
 - $= 57,70 \text{ kJ/kg}$
- 2. Besarnya kalor yang dilepas kondenser (q_c)
 - $q_c = h_2 - h_3$
 - $= 467,54 \text{ kJ/kg} - 241,41 \text{ kJ/Kg}$
 - $= 226,13 \text{ kJ/kg}$
- 3. Besarnya kalor yang serap evaporator (q_e)
 - $q_e = h_1 - h_4$
 - $= 409,832 \text{ kJ/kg} - 241,41 \text{ kJ/kg}$
 - $= 168,42 \text{ kJ/kg}$
- 4. Rasio Kompresi
 - Rasio Kompresi = $\frac{P_d}{P_s}$
 - Rasio Kompresi = $\frac{14,2}{1,85} = 7,67$
- 5. COPaktual
 - $\text{COPaktual} = \frac{q_e}{q_w}$
 - $\text{COPaktual} = \frac{168,42 \text{ kJ/kg}}{57,71 \text{ kJ/kg}} = 2,92$
- 6. COPcarnot
 - $\text{COPcarnot} = \frac{T_e}{T_c - T_e}$
 - $\text{COPcarnot} = \frac{246,12 \text{ }^\circ\text{C}}{310,03 \text{ }^\circ\text{C} - 246,12 \text{ }^\circ\text{C}}$
 - $= 3,85$

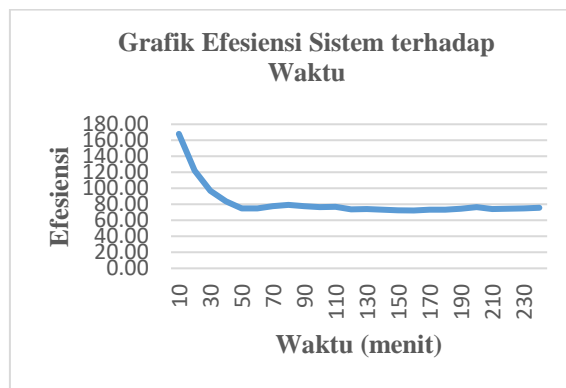
7. Efisiensi Sistem (η)

$$\eta = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2,92}{3,85} \times 100\%$$

$$\eta = 75,78 \%$$

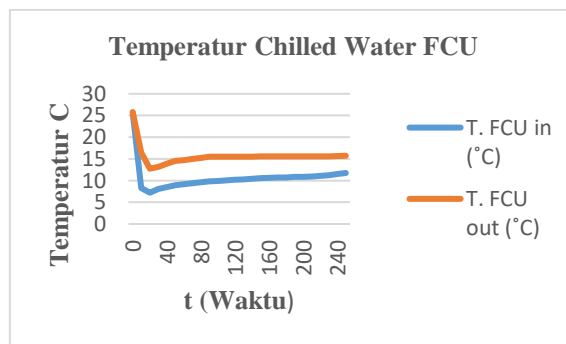
Efisiensi sistem (gambar 3.2) pada menit ke 240 sebesar 75,78 %, nilai tersebut dapat dikatakan sistem bekerja dengan baik tetapi belum optimal. Nilai efisiensi dipengaruhi dari besarnya nilai COP_{carnot} dan COP_{aktual} , nilai COP dipengaruhi adanya *subcool* dan *superheat* yang terjadi pada sistem mempengaruhi besarnya nilai masing masing COP. COP_{aktual} sangat dipengaruhi oleh besarnya enthalpy yang berkaitan dengan temperatur masuk kompresor dan masuk kapiler. Karena pada perancangan sistem dikatakan ideal (tanpa *subcooled* dan *superheat*), maka pada saat pengukuran akan terjadi perbedaan dimana sistem mengalami subcooled dan superheat. Sedangkan COP_{carnot} dipengaruhi oleh temperatur saturasi yang ditunjukkan oleh tekanan pada pressure gauge, namun pada kenyataannya kondisi sitem tidak ideal karena adanya *subcooled* dan *superheat* yang mengakibatkan COP_{carnot} mengalami perbedaan dengan COP_{carnot} pada kenyataannya.



Gambar 4. Efisiensi sistem

B. Chilling time dan Temperatur Air

Chilling time sebesar 4 °C. Dalam pengambilan data, waktu 4 jam belum dapat menghasilkan temperatur air sebesar 4 °C namun baru dapat menghasilkan air pada temperatur 4,4 °C. Hal ini dikarenakan adanya beban infiltrasi yang terdapat pada celah-celah sambungan yang tidak terduga, adapun ketebalan dari dinding *thermal storage* yang tidak merata karena pengisian *polyurethane* yang kurang baik menjadikan beban konduksi berlebih dari hitungan. Akibatnya sistem tidak dapat menangani beban pendinginan yang telah direncanakan (gambar 3.3).



Gambar 5. Chilling time

C. Biaya Operasional Sistem

Sistem Ice Bank berfungsi pada saat beban peak load listrik, dimana tarif listrik akan meningkat 1,4 sampai 2 kalinya dibandingkan waktu biasa. Pada saat proses charging dimana kompresor akan mendinginkan chilled water dioperasikan diluar waktu peakload untuk menghindari biaya yang relatif bertingkat. Dan kemudian kompresor akan mati pada saat waktu peak load dan kemudian menyalakan pompa untuk mengoperasikan FCU yang tidak terlalu besar dalam memakan biaya per kWh.

Data hasil pengukuran didapatkan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem sebagai berikut:

1. Pengukuran Biaya Operasional saat Charging (luar waktu peak load)

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= \text{kWh kompresor} \times \text{Biaya} \\ &= 1.976 \text{ kWh} \times 975,49 \text{ Rupiah/kWh} \\ &= 1927,56 \text{ Rupiah}\end{aligned}$$

2. Pengukuran Biaya Operasional saat Discharging (waktu peak load)

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= \text{kWh pompa} \times \text{Biaya} \\ &= 1,5 \times 0,0956 \times 975,49 \text{ Rupiah/kWh} \\ &= 139,976 \text{ Rupiah}\end{aligned}$$

3. Biaya Total = 1927,56 Rupiah + 139,976 Rupiah
= **2067,53 Rupiah**

Jika dibandingkan dengan pengoperasian kompresor $\frac{1}{2}$ pk dengan daya yang relatif sama untuk mengondisikan udara dengan metoda direct expansion pada waktu peakload dengan pengoperasian selama 4 jam maka hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= 1,5 \times \text{kWh kompresor} \times \text{Biaya} \\ &= 1,5 \times 1,976 \text{ kWh} \times 975,49 \text{ Rupiah/kWh} \\ &= \mathbf{2889,88 \text{ Rupiah}}\end{aligned}$$

Maka dapat dilihat angka perbandingan antara biaya operasional menggunakan *thermal storage* sebagai strategi penghematan biaya listrik dengan biaya **28%** dari biaya penggunaan pengondisi udara *direct expansion*.

4. KESIMPULAN

Temperatur air yang dapat dicapai pada *thermal storage* sebesar 4,5°C, air tersebut dapat mendinginkan ruangan selama 240 menit dengan temperatur ruangan 22°C. Dari hasil perhitungan efisiensi sistem 75,8%, kapasitas pendinginan udara 1230,28 watt dengan rancangan 966,03 watt. Dari hasil perhitungan biaya operasional dari segi penggunaan listrik, model sistem ini dioperasikan Waktu Beban Puncak adalah 2067,53 rupiah, sedangkan dalam operasional model komersial adalah 2889,88 rupiah. Dengan ini dapat dikatakan sistem berhasil dengan penghematan biaya operasional listrik sebesar 28%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE Handbook. Refrigeration Load. Chapter 13. 2006.
ASHRAE Handbook. Liquid Cooler. Chapter 41 2008
ASHRAE Handbook. Chapter 50. Thermal Storage. 2008.
Danfoss, Coolpack versi 5 (software)
Elder, Keith. Psychrometrics and Coil Load. Washington Education. 2006
Holman, J. P. 1997. Perpindahan Kalor, terj. E. Jasfi. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
Incropera, F.P. and De Witt, 2002, Fundamental of Heat and Mass Transfer, 4thed, John Wiley & Sons, New York
McDowall, Robert. Fundamentals of HVAC Systems SI Edition. Atlanta, USA: ELSEVIER. 2007) .
Mooran, Michael J., Shapiro, Howard N., 2006, Fundamentals Of Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, Ltd., England
Refprod versi 7 (software)., Thermophysical Properties Division, NIST (National Institute of Standards and Technology).
Sumeru, 2007, Rancang bangun prototipe mesin pendingin temperatur rendah menggunakan metode cascade, Jurnal RACE, Jurnal Refrigerasi, Tata Udara, dan Energi, Politeknik Negeri Bandung, Vo. 1, No. 1, Maret, p.15-23.
<http://www.refrigerationbasics.com/> tentang *Refrigeration basic II*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemanfaatan Teknologi Quick Response Code (QR Code) Untuk Verifikasi Data Pada Tahap Pembuktian Dokumen di Unit Layanan Pengadaan (ULP) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Lukman Handoko^{1*}, Fitri Hardiyanti^{2**}

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*lukmanhandoko@gmail.com, **fitridiyanti@gmail.com

Abstrak

Penggunaan dan pemanfaatan QR Code sudah banyak ditemui di sekitar kita dengan tujuan sebagai pemasaran, pemberian informasi, vCard, atau hyperlink. Selain penggunaan QR Code pada hal-hal tersebut, masih banyak lagi pemanfaatan yang masih belum tergal. QR Code dapat digunakan pada Unit Layanan Pengadaan (ULP), dalam aplikasi SPSE menyajikan data-data perusahaan secara lengkap namun beberapa dokumen tidak ditampilkan secara utuh. Karena itu terhadap dokumen-dokumen yang isinya perlu diketahui secara detail dalam rangka penetapan pemenang lelang/seleksi, Pokja ULP harus melakukan pembuktian dengan melihat asli dokumen tersebut. Pembuktian dokumen tersebut hanya dilakukan terhadap peserta lelang yang akan ditunjuk sebagai calon pemenang dan calon pemenang cadangan. Terhadap penyedia yang telah ditetapkan sebagai pemenang lelang/seleksi dilakukan klarifikasi untuk memastikan kebenaran spesifikasi teknis barang/jasa serta kesanggupan penyedia melaksanakan seluruh pekerjaan atau menyerahkan seluruh item barang/jasa yang telah ditawarkannya. Salah satu Dokumen yang harus dibuktikan, harus diklarifikasi adalah dokumen kepemilikan Tenaga Ahli yang dibuktikan dengan SKA-Keahlian, untuk mengecel keaslian SKA-Keahlian dengan memindai QR Code yang tertera pada SKA-Keahlian dengan Metode verifikasi Quick Response (QR) Code. Pembuktian keaslian SKA-Keahlian secara digital dengan menggunakan teknik QR Code Metode untuk mempermudah pencarian data, teknik ini meminimalkan kemungkinan modifikasi pada dokumen, untuk memudahkan verifikasi keaslian SKA-Keahlian bagi Pokja ULP secara online.

Kata kunci: QR code, Quick response code, Unit layanan pengadaan, kelompok kerja

1. PENDAHULUAN

Hiruk pikuk pengadaan barang/jasa akan selalu mewarnai derap langkah kehidupan organisasi baik private maupun public (pemerintah). Di lingkungan pemerintah, pengadaan barang/jasa adalah kegiatan pengadaan barang/jasa yang dibiayai dengan APBN/APBD, baik yang dilaksanakan secara swakelola maupun oleh penyedia barang/jasa. Pengadaan barang/jasa yang dilaksanakan oleh penyedia barang/jasa harus dilakukan melalui pemilihan penyedia barang/jasa. Penyedia barang/jasa yang akan mengikuti proses pemilihan penyedia barang/jasa harus memenuhi persyaratan tertentu. Terpenuhinya persyaratan penyedia barang/jasa tersebut dinilai melalui proses kualifikasi (baik prakualifikasi maupun pascakualifikasi) oleh panitia/pejabat pengadaan. Kualifikasi adalah proses penilaian kompetensi dan kemampuan usaha serta pemenuhan persyaratan tertentu lainnya dari penyedia barang/jasa. Salah satu kegiatan dalam proses kualifikasi adalah penilaian kualifikasi. Penilaian ini dilakukan terhadap data yang dicantumkan (bukan data asli) oleh penyedia barang/jasa dalam formulir isian kualifikasi. Kondisi ini sangat rentan dengan praktik manipulasi data oleh penyedia barang/jasa dengan tujuan LULUS kualifikasi.

Untuk mencegah hal itu, maka penyedia barang/jasa diwajibkan membuat surat pernyataan tentang kebenaran data di formulir isian kualifikasi dan panitia pengadaan (pelaku pengadaan) harus melakukan pembuktian kualifikasi. Surat pernyataan tersebut pasti akan selalu dibuat dan dilengkapi oleh penyedia barang/jasa karena mereka sangat butuh mendapatkan/memperoleh pekerjaan. Sedangkan pembuktian kualifikasi, walaupun itu sebuah keniscayaan dalam alur pengadaan, kadangkala diabaikan oleh panitia pengadaan.

Terhadap penyedia yang telah ditetapkan sebagai pemenang lelang/seleksi dilakukan klarifikasi untuk memastikan kebenaran spesifikasi teknis barang/jasa serta kesanggupan penyedia melaksanakan seluruh pekerjaan atau menyerahkan seluruh item barang/jasa yang telah ditawarkannya. Salah satu Dokumen yang harus dibuktikan, harus diklarifikasi adalah dokumen kepemilikan Tenaga Ahli yang dibuktikan dengan SKA-Keahlian,

untuk mengecel keaslian SKA-Keahlian dengan memindai QR Code yang tertera pada SKA-Keahlian dengan Metode verifikasi Quick Response (QR) Code. Dari paparan di atas, diperlukan sebuah metode yang mampu melakukan verifikasi pembuktian keaslian SKA-Keahlian secara digital. Metode tersebut adalah dengan menggunakan teknik QR Code Metode untuk mempermudah pencarian data, teknik ini meminimalkan kemungkinan modifikasi pada dokumen, untuk memudahkan verifikasi keaslian SKA-Keahlian bagi Pokja ULP secara online.

Oleh karena ini diperlukan suatu sistem yang dapat dengan cepat melakukan proses verifikasi Keaslian SKA-Keahlian. Salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi QR Code. Teknologi QR Code digunakan untuk melakukan akses cepat ke suatu data (data teks, tautan dan sebagainya), dalam hal ini pemanfaatan QR Code akan disertakan pada setiap tahapan pembuktian sertifikat keahlian, sehingga panitia pengadaan dapat dengan cepat melakukan verifikasi terhadap keaslian SKA-Keahlian tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti berkeinginan untuk mengembangkan suatu prototipe aplikasi yang memanfaatkan QR Code guna mempercepat proses verifikasi dan pendataan data penyedia yang sudah melakukan verifikasi.

2. METODOLOGI

Untuk melaksanakan pembuatan aplikasi untuk memperlancar pengadaan barang dan jasa ada 3 (tiga) tahap yaitu:

1. Tahap persiapan meliputi membuat jadwal rencana pelaksanaan, sosialisasi protap tentang tindakan yang harus dilakukan jika terjadi kualifikasi dalam pengadaan barang dan jasa, tindakan yang harus dilakukan disesuaikan dengan tugas & tanggung-jawabnya bagi Tim yang termasuk dalam Pokja ULP.
2. Tahap pra-pelaksanaan simulasi meliputi sosialisasi keseluruhan anggota Pokja ULP PPNS, pengujian peralatan yang akan digunakan dalam simulasi termasuk koordinasi dengan pihak lain jika diperlukan.
3. Tahap pelaksanaan meliputi pelaksanaan dan evaluasi hasil pelaksanaan Kualifikasi dokumen dengan alat QR Scanner.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara bertahap, Tahap persiapan meliputi membuat jadwal rencana pelaksanaan, sosialisasi protap tentang tindakan yang harus dilakukan jika terjadi kualifikasi dalam pengadaan barang dan jasa, tindakan yang harus dilakukan disesuaikan dengan tugas & tanggung-jawabnya bagi Tim yang termasuk dalam Pokja ULP, Tahap pra-pelaksanaan simulasi meliputi sosialisasi keseluruhan anggota Pokja ULP PPNS, pengujian peralatan yang akan digunakan dalam simulasi termasuk koordinasi dengan pihak lain jika diperlukan, Tahap pelaksanaan meliputi pelaksanaan dan evaluasi hasil pelaksanaan Kualifikasi dokumen dengan alat QR Scanner. sebagai berikut:

1. Peringkat Proses Pembuktian Kualifikasi

Data yang ada di Formulir Isian Kualifikasi		Peringkat Proses			
		1	2	3	4
1	Data-data perusahaan;				
	a. Data administrasi	√			
	b. Izin usaha	√			
	c. Landasan hukum pendirian perusahaan	√			
	d. Pengurus		√		
	e. Data keuangan		√		
	f. Data personalia		√		
	g. Data peralatan/perlengkapan		√		
	h. Data pengalaman perusahaan			√	
	i. Data pekerjaan yang sedang dilaksanakan (hanya			√	
	j. untuk jasa pemborongan).			√	
	k. Modal kerja.			√	
2	Surat Pernyataan Minat Untuk Mengikuti Pelelangan				√
3	Pakta integritas				√
4	Surat Pernyataan tentang:				
	a. Secara hukum mempunyai kapasitas menandatangani kontrak.				√
	b. Tidak sedang dinyatakan pailit atau kegiatan usahanya tidak sedang dihentikan atau tidak sedang menjalani sanksi pidana atau sedang dalam pengawasan pengadilan.				√
	c. Tidak pernah dihukum.				√

Keempat peringkat proses pembuktian tersebut mempunyai hubungan yang bersifat sequen. Maksudnya, proses pembuktian kualifikasi harus dilaksanakan dari peringkat I (episode pertama) dan seterusnya. Bila di peringkat proses pertama panitia pengadaan berhasil, artinya data/informasi adalah benar, baik eksistensi maupun keabsahannya, maka dia harus melanjutkan pembuktian ke peringkat proses berikutnya.

Namun jika di peringkat proses pertama panitia pengadaan sudah menemukan ketidakbenaran data/informasi, maka dia tidak perlu melanjutkan ke episode berikutnya. Disini panitia pengadaan bekerja secara efisien waktu. Penyedia barang/jasa yang mencantumkan informasi yang tidak benar, langsung gugur sebagai calon pemenang dan dikenakan sanksi.

Proses pembuktian kualifikasi dimulai dengan memegang dan melihat laporan (formulir isian kualifikasi), lalu diminta buktinya dan diyakini kebenaran bukti tersebut. Langkah pembuktian seperti itu dikenal dengan istilah teknik “vouching”.

2. Tujuan dan Teknik Pembuktian Kualifikasi

Penelusuran informasi		
Tujuan Pembuktian	Eksistensi	Keabsahan
Laporan yg diambil	Formulir Isian Kualifikasi	
Unsur laporan yg akan Dibuktikan	SIUP CV A	SIUP CV B
Teknik pembuktian	Permintaan dokumen asli	
Uji Eksistensi	Apakah SIUP asli ada atau tidak?	
	SIUP CV A tidak ada	SIUP CV B ada
Uji Keabsahan	apakah SIUP yg ada masih berlaku atau tidak?	
		SIUP CV B sudah kadaluarsa
Simpulan Pembuktian	SIUP CV A tidak ada (fiktif)	SIUP CV A tidak ada (fiktif)

Ilustrasi tersebut menggambarkan bahwa kedua CV tersebut (A dan B) telah memberikan data/informasi di formulir isian kualifikasi secara tidak benar. SIUP CV A tidak ada (fiktif), sedangkan SIUP CV B ada tetapi sudah kadaluarsa.

3. 18 jenis dokumen asli dan pendukung yang dibutuhkan untuk pembuktian kualifikasi, yaitu:

- a. SIUP/IUJK/TDP
- b. Akta Pendirian
- c. Akta Perubahan Terakhir
- d. KTP Komisaris dan Direksi
- e. SK pengangkatan komisaris dan direksi
- f. SPT Tahunan wajib pajak badan beserta lampirannya, minimal:
 1. formulir 1771-V (Lampiran V SPT Tahunan bagian B)
 2. formulir 1771-V (Lampiran V SPT Tahunan bagian A)
 3. Lampiran Khusus (neraca) SPT Tahunan
 4. Lampiran Khusus (penyusutan) SPT Tahunan
 5. formulir 1771-III (Lampiran III SPT Tahunan-kredit pajak dalam negeri)
- g. NPWP
- h. SSP PPh badan
- i. SPT Masa PPh pasal 22,23, dan 21/26 serta PPN
- j. KTP Personil Yang akan digunakan
- k. SK Pengangkatan personil
- l. Daftar Riwayat Hidup personil
- m. Ijazah/sertifikat personil
- n. STNK, BPKB atau surat kepemilikan lain peralatan yang dimiliki
- o. semua kontrak di data pengalaman perusahaan
- p. BA serah terima kontrak-kontrak diatas
- q. Kontrak yang sedang dilaksanakan
- r. Laporan kemajuan pekerjaan terakhir kontrak diatas

Panitia pengadaan harus mengkomunikasikan kepada calon penyedia barang/jasa pada saat penjelasan dokumen lelang bahwa ke-18 dokumen tersebut akan diminta untuk keperluan pembuktian kualifikasi sebelum penetapan calon pemenang. Hal ini merupakan salah satu bentuk ejawantah transparansi dari panitia pengadaan dan sekaligus sebagai salah satu upaya mendorong akuntabilitas para penyedia barang/jasa dalam proses pengadaan barang/jasa.

4. Potret Pembuktian Kualifikasi

Aksi nyata pembuktian kualifikasi dilakukan dengan 2 (dua) tahap, yaitu tahap mintaan dokumen asli dan atau dokumen pendukung dan tahap proses pembuktian.

Salah satu yang menjadi perhatian yang akan bisa diferivikasi keaslian dari dokumen yang diminta sebagaimana diatas terutama pada bagian huruf m diatas Ijasah dan Sertifikat Keahlian personil;

Pada Ijasah dan Sertifikat Keahlian personil terdapat QR Code yang bisa digunakan untuk identifikasi keaslian dari dokumen yang bisa dibuktikan secara langsung dan dihubungkan dengan data base yang ada.



Gambar 1 QR Code



Gambar 2 QR Code Reader



Gambar 3 QR Code Pada Sertifikasi Badan Usaha Jasa Konsultansi



Gambar 3.4 Pembuktian Kualifikasi Dengan QR Code Pada Sertifikasi Badan Usaha Jasa Konsultan

4. KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan ini adalah aplikasi untuk pembacaan atau penggunaan QR Code sebagai salah satu alat bantu untuk meyakinkan keaslian dari salah dokumen yang rawan untuk dipalsukan dengan semakin canggihnya teknologi informasi QR Code sebagai salah satu pembuktian kualifikasi merupakan langkah pamungkas panitia pengadaan sebelum penetapan pemenang lelang. Pembuktian tersebut tidak tersurat dalam “pasal” urutan langkah proses kualifikasi namun tersurat dalam Lampiran I Keppres 80 Tahun 2003. Petunjuk, pedoman atau panduan pelaksanaan “pembuktian kualifikasi” belum ada. Panitia pengadaan akan mendapatkan kepastian hukum karena jejak pembuktian kualifikasinya dapat dipertanggungjawabkan kepada pihak manapun, baik pimpinan, auditor, penyidik dan pihak- pihak yang berkepentingan sesuai undang-undang

5. DAFTAR PUSTAKA

- Daulay, S.S (2010) Hubungan BARCODE dengan Produk Industri Sebagai Standar Perdagangan Produk Industri Masa Kini.
- Kamal, Mustofa (2012) Pembuktian Kualifikasi Yang Efektif (Tinjauan Best Practice), Pusdiklatwas BPKP.
- Pramihapsari, M dan Prima, M (2012) Kaldera Perancangan Labelling Pada Dokumen Menggunakan Qr Code, Jurnal Teknik Komputer Vol. 20 No.1 Februari 2012: 59 – 67
- Sopian, Abu (2015) Klarifikasi Dan Pembuktian Dokumen Dalam Proses Lelang, Balai Diklat Keuangan Palembang

Halaman ini sengaja dikosongkan

Prototipe Low-Cost Shallow-ROV sebagai Alat Bantu pada Pemetaan Batimetri di Perairan Dangkal

A. Khumaidi¹⁾, S. Kautsar¹⁾, M. Z. Sholichin¹⁾, N. Rinanto¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

* aguskhumaidi54@gmail.com

Abstrak

Pengawasan dasar air dan kedalaman perairan yang dangkal (batimetri) baik di laut maupun sungai sangatlah penting sebagai antisipasi erosi, pendangkalan sungai dan pantai. Pada umumnya pengukuran dilakukan menggunakan sonar LIDAR dan echosounder, serta teknologi optic berbasis laser. Namun teknologi-teknologi tersebut membutuhkan biaya yang tidak sedikit dan akan kesulitan menjangkau daerah pengukuran yang cukup luas. Mengatasi hal tersebut dibuatlah Remote Operated Vehicle (ROV) yang mana akan difungsikan untuk membaca kedalaman air. ROV dilengkapi dengan perangkat navigasi berupa GPS (Global Positioning System) yang terintegrasi dengan perangkat instrumentasi menggunakan papan MultiWii SE. Sedangkan perangkat pengedali dan komunikasi menggunakan papan Arduino Uno v3. Pengukuran kedalaman menggunakan modul DT-SENSE Barometric Pressure & Temperature Sensor. SHALLOW-ROV juga dilengkapi sebuah kamera bertipe CMOS beresolusi VGA yang digunakan dalam pengendalian wahana. Pencatatan hasil pengukuran kedalaman dilakukan dengan menggunakan sebuah komputer yang dilengkapi program dan terhubung dengan database dan internet sehingga dapat langsung diamati secara online.

Kata kunci : ROV, GPS, CMOS, Batimetri.)

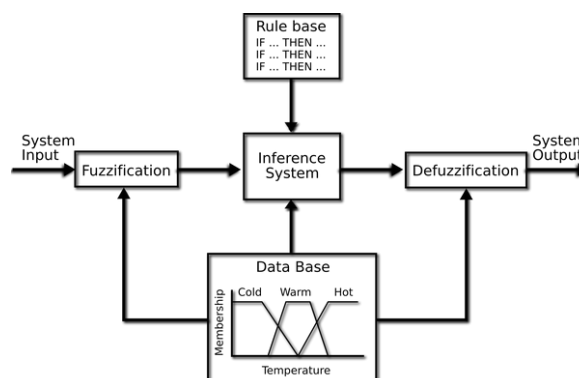
1. PENDAHULUAN

Pendangkalan sungai terjadi pada umumnya disebabkan karena sedimen yang berasal dari proses alamiah yaitu banyaknya butiran-butiran pasir atau batu kecil yang terbawa oleh arus air laut maupun aliran sungai atau tumpukan sampah. ROV dilengkapi dengan MultiWii SE yang dilengkapi dengan sensor accelero dan gyro, kedua sensor ini akan digunakan untuk mengatur stabilitas ROV sehingga dapat melakukan manuver dalam kondisi apapun. fuzzy logic digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor. Pada ROV ini terdiri atas 4 motor dengan 2 motor terletak pada arah vertikal dan 2 motor terletak pada arah horizontal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fuzzy logic

Fuzzy logic atau logika fuzzy merupakan salah satu metode Artificial Intelligence (AI). Fuzzy logic umumnya diterapkan pada masalah - masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (uncertainty), ketidaktepatan (imprecise), noisy, dan sebagainya. Nilai kebenaran tiap variable berkisar antara 0 dan 1. Arsitektur fuzzy logic secara umum dapat seperti ditunjukkan pada gambar 1



Gambar1. Arsitektur fuzzy logic

Terdapat 3 proses utama dalam fuzzy logic yaitu fuzzification, interference system (rule base evaluation), dan defuzzification.

1. *Fuzzification* adalah proses mengubah suatu nilai input menjadi bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaan masing-masing.

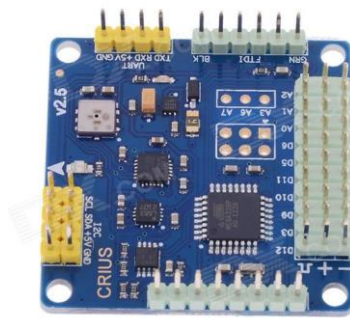
2. Rule base evaluation adalah acuan yang digunakan untuk menentukan hubungan antara input dan output sehingga dihasilkan bentuk fuzzy dengan logika IF-THEN
3. Defuzzification adalah proses pengubahan bentuk fuzzy menjadi range parameter yang sebenarnya.

Multiwii SE

Multiwii SE merupakan modul kontrol yang pada umumnya digunakan untuk flight control yang dilengkapi dengan MPU6050C 6 axis gyro/accel untuk sensor pergerakan dan HMC5883L 3-axis digital magnetometer. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data gyro. Kontroller Multiwii SE seperti ditunjukkan pada gambar 2.

Accelerometer merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek. Accelerometer mengukur percepatan dynamic dan static. Pengukuran dynamic adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran static adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Untuk mengukur sudut kemiringan (tilt).

Gyro adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. Giroskop sering digunakan pada robot atau heli dan alat-alat canggih lainnya.



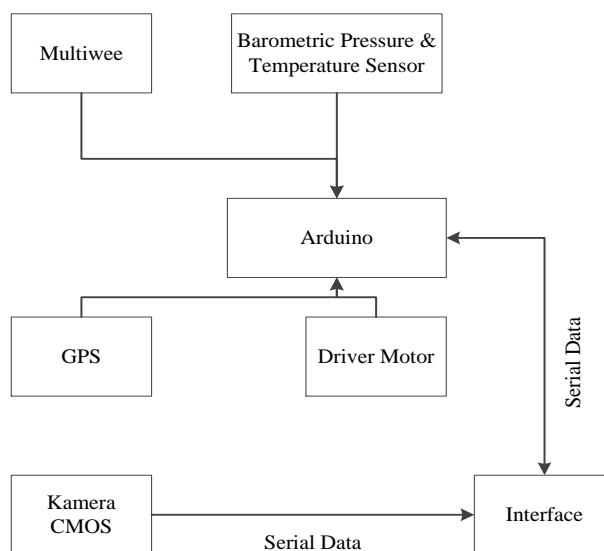
Gambar 2. Kontroler Multiwii SE

3. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan penelitian ini yaitu perancangan sistem perangkat keras (*hardware*) elektronik dan mekanik serta perangkat lunak (*software*).

Desain perangkat keras elektronik

SWALLOW-ROV pada penelitian ini terdapat komponen utama penyusun elektrik seperti pada gambar 3.



Gambar 3 Komponen utama elektrik SWALLOW-ROV

Multiwee digunakan untuk mengatur stabilitas pada ROV dengan output berupa data accelero dan gyro. Barometric Pressure and Temperature Sensor merupakan sebuah modul sensor cerdas berbasis sensor HP03 yang dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya tekanan dan temperatur udara di sekitar sensor. *GPS (Global*

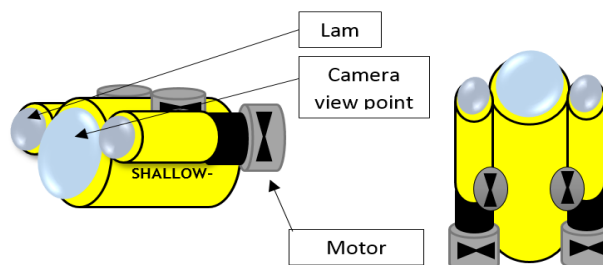
Positioning System) adalah sensor yang digunakan untuk menentukan posisi ROV agar didapatkan pemetaan lokasi yang sesuai. Kamera CMOS digunakan untuk mendapatkan citra lingkungan sekitar ROV. Semua data akan dikirim ke interface agar user dapat mengetahui semua data dan pergerakan ROV.

Arduino uno berguna sebagai perangkat pengendali I/O kesemua sensor dan actuator yang ada di ROV.

Sensor yang pakai antara lain sensor GPS, Barometer pressure dan temperature. Sedangkan untuk actuator berupa motor DC 12V yang menggunakan driver motor H-Bridge.

Desain perangkat keras mekanik

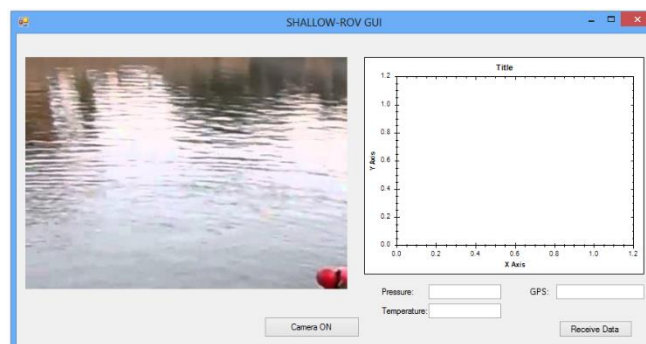
Berikut adalah rancangan mekanik dari SWALLOW-ROV yang terdiri dari 4 penggerak utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. 2 (dua) motor untuk gerakan naik dan turun dan sisanya untuk gerakan maju dan mundur. Dibagian depan wahan ditempatkan sebuah kamera yang digunakan untuk monitoring sewaktu pengendalian ROV.



Gambar 4. Bentuk desain fisik SALLOW-ROV.

Desain perangkat lunak

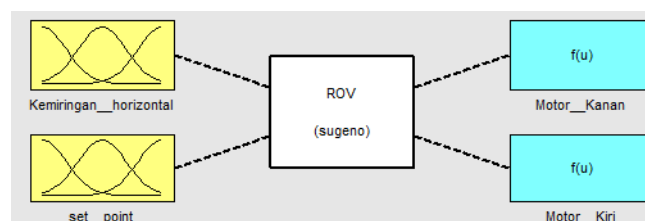
Perangkat lunak dalam penelitian yang diusulkan ini dilengkapi hasil pembacaan sensor-sensor (*pressure, temperature, GPS, accelerometer, gyroscope*) dari ROV dan video monitor dari kamera ROV. Desain tampilan dari perangkat lunak tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Desain aplikasi *Ground Control*

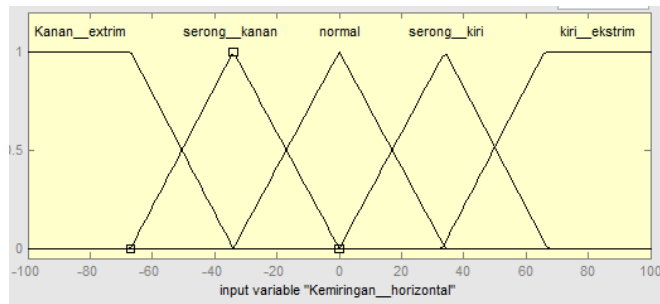
Simulasi Fuzzy Logic Controller

Sebelum menerapkan pengendali Fuzzy ke ROV, maka perlu dilakukan simulasi atau pengujian menggunakan perangkat lunak Matlab. Sesuai dengan penjelasan pada pembahasan sebelumnya tentang fuzzy logic berikut adalah membership function pada controller fuzzy tipe sugeno dengan sistem seperti pada gambar 6.

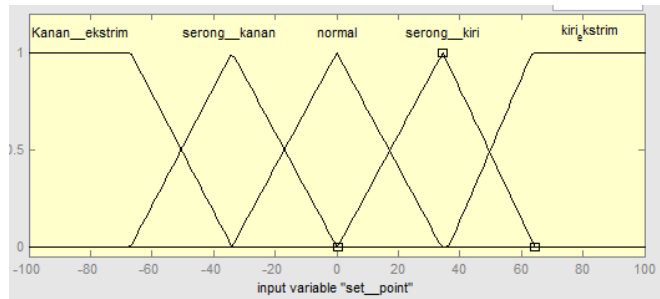


Gambar 6. Korelasi input dan output

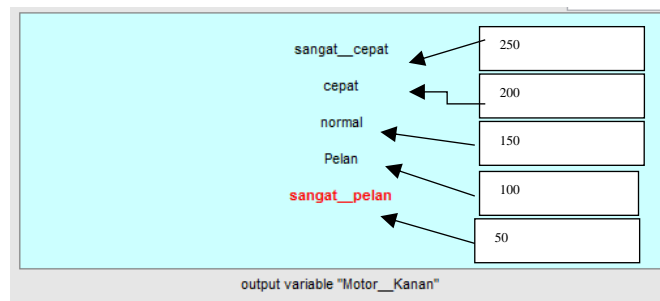
Masukan yang dipakai sebagai acuan pada sistem ini adalah kemiringan horizontal dan set point kompas. Sedangkan membership function untuk masing-masing input tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7. Membership input kemiringan horizontal



Gambar 8. Membership input set point



Gambar 9. Membership nilai output motor kanan dan kiri

Data output berupa nilai PWM(Pulse Width Modulation) 8 bit dengan nilai maksimal 255. PWM merupakan teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (duty cycle) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Untuk nilai fuzzy output pwm motor kanan dan kiri dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 1 menunjukkan rancangan rule base untuk kendali pergerakan motor kanan dan kiri.

Tabel 1. Fuzzy Rule Base

No	Sp	Pv	M_Ka	M_Ki
1	Ka_E	Ka_E	N	N
2	Ka_E	S_Ka	N	N
3	Ka_E	Ki_E	Sp	Sc
4	Ka_E	S_Ki	P	Sc
5	Ka_E	N	N	C
6	S_Ka	Ka_E	C	N
7	S_Ka	S_Ka	N	N
8	S_Ka	Ki_E	P	Sc
9	S_Ka	S_Ki	P	C
10	S_Ka	N	N	C
11	S_Ki	Ka_E	Sc	P
12	S_Ki	S_Ka	C	P
13	S_Ki	Ki_E	N	C
14	S_Ki	S_Ki	N	N

No	Sp	Pv	M_Ka	M_Ki
15	S_Ki	N	C	N
16	N	Ka_E	C	N
17	N	S_Ka	C	N
18	N	Ki_E	N	C
19	N	S_Ki	N	C
20	N	N	N	N
21	Ki_E	Ka_E	Sc	Sp
22	Ki_E	S_Ka	Sc	P
23	Ki_E	Ki_E	N	N
24	Ki_E	S_Ki	C	N
25	Ki_E	N	C	N

Keterangan:

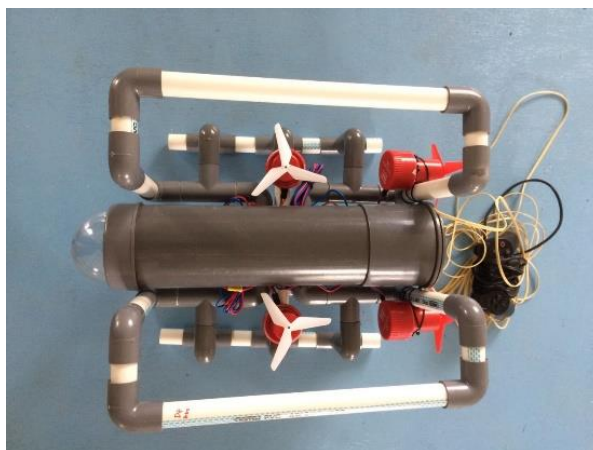
Ka_E = Kanan Ekstrim
S_Ka = Serong Kanan
Ki_E = Kanan Ekstrim
S_Ki = Serong Kiri
N = Normal
P = Pelan
Sc = Sangat Cepat
C = Cepat
Sp = Sangat Pelan

4. HASIL PENELITIAN

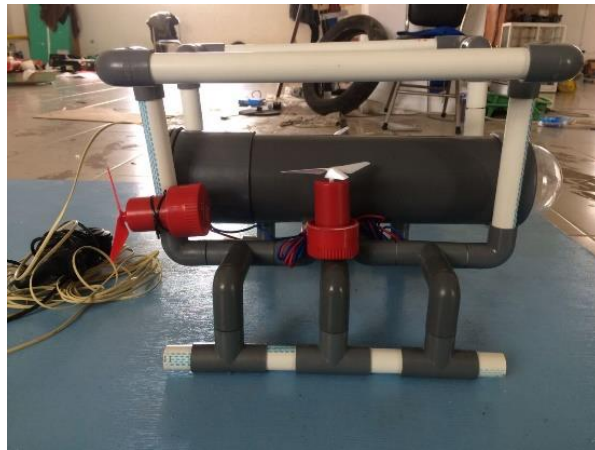
Hasil penelitian yang dicapai pada penelitian ini antara lain mekanik ROV dan beberapa pengujian sensor-sensor yang digunakan pada wahana ini.

Mekanik ROV

Sesuai dengan rancangan mekanik pada gambar 4 secara garis besar terdiri dari 2 (dua) macam yaitu desain bodi utama (*main body*) dan desain kerangka pelindung (*frame protector*). Dari desain tersebut untuk fisik ROV telah selesai 100% termasuk pemasangan keempat motor penggerak seperti ditunjukkan pada gambar 10 sampai dengan 12.



Gambar 10. ROV tampak atas



Gambar 11. ROV tampak samping



Gambar 12. ROV tampak depan

Pengujian Gyro

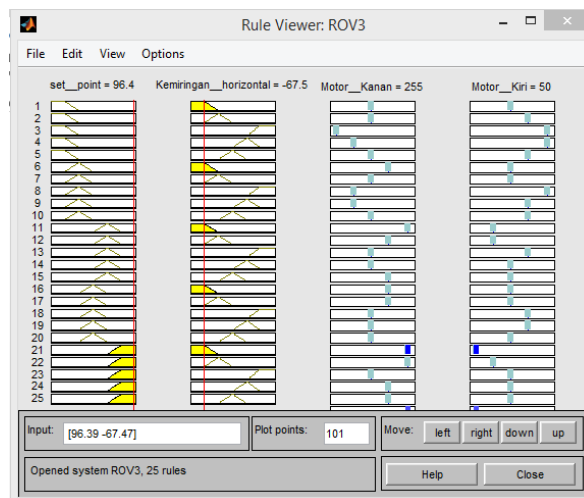
Tabel II menunjukkan hasil data yang didapatkan dari sensor gyro berdasarkan data kemiringan ROV. Sensor tersebut sebelum diuji dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan memiringkan sensor sejajar dengan tanah atau bumi.

Tabel 2. Data hasil pengujian gyro

No	Sudut	X	Y	Z
1	0°	0	0	300
2	5°	1	4	302
3	10°	0	7	301
4	15°	2	11	303
5	20°	1	14	301
6	25°	0	18	300
7	30°	0	23	300
8	-5°	1	251	301
9	-10°	3	248	302
10	-15°	0	244	300
11	-20°	0	241	300
12	-25°	1	237	301
13	-30°	1	234	301
14	-40°	3	230	301

Pengujian Keluaran

Hasil pengujian output didasarkan atas kolerasi input terhadap output, dengan input data sesuai dengan penjelasan pada sub bab simulasi fuzzy. Nilai inputaakan menghasilkan perbedaan nilai PWM antara motor kanan dan motor kiri berdasarkan bobot yang telah didapatkan dari kalkulasi rule base-nya. hasil output mikrokontroler akan dibandingkan dengan output tang ditunjukkan pada matlab seperti pada Gambar 12 dan Tabel III.



Gambar 13. Output pada matlab

Tabel 3. Output PWM

No	Gyro	SP	Matlab (PWM)		Microcontroller (PWM)	
			M_Ka	M_Ki	M_ka	M_Ki
1	10,5	-20	186	141	188	142
2	-12,05	-74,7	200	150	198	152
3	31,33	-89,16	251	104	251	104
4	60,24	21,69	194	150	192	150
5	81,93	86,75	150	150	151	151
6	28,92	40,96	150	165	151	164
7	43,37	0	200	150	201	151
8	19,28	12,05	168	158	170	159
9	-14,46	12,05	143	181	144	182
10	-43,37	12,05	133	205	134	206
11	-60,24	12,05	133	215	134	217
12	69,88	-72,29	255	50	255	51
13	55,42	-84,34	255	67	255	68
14	96,39	-67,47	255	50	255	50

5. KESIMPULAN

Secara keseluruhan penelitian ini secara fisik sudah mencapai sekitar 100 % baik dari mekanik maupun elektronik. Yang belum dilakukan dalam uji di *real plant* didalam air yang memanfaatkan sebuah aquarium uji. Kendala yang dihadapi yaitu selesainya aquarium tersebut sangat mepet dengan waktu deadline pelaporan penelitian. Jadi belum sempat diuji. Mungkin ke depan akan dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dan komprehensif.

Dari hasil pengujian sistem terhadap beberapa sensor yang digunakan pada wahana SALLOW-ROV ini didapatkan bahwa sensor-sensor tersebut dapat berjalan dengan baik. Terbukti keluran output PWM mempunyai nilai relative sama tau terpaau ttidak jauh dengan hasil simulsi pada program matlab.

6. DAFTAR PUSTAKA

BAPPEKO Surabaya, 2008, “Dokumentasi Kawasan Lingkungan Sungai Kalimas Surabaya”, Dokumen Pemkot Surabaya.

- DINKOMINFO Surabaya, 2015, “Profil Kota Surabaya Tahun 2015”, <http://dinkominfo.surabaya.go.id/dki.php?hal=30> (diakses 20 April 2016).
- BLH Surabaya, 2012, “Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya Tahun 2012”, Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya.
- Pipkin, B.W, 1977, “Laboratory Exercise in Oceanography.”, San Fransisco W.H. Freeman and Company.
- Nurjaya W.,1991, “Surfer mendigit peta batimetri”, Makalah, Bali
- Jagalingam P., 2015, “Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery”, Elsevier: 8th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2015).
- Vale’rie Allain, 2008, “Enhanced seamount location database for the western and central Pacific Ocean: Screening and cross-checking of 20 existing datasets”, Elsevier Journal: Deep-Sea Research Part I.
- Mehdi Gholamalifard, 2013, “Remotely Sensed Empirical Modeling of Bathymetry in the Southeastern Caspian Sea”, Open acces journal: Remote Sensing ISSN 2072-4292.
- Cutter, G. R. Jr, Berger, L., and Demer, D. A., 2010, “A comparison of bathymetry mapped with the Simrad ME70 multibeam echosounder operated in bathymetric and fisheries modes”, ICES Journal of Marine Science, 67: 1301–1309.
- Pauline Vincent, Christophe Sintès, Frédéric Maussang, Xavier Lurton, René Garello, 2011, “Doppler Effect on Bathymetry using Frequency Modulated Multibeam Echo Sounders”, OCEANS 2011 IEEE – Spain.
- Xavier Lurton, 2003, “Theoretical Modelling of Acoustical Measurement Accuracy for Swath Bathymetric Sonars”, International Hydrographic Review Vol. 4 No. 2 (New Series) August 2003).
- Jee-Hwan Ryu, Dong-Soo Kwon, 2001, “Control of Underwater Manipulators Mounted on nn ROV Using Base Force Information”.

Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash sebagai Campuran Beton

Denny Dermawan^{1*}, Mochamad Luqman Ashari²

¹ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*dennydermawan@yahoo.com

Abstrak

Sandblasting merupakan metode membersihkan atau mengupas lapisan yang menutupi sebuah obyek yang biasanya berbahan dasar metal/ besi dengan bantuan butiran pasir kuarsa yang ditembakkan langsung dari sebuah kompresor bertekanan tinggi ke obyek, efeknya serupa dengan penggunaan amplas. *Sandblasting* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalisir korosi dan banyak digunakan di industri perkapalan. Limbah *sandblasting* tergolong kategori bahan berbahaya dan beracun (B3), karena mengandung unsur logam berat melebihi baku mutu berdasarkan PP No 101 Tahun 2014. Pada penelitian limbah *sandblasting* di industri perkapalan di Bahrain, diperoleh data yaitu kandungan logam berat yang tinggi (Madany and Raveendran, 1992). Abu terbang (*fly ash*) dikategorikan oleh Bapedal sebagai limbah beracun dan berbahaya (B3). Abu terbang (*fly ash*) banyak dihasilkan oleh limbah kegiatan PLTU berbahan bakar batu bara. Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah *fly ash* juga akan meningkat. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh perbedaan perlakuan sampel beton terhadap nilai kuat tekan beton, kelayakan teknis limbah B3 sebagai bahan substitusi dalam pembuatan beton, dan komposisi terbaik dari pemanfaatan limbah B3. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium. Sampel beton mendapatkan 2 (dua) perlakuan yaitu perlakuan pertama sampel beton dicampurkan hanya dengan limbah *sandblasting*, sedangkan perlakuan yang kedua sampel beton dicampurkan dengan limbah *sandblasting* dan *fly ash*. Produk beton akan di uji kelayakan teknis. Kelayakan teknis di uji melalui pengujian kuat tekan menggunakan alat *universal testing machine* kapasitas 2000 kN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah *sandblasting* pada beton berumur 28 hari terhadap massa semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% menghasilkan nilai kuat tekan 16,43 MPa, 16,32 MPa; 17,81 MPa; 18,89 MPa; dan 15,24 MPa, sedangkan untuk penambahan limbah *sandblasting* dan *fly ash* pada beton berumur 28 hari terhadap massa semen sebesar 0%, 5%:30%; 10%:25%; 15%:20%; dan 20%:15% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa; 18,53 MPa; 16,08 MPa; 17,20 MPa; dan 15,91 MPa. Berdasarkan hasil uji kuat tekan tersebut, maka komposisi limbah *sandblasting* yang layak sebagai bahan substitusi dalam pembuatan beton adalah untuk komposisi 10% dan 15%, sedangkan untuk campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* adalah pada komposisi 5%:30% dan 15%:20%. Komposisi terbaik yang diperoleh adalah penambahan limbah *sandblasting* dengan prosentase sebesar 15%.

Kata kunci: limbah B3, *sandblasting*, *fly ash*, beton, uji kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Sandblasting merupakan metode membersihkan atau mengupas lapisan yang menutupi sebuah obyek yang biasanya berbahan dasar metal/ besi dengan bantuan butiran pasir kuarsa yang ditembakkan langsung dari sebuah kompresor bertekanan tinggi ke obyek, efeknya serupa dengan penggunaan amplas. *Sandblasting* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalisir korosi dan banyak digunakan di industri perkapalan. Limbah *sandblasting* tergolong kategori bahan berbahaya dan beracun (B3), karena mengandung unsur logam berat melebihi baku mutu berdasarkan PP No 101 Tahun 2014. Pada penelitian limbah *sandblasting* di industri perkapalan di Bahrain, diperoleh data yaitu kandungan logam berat yang tinggi (Madany and Raveendran, 1992). Tidak hanya mengandung logam berat, limbah *sandblasting* mengandung unsur utama debu silika (SiO₂). Apabila debu silika dihirup terus menerus, maka dapat menyebabkan penyakit silikosis.

Abu terbang (*fly ash*) dikategorikan oleh Bapedal sebagai limbah beracun dan berbahaya (B3). Abu terbang (*fly ash*) banyak dihasilkan oleh limbah kegiatan PLTU berbahan bakar batu bara. Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah abu terbang juga akan meningkat yaitu jumlah limbah PLTU pada tahun 2000 sebanyak 1,66 juta ton, sedangkan pada tahun 2006 diperkirakan akan mencapai sekitar 2 juta ton. Khusus untuk limbah abu dari PLTU Suralaya, sejak tahun 2000 hingga tahun 2006, diperkirakan ada akumulasi jumlah abu sebanyak 219.000 ton/tahun (Maryanto, 2008). Dalam konteks dunia, pada tahun 1989, total abu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di seluruh dunia mencapai 440 miliar ton. Sekitar 75 persen adalah abu terbang. Produsen utama adalah negara-negara bekas Uni Soviet (99 miliar ton), diikuti Cina (55 miliar ton), Amerika Serikat (53 miliar ton), dan India (40 miliar ton).

Produksi abu ini terus meningkat dari tahun ke tahun. Cina sendiri menghasilkan lebih dari 110 miliar ton abu di tahun 2000, dengan total produksi abu dunia tahun 2000 mencapai angka 661 miliar ton. Kuantitas abu terbang (*fly ash*) yang semakin banyak dalam konteks nasional dan global akan menjadi masalah dan ancaman bagi lingkungan dan manusia.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya (Kurniasari, 2008; Silitonga, 2008; Syamsiah, 2008; Li et al., 2014) konsentrasi unsur-unsur logam berat pada limbah dapat diturunkan dengan metode solidifikasi. Menurut Madany et al. (1991), limbah *sandblasting* pada industri perkapalan dapat dijadikan tambahan campuran beton. Pada penelitian lain (Asavapisit et al., 2001; Mohamed, 2011; Susanti, 2011) penambahan debu silika dapat meningkatkan nilai kuat tekan campuran beton.

Abu terbang (*fly ash*) sering dimanfaatkan dalam produksi semen, meski tingkat pemanfaatannya saat ini masih tergolong rendah. Cina memanfaatkan sekitar 15 persen, India kurang dari lima persen, untuk memanfaatkan abu terbang dalam pembuatan beton. Pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) dapat mengurangi penggunaan semen portland dalam pembuatan beton

Penelitian ini akan membahas pengaruh perbedaan perlakuan sampel beton terhadap kelayakan teknis. Sampel beton akan mendapatkan 2 (dua) perlakuan yaitu perlakuan pertama sampel beton dicampurkan hanya dengan limbah *sandblasting*, sedangkan perlakuan yang kedua sampel beton dicampurkan dengan limbah *sandblasting* dan *fly ash*. Produk beton akan di uji kelayakan teknis dan lingkungan. Kelayakan teknis di uji melalui pengujian tekanan dilakukan dengan menggunakan alat *universal testing machine* kapasitas 2000 kN.

2. METODOLOGI

Langkah langkah yang dilakukan dalam penelitian Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 *Sandblasting* Terhadap Limbah B3 *Sandblasting* Dan *Fly Ash* Sebagai Campuran Beton adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi potensi pemanfaatan limbah B3 *sandblasting* dan *fly ash* sebagai bahan campuran beton. Komposisi utama beton normal masih memakai semen, sehingga pemanfaatan limbah B3 bisa menjadi inovasi penggunaan limbah sebagai bahan baku.
- b. Mempersiapkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini. Persiapan meliputi mempersiapkan cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 30 buah dan mesin uji kuat tekan..
- c. Memeriksa bahan-bahan yang akan digunakan meliputi:
 1. Pemilihan agregat halus. Agregat halus diambil dari Lumajang dengan ayakan No. 0,15 dengan lolos saringan 10,2%. Pemilihan agregat halus ini disesuaikan dengan standart PBI 1971.
 2. Pemilihan agregat kasar. Agregat kasar yang dipilih berasal dari paserpan dengan ukuran 10-20 mm.
 3. Pemilihan limbah *sandblasting*. Limbah *sandblasting* berasal dari industri perkapalan.
 4. Pemilihan *fly ash*. Limbah *fly ash* berasal dari hasil pembakaran batubara. *Fly ash* yang dipilih adalah yang berwarna abu-abu dan mengandung unsur silika yang baik.
 5. Perencanaan komposisi. Komposisi yang digunakan ada lima. Tujuan dari adanya variasi ini adalah untuk mengetahui komposisi yang terbaik guna menghasilkan kuat tekan yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Adapun komposisi yang akan digunakan adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 1 dan 2 berikut.

Tabel 1. Komposisi Campuran Semen dengan Limbah *Sandblasting*

Komposisi	Semen	<i>Sandblasting</i>
Blangko/Kontrol	100%	0%
Komposisi 1	95%	5%
Komposisi 2	90%	10%
Komposisi 3	85%	15%
Komposisi 4	80%	20%

Tabel 2. Komposisi Campuran Semen Dengan Limbah *Sandblasting* dan *Fly Ash*

Komposisi	Semen	<i>Sandblasting</i>	<i>Fly Ash</i>
Blangko/Kontrol	100%	0%	0%
Komposisi 1	65%	5%	30%
Komposisi 2	65%	10%	25%
Komposisi 3	85%	15%	20%
Komposisi 4	80%	20%	15%

6. Pembuatan benda uji. Benda uji dibuat dengan cara mencampurkan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan limbah sesuai komposisi yang telah ditentukan. Semua bahan dicampur dengan rata lalu isikan campuran beton yang akan dibuat benda ujinya ke dalam cetakan secara bertahap 3 (tiga) lapis. Masing-masing ditumbuk sebanyak 25 kali. Beton dikeringkan dengan cara di angin-anginkan dan tandai masing-masing sampel.
7. Perendaman. Kegiatan dilakukan pada bak-bak perendaman yang terhindar dari matahari dengan tujuan mengurangi penguapan dan menghindari keretakan pada beton. Perendaman dilakukan selama 7 dan 28 hari.
8. Pengujian kuat tekan. Kegiatan dilakukan menggunakan alat *universal testing machine*. Pembebanan dilakukan hingga benda uji retak/ hancur sehingga didapatkan kekuatan maksimal dari beton

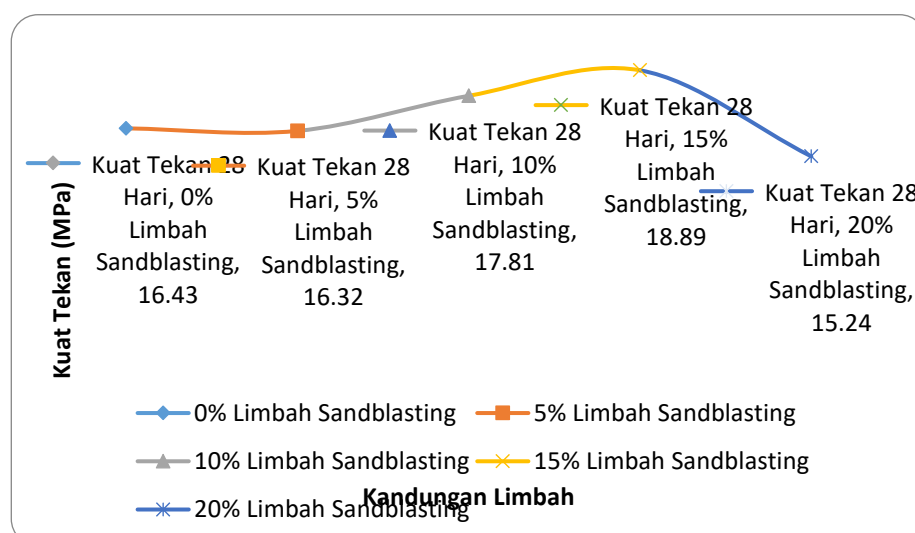
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kuat tekan bertujuan untuk mengontrol komposisi bahan penyusun terutama penambahan limbah *sandblasting* atau kombinasi limbah *sandblasting* dan *fly ash* tersebut sudah memenuhi mutu yang direncanakan yaitu beton dengan kuat tekan karakteristik 15 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan komposisi bahan penyusun dengan penambahan limbah *sandblasting* atau kombinasi limbah *sandblasting* dan *fly ash* yang memiliki nilai diatas beton normal adalah beton yang memiliki kelayakan secara teknis. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 3, Gambar 1, Tabel 4 dan Gambar 2 berikut.

Tabel 3. Analisa Kuat Tekan 28 Hari untuk Limbah *Sandblasting*

Kode	Berat (kg)	Luas Penampang (mm ²)	P	f'ci 7 Hari (MPa)	f'cr (MPa)	(f'ci-f'cr)	(f'ci-f'cr) ²	Standar Deviasi	f'c (MPa)
N4	12,12	17.662,5	305.000	16,99	18,31	-1,32	1,75	1,14	16,43
N5	12,33	17.662,5	345.000	19,82		1,51	2,28		
N6	12,39	17.662,5	320.000	18,12		-0,19	0,04		
B4	12,45	17.662,5	310.000	17,55	17,74	-0,19	0,04	0,86	16,32
B5	12,67	17.662,5	300.000	16,99		-0,75	0,57		
B6	12,45	17.662,5	330.000	18,68		0,94	0,89		
C4	12,32	17.662,5	345.000	19,53	19,44	0,09	0,01	0,99	17,81
C5	12,42	17.662,5	325.000	18,40		-1,04	1,08		
C6	12,45	17.662,5	360.000	20,38		0,94	0,89		
D4	12,53	17.662,5	360.000	20,38	19,82	0,57	0,32	0,57	18,89
D5	12,33	17.662,5	350.000	19,82		0,00	0,00		
D6	12,34	17.662,5	340.000	19,25		-0,57	0,32		
E4	12,34	17.662,5	280.000	15,85	17,17	-1,32	1,75	1,18	15,24
E5	12,58	17.662,5	310.000	17,55		0,38	0,14		
E6	12,52	17.662,5	320.000	18,12		0,94	0,89		

(Sumber: Analisa Data, 2016)



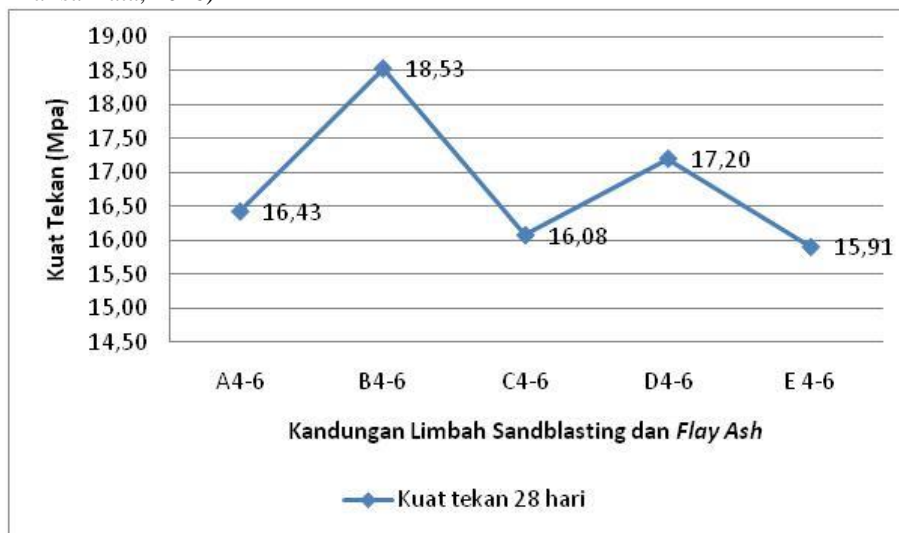
Gambar 1. Grafik Kuat Tekan 28 Hari untuk Limbah Sandblasting
 (Sumber: Analisa Data, 2016)

Pada umur 28 hari beton normal mempunyai nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 5%; 10%; 15%; dan 20% masing-masing mempunyai kuat tekan 16,32 MPa; 17,81 MPa; 18,89 MPa; dan 15,24 MPa. Penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 10% dan 15% mempunyai peningkatan nilai kuat tekan 8,4% dan 14,97 % dari beton normal, sedangkan pada beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 5% dan 20% terjadi penurunan kuat tekan sebesar 0,67% dan 8,25%. Beton yang layak untuk uji TCLP adalah beton yang memiliki kelayakan teknis atau yang memiliki nilai kuat tekan diatas beton normal yaitu beton dengan campuran limbah *sandblasting* 10% dan 15% dari berat semen saja.

Tabel 4. Analisa Kuat Tekan 28 Hari untuk Kombinasi Limbah Sandblasting dan Fly Ash

C	Berat (kg)	Luas Penampang (mm ²)	P	f'ci (N)	f'cr (MPa)	(f'ci-f'cr)	(f'ci-f'cr) ²	Standar Deviasi	f'c (MPa)
A4	12,12	17662,5	305.000	17,27	18,31	-1,04	1,08	1,14	16,43
A5	12,33	17662,5	345.000	19,53		1,23	1,50		
A6	12,39	17662,5	320.000	18,12		-0,19	0,04		
B4	12,64	17662,5	350.000	19,82	20,29	-0,47	0,22	1,07	18,53
B5	12,62	17662,5	380.000	21,51		1,23	1,50		
B6	12,73	17662,5	345.000	19,53		-0,75	0,57		
C4	12,78	17662,5	420.000	23,78	25,10	-1,32	1,75	5,50	16,08
C5	12,66	17662,5	550.000	31,14		6,04	36,47		
C6	12,53	17662,5	360.000	20,38		-4,72	22,26		
D4	12,63	17662,5	310.000	17,55	17,74	-0,19	0,04	0,33	17,20
D5	12,73	17662,5	310.000	17,55		-0,19	0,04		
D6	12,84	17662,5	320.000	18,12		0,38	0,14		
E4	12,52	17662,5	300.000	16,99	19,53	-2,55	6,49	2,21	15,91
E5	12,84	17662,5	365.000	20,67		1,13	1,28		
E6	12,91	17662,5	370.000	20,95		1,42	2,00		

(Sumber: Analisa Data, 2016)



Gambar 5.4. Grafik Kuat Tekan 28 Hari untuk Kombinasi Limbah Sandblasting dan Fly Ash

(Sumber: Analisa Data, 2016)

Pada umur 28 hari beton normal (A_{4-6}) mempunyai nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* dengan campuran B_{4-6} mempunyai kuat tekan sebesar 18,53 MPa, campuran C_{4-6} mempunyai kuat tekan sebesar 16,08 MPa, campuran D_{4-6} mempunyai kuat tekan sebesar 17,20 MPa, dan campuran E_{4-6} mempunyai kuat tekan sebesar 15,91 MPa. Penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran limbah B_{4-6} dan D_{4-6} *Sandblasting dan Fly Ash* yang mempunyai peningkatan nilai kuat tekan 12,78% dan 4,69% dari beton normal. Sedangkan pada beton dengan campuran limbah C_{4-6} dan E_{4-6} *Sandblasting dan Fly Ash* terjadi penurunan kuat tekan sebesar 2,18% dan 3,27%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *Fly Ash* dengan kadar tertentu dapat mempengaruhi sifat *workability* dari campuran beton yang di hasilkan. Hal ini dikarenakan *Fly Ash* meningkatkan luas permukaan agregat sehingga pasta semen dapat berfungsi sebagai pelumas dan perekat dengan baik. Sedangkan pada *Sandblasting* pada kadar tertentu akan mengalami kenaikan dan penurunan disebabkan apabila kondisi *sandblasting* terlalu banyak akan mengalami perekatan yang kurang. Hal ini disebabkan *sandblasting* memiliki permukaan lebih kasar dibanding dengan *Fly Ash* dan semen sehingga, *sandblasting* tidak bisa maksimal dalam pengikatan maupun mengisi celah pori pori pada beton. Beton yang layak di uji TCLP adalah beton yang memiliki kelayakan teknis yaitu beton B_{4-6} (5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash*) dan D_{4-6} (15% *Sandblasting*:20% *Fly Ash*).

Beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 15% dari berat semen adalah beton dengan komposisi terbaik dibandingkan dengan komposisi yang lain. Beton tersebut memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 18,89 MPa dan mempunyai kandungan logam berat (Cr, Cu, Pb, Zn) di bawah baku mutu TCLP.

Beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*: 30% *Fly Ash* (B_{4-6}) dari berat semen adalah beton dengan komposisi terbaik dibandingkan dengan komposisi yang lain. Beton tersebut memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 18,53 MPa dan mempunyai kandungan logam berat (Cr, Cu, Pb, Zn) di bawah baku mutu TCLP.

Hasil ini jika dikomparasikan antara beton dengan campuran limbah *sandblasting* terbaik dengan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* terbaik, maka akan diperoleh beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 15% menunjukkan hasil yang terbaik dibandingkan dengan limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* (B_{4-6}).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh sampai dengan Laporan Kemajuan ini adalah:

1. Beton normal umur 28 hari mempunyai nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 5%; 10%; 15%; dan 20% masing-masing mempunyai kuat tekan 16,32 MPa; 17,81 MPa; 18,89 MPa; dan 15,24 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* dengan campuran 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* (B_{4-6}) mempunyai kuat tekan sebesar 18,53 MPa, campuran 10% *Sandblasting*:25% *Fly Ash* (C_{4-6}) mempunyai kuat tekan sebesar 16,08 MPa, campuran 15% *Sandblasting*:20% *Fly Ash* (D_{4-6}) mempunyai kuat tekan sebesar 17,20 MPa, dan campuran 20% *Sandblasting*:15% *Fly Ash* (E_{4-6}) mempunyai kuat tekan sebesar 15,91 MPa.
2. Beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 10% dan 15% dari berat semen dan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* (B_{4-6}) dan 15% *Sandblasting*:20% *Fly Ash* (D_{4-6}) dari berat semen adalah beton yang layak secara teknis.
3. Beton dengan campuran limbah *sandblasting* terbaik dengan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* terbaik, jika dikomparasikan maka diperoleh beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 15% menunjukkan hasil yang terbaik dibandingkan dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* (B_{4-6}).

5. DAFTAR NOTASI

f_c = kuat tekan [MPa]

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asavapisit, S., Nanthamontry, W., Polprasert, C. (2001). *Influence of Condensed Silica Fume on the Properties of Cement-Based Solidified Wastes*. Cement and Concrete Research, Vol. 31, pp. 1147-1152.
- Connor, R.J. (1990). *Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste*. Mc. Graw-Hill Inc. Unite States.
- Güven, O., Özdemir, O., Karaagaçlıoğlu, I. E., Celik, M.S. (2014). *Surface Morphologies and Floatability of Sand-Blasted Quartz Particles*. Minerals Engineering, Vol. 70, pp. 1-7.
- Kardiyono, T. (2005). Bahan Bangunan. Yogyakarta. Andi.
- Kasiati, E., Wibowo, B. (n.d.). *Pembuatan Paving Block dengan Stabilitas Lusi dan Pasir dengan Ayakan serta Abu Bata dengan penambahan Variasi Semen*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kurniasari, H. D. (2008). *Solidifikasi Limbah Alumina dan Sandblasting PT. Pertamina UP IV Cilacap sebagai Bahan Pembuat Keramik*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.

- Li, X., Chen, Q., Zhou, Y., Tyrer, M., Yu, Y. (2014). *Stabilization of Heavy Metals in MSWI Fly Ash Using Silica Fume*. Waste Management, Vol. 34, pp. 2494-2505.
- Madany, I. M., Raveendran, E. (1992). *Leachability of Heavy Metals from Copper Blasting Grit Waste*. Waste Management & Research, Vol. 10, 87-91.
- Madany, I. M., Al-Sayed, M. H., Raveendran, E. (1991). *Utilization of Copper Blasting Grit Waste as A Construction Material*. Waste Management, Vol. 11, pp 35-40.
- Mohamed, H. A. (2011). *Effect of Fly Ash and Silica Fume on Compressive Strength of Self-Compacting Concrete under Different Curing Conditions*. Ain Shams Engineering Journal, Vol. 2, pp. 79-86.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Andi.
- Nugraha, P., Antoni. (2007) *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Surabaya. Andi.
- Putra, S.D., Setyanto, N.W., Efranto, R.Y. (n.d.). *Pemanfaatan Silica Fume Limbah Sandblasting untuk Meningkatkan Kuat Tekan Batako Pejal dengan Taguchi Quality Engineeing Methode*. Universitas Brawijaya.
- Republik Indonesia. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I. - 2*. Bandung. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya*. Lembaran Negara RI Tahun 2014, Jakarta. Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2000). *SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Bandung. Badan Standardisasi Nasional.
- Setyanto, Y. (2011). *Studi Banding Metode Rancang Campur Beton SK. SNI-1990-03 dan ACI 318*. Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret.
- Silitonga, M. (2008). *Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun PT. Pertamina UP IV Cilacap Jawa Tengah sebagai Bata Tahan Api (Teknik Solidifikasi)*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- Subekti, A., M. Irmawan, B. Piscesa. (2012). *Teknologi Beton dalam Praktek I*. Surabaya. ITSPRESS.
- Susanti, R.D. (2011). *Teknologi Bahan Konstruksi*. Medan. Institut Teknologi Medan.
- Syamsiah. (2008). *Pemanfaatan Limbah Alumina dan Sandblasting PT. Pertamina UP IV Cilacap sebagai Bahan Pembuatan Wall Panel*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- USA. (2008). *ACI 318-08 tentang Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. American Concrete Institute.

Prototipe *Automatic Identification System* Secara *Realtime* Menggunakan Web dan Android pada Kapal Kecil untuk Kelompok Petani Nelayan

Muhammad Khoirul Hasin^{1*}, dan Adianto¹

¹Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Jalan Teknik Kimia ITS Surabaya 60111

* irulsits@gmail.com

Abstrak

Saat ini banyak diberitakan bahwa negara-negara tetangga telah memberlakukan ketegasan terhadap nelayan Indonesia yang tersesat di laut yang memasuki wilayah mereka. Banyak kasus perahu nelayan Indonesia ditangkap dan dieksekusi oleh pemerintah Australia, Malaysia dan Papua Nugini. Tidaklah heran hal ini terjadi pada nelayan Indonesia, karena mereka berlayar dengan secara sederhana. Berlayar mencari ikan dengan kapal seadanya tanpa alat-alat canggih hanya menggunakan jaring penangkap ikan, pengalaman, dan naluri yang dimilikinya sehingga mereka tanpa sengaja telah memasuki perairan laut negara lain. Disisi lain, penyebaran perangkat *smartphone* android semakin berkembang, baik berupa aplikasi ataupun teknologi yang terintegrasi di dalamnya. Banyak aplikasi mobile yang dibangun dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini karena *smartphone* android memiliki harga semakin murah dan mudah dalam pengoperasiannya, juga dapat dibuat berbagai macam aplikasi di dalamnya karena sifat android yang *open source*. Pada penelitian berhasil membangun prototipe *Automatic Identification System* secara *realtime* dimana system ini menggunakan client (*smartphone* yang terpasang di kapal nelayan) berupa perangkat *smartphone* android yang telah terintegrasi dengan teknologi sensor-sensor penunjang seperti *accelerometer*, *Global Positioning System* (*gps*) yang bukan bersifat assist atau *AGPS* namun menggunakan *GPS* yang dilengkapi *receiver* sinyal satelit, serta menggunakan *personal computer* untuk dijadikan *Datacenter*. Sistem ini juga menyajikan visualisasi data tracking dari kapal yang terdaftar pada *Datacenter* serta data-data kapal yang terdaftar dengan berbasis web dan aplikasi android. Selain itu system ini juga didesain menggunakan media komunikasi yang bisa digunakan untuk menghubungkan antara kapal nelayan dengan operator yang ada di *datacenter*. Diharapkan system ini dapat membantu para nelayan dalam pelayarannya dengan berpedoman pada data navigasi dari perangkat *smartphone* dan dapat selalu berkomunikasi dengan operator *datacenter*, sehingga keberadaan atau posisi dari nelayan selalu dapat terpantau dan dapat diarahkan.

Kata kunci: berisi maksimum 5 kata kunci yang digunakan (berjarak ½ spasi dari abstrak)

1. PENDAHULUAN

Pada era pemerintahan sekarang, kebijakan pengamanan wilayah laut akan lebih keras. Indonesia harus punya keberanian menegakkan kedaulatan otoritas maritim dengan ketegasan penangkapan kapal ilegal fishing, sebab negara tetangga juga memberlakukan ketegasan terhadap nelayan Indonesia yang tersesat di laut tetangga. Banyak kasus perahu nelayan Indonesia ditangkap dan dieksekusi oleh pemerintah Australia, Malaysia dan Papua Nugini. Seperti yang terjadi pada 10 nelayan asal Merauke saat mencari teripang namun tanpa sadar, mereka telah berada tepat di perbatasan Indonesia-Papua Nugini. Tanpa peringatan lebih lanjut, kapal nelayan tersebut pun dibakar dan para awak kapal nelayan dipaksa berenang ditengah lautan menuju daratan dan sudah siap ditahan oleh Tentara Papua Nugini. Pada tanggal 23 Oktober 2014 kapal nelayan Indonesia dibakar oleh pihak Bea Cukai dan Angkatan Laut Australia, kapal nelayan ini dimusnahkan di Kota Darwin, Northern Territory. Pemusnahan ketiga perahu itu dilakukan dengan cara dibakar.

Namun keadilan itu buta. Inilah yang harus dicontoh oleh setiap negara yang memiliki kawasan bahari yang tergolong luas termasuk di dalamnya Indonesia. Indonesia membutuhkan sebuah sistem keamanan yang mampu menjamin keselamatan para nelayannya. Sistem yang dibangun harus memiliki harga yang terjangkau untuk masyarakat nelayan. Sistem tersebut juga harus mampu mengakomodasi keperluan para nelayan yang sedang melaut. Para nelayan juga membutuhkan data-data informasi lain misalnya penyebaran ikan pada suatu waktu tertentu dan informasi penyebaran jenis ikan. Selain itu mereka juga membutuhkan informasi cuaca dan kondisi lautan yang sedang mereka lalui. Yang paling penting adalah adanya informasi mengenai keberadaan mereka atau posisi mereka di area wilayah laut negara Indonesia.

Untuk mendapatkan system yang memiliki berbagai fitur tersebut maka tidak cukup dengan membuat *Automatic Identification System* biasa, namun harus menambahkan fitur-fitur yang dibutuhkan untuk para nelayan. Selain itu system yang dibangun harus tercatat dan system ini berjalan secara *realtime* sehingga saat para nelayan mendekati batas wilayah perairan laut negara lain segera akan mengetahui dan menghindari.

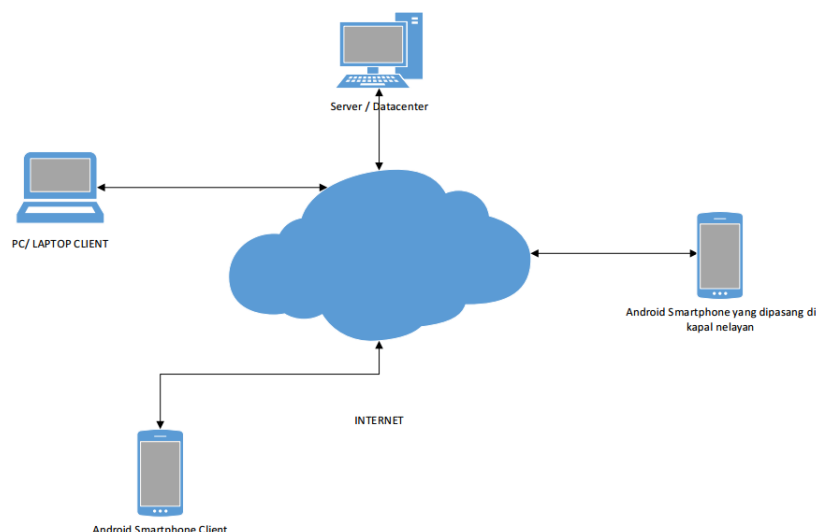
Pada penelitian ini, peneliti sudah membangun prototipe *Automatic Identification System* secara *realtime* dimana system ini menggunakan *client* (smartphone yang terpasang di kapal nelayan), dimana *client* berupa perangkat *smartphone* android yang telah terintegrasi dengan teknologi sensor-sensor penunjang seperti *accelerometer*, *Global Positioning System* (gps) yang bukan bersifat *assist* atau AGPS namun menggunakan GPS yang dilengkapi *receiver* sinyal satelit, serta menggunakan *personal computer* untuk dijadikan *datacenter*. Sistem ini akan menyajikan visualisasi data tracking dari kapal yang terdaftar pada server atau *datacenter* serta data-data kapal yang terdaftar dengan berbasis web dan aplikasi android. Selain itu system ini juga didesain menggunakan media komunikasi yang bisa digunakan untuk menghubungkan antara kapal nelayan dengan operator yang ada di *datacenter*. Diharapkan system ini dapat membantu para nelayan dalam pelayarannya dengan berpedoman pada data navigasi dari perangkat *smartphone* dan dapat selalu berkomunikasi dengan operator *datacenter*, sehingga keberadaan atau posisi dari nelayan selalu dapat terpantau dan dapat diarahkan.

2. METODOLOGI

Prototipe *Automatic Identification System* (AIS) yang dibangun dalam penelitian ini memiliki tujuan sebagai sarana untuk membantu nelayan. Sistem ini merupakan sebuah inovasi teknologi yang terintegrasi untuk menghadapi permasalahan nelayan kecil yang tidak memiliki *Automatic Identification System* (AIS) di kapal mereka yang menyebabkan seringnya terjadi pelanggaran masuk perairan laut negara lain tanpa disengaja. Selain itu dengan system baru ini dapat membantu nelayan dalam memperoleh informasi yang dibutuhkan pada saat mereka melaut. Adapun dalam pengerjaannya terdiri dari tiga pekerjaan utama yaitu: pengerjaan aplikasi unit *client* (android pada kapal nelayan), komunikasi dari unit *client* ke *datacenter*, dan pengerjaan *datacenter* (server).

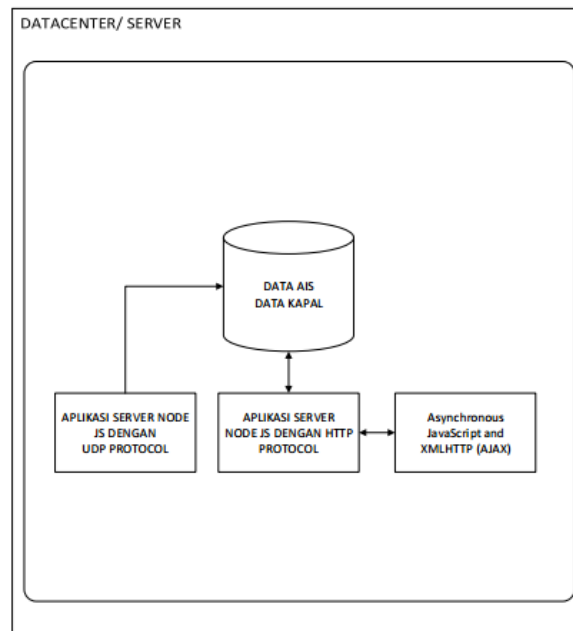
Desain *Automatic Identification System* (AIS) sebenarnya digunakan untuk sistem monitoring posisi kapal (*tracking* kapal) pada suatu daerah perairan yang pelaporan datanya digunakan untuk sarana memberikan informasi kepada para nelayan dan juga untuk mengetahui letak posisi kapal pada suatu daerah perairan. Seperti yang digambarkan pada Gambar 1 Arsitektur Sistem, sistem pada penelitian ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: satu set perangkat *smartphone* android, modul komunikasi yang menghubungkan perangkat *smartphone* ke *datacenter* (perangkat jaringan), dan *datacenter*.

Blok prototipe *Automatic Identification System* (AIS) berbasis *UDP protocol* mengirimkan data –data navigasi yang diperoleh dari sensor yang telah terintegrasi dengan perangkat *smartphone*. Cara kerjanya dimulai dari sensor 17 *accelerometer* dan sensor GPS yang telah terintegrasi dengan perangkat *smartphone* android mengirimkan datanya melalui *UDP protocol*. Selanjutnya, data posisi, kecepatan dan heading kapal dikirim ke *datacenter* (server) melalui jaringan internet. Selanjutnya, data akan ditampilkan secara *realtime* dengan tampilan web yang *realtime* dengan menggunakan *browser* serta disimpan dalam *database*. Data-data kapal juga dapat diakses melalui aplikasi *smartphone* android.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2, dalam *datacenter* atau server data yang diterima diatur menggunakan *protocol* UDP yang aplikasi servernya dikembangkan dari NodeJs. NodeJs digunakan untuk memperingan kerja server sehingga data secara cepat dan akurat dapat disimpan dalam *database*. Aplikasi untuk menampilkan data yang telah masuk melalui *database* MySQL dibangun juga dengan menggunakan NodeJs yang berbasis pada protokol HTTP. Data masukan dan data keluaran dalam bentuk format data JSON. Untuk menampilkan data digunakan AJAX yang berjalan pada sisi server tapi diakses melalui client.



Gambar 2. Blok Sistem Datacenter

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertama yang dikerjakan adalah membuat *datacenter* untuk *log record* dari *Automatic Identification System*, peneliti mempersiapkan sistem operasi Linux Ubuntu Server 14.04 LTS, selanjutnya dilakukan pengaturan jaringan pada *network interface*. Peneliti memilih *web server* nginx karena jika dibandingkan dengan produk sejenisnya, *web server* ini bisa menangani *job* yang bersifat *concurant* sehingga sangat cocok untuk AIS yang pada dasarnya bersifat *realtime*. Tentunya, dibutuhkan *database* untuk penyimpanan data, pilihannya tertuju pada MySQL, database gratis dan *opensource* ini sangat populer dan sering kali digunakan, bahkan website sebesar Facebook menggunakan database ini. Untuk mempermudah manajemen *database*, peneliti menginstal *phpmyadmin*, aplikasi yang berbasis web ini merupakan *interface* untuk mempermudah penggunaanya dalam memanipulasi dan memodifikasi database MySQL. Selanjutnya, peneliti mengembangkan aplikasi *backend* yang digunakan untuk mengatur transaksi data, aplikasi tersebut dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman NodeJS sehingga di dalam mesin Ubuntu ini harus terinstal server Node. Alasan yang sangat masuk akal pilihannya jatuh ke NodeJs, adalah karena Node lahir untuk memenuhi kebutuhan akan adanya bahasa pemrograman web yang mampu menangani sistem *concurrent-distribute*. Sedangkan untuk *frontend*-nya (bisa dilihat pada Gambar 3) , peneliti menggunakan HTML dan AJAX. Data yang diambil dari android diantaranya: data posisi kendaraan *latitude* dan *longitude*, data kecepatan kendaraan, data kompas, dan data *accelero*, untuk mendeteksi kemiringan.

Berikutnya langkah kedua, peneliti membangun aplikasi *smartphone* android untuk dipakai sebagai *interface* monitor internal dan sebagai perangkat yang mengirimkan data-data parameter yang dimonitor ke dalam *datacenter*. Dalam aplikasi ini juga ditanam perangkat *smartphone* android yang juga memiliki sistem *log record* atau pencatatan data parameter dari sensor-sensor sehingga mampu mendeteksi adanya kegagalan pengiriman data. Peneliti menggunakan jaringan data LTE produk operator telekomunikasi Smartfren.

Langkah ketiga, peneliti membangun *interface* (Gambar 5) yang dapat memonitor track dari kapal dengan menggunakan API Google Map. Peneliti mengambil data dari database MySQL, dimana data ini diproduksi dari sesor-sesor yang terdapat pada android. Untuk mengambil data ini peneliti mengkonversi data-data tersebut ke dalam JSON. Data format JSON tersebut dipanggil dengan menggunakan AJAX. Dengan AJAX, sistem diatur bisa melakukan pembaharuan data pada durasi tertentu, sehingga di Google Map terlihat adanya pergerakan kapal secara *realtime*.

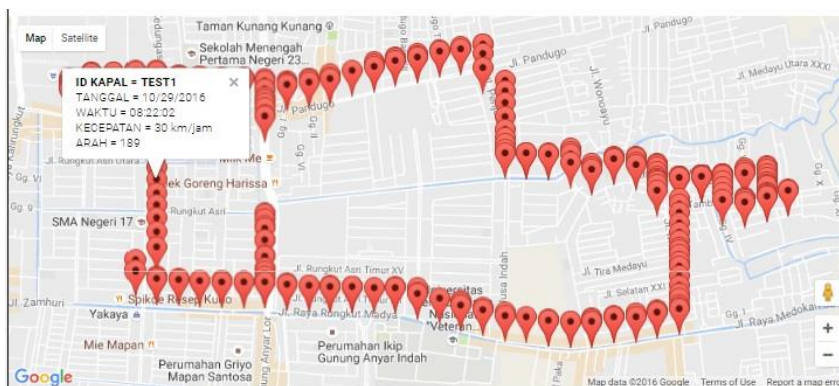
AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM USING ANDROID

ID KAPAL	TANGGAL	WAKTU	LATITUDE	LONGITUDE	KECEPATAN	ARAH
1234AB	10/10/2016	13:00:55	-7.27719	112.7939	0.0	195.7226
1234AB	10/10/2016	13:00:54	-7.27719	112.7939	0.0	195.7215
1234AB	10/10/2016	13:00:53	-7.27719	112.7939	0.0	195.7212
1234AB	10/10/2016	13:00:52	-7.27719	112.7939	0.0	195.6460
1234AB	10/10/2016	13:00:51	-7.27719	112.7939	0.0	195.7349
1234AB	10/10/2016	13:00:50	-7.27719	112.7939	0.0	195.9188
1234AB	10/10/2016	13:00:49	-7.27719	112.7939	0.0	197.6147
1234AB	10/10/2016	13:00:48	-7.27780	112.7942	0.0	193.3349
1234AB	10/10/2016	13:00:47	-7.27780	112.7942	0.0	215.5194
1234AB	10/10/2016	13:00:46	-7.27780	112.7942	0.0	189.7125

Gambar 3. Tampilan Web Berupa Data yang Diambil Dari Sensor Android



Gambar 4. Tampilan Android Berupa Data yang Diambil Dari Sensor Android



Gambar 5. Tampilan Google Map

4. KESIMPULAN

Android merupakan perangkat yang *powerful* dimana pada *smartphone* ini sudah terlanam berbagai macam sensor yang bisa dimanfaatkan untuk membuat perangkat AIS yang sederhana. Peneliti sudah mengintegrasikan perangkat ini dengan berbagai *platform*, dengan memanfaatkan teknologi NodeJs, teknologi ini memungkinkan transaksi data yang terjadi bisa dilakukan secara *realtime*. Selain itu, untuk monitoring perubahan data, peneliti menggunakan teknologi AJAX, teknologi web ini mampu menampilkan data secara *seamless*, tanpa *load* ulang

keseluruhan konten web ketika terjadi perubahan data. Setelah dilakukan percobaan, system yang peneliti bangun bisa berjalan sebagaimana mestinya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Andhika, Farid, Pitana, Trika and Affandi, Achmad. 2012. Protokol Interchangeable Data pada VMeS (Vessel Messaging System) dan AIS (Automatic Identification System). *JURNAL TEKNIK ITS*.
- Arfianto, Afif Zuhri and Affandi, Achmad. 2010. *RANCANG BANGUN LAYANAN WEBSITE INTERAKTIF PADA SISTEM KOMUNIKASI VESSEL MESSAGING SYSTEM (VmeS)*. ITS Surabaya.
- Harati, Abbas, dkk., 2015. *Automatic Identification System (AIS): A Human Factors Approach*. London: The Nautical Institute
- Sensors Overview. Android Developer. [Online] April 21, 2015. [Cited: Maret 7, 2016.] http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html

Halaman ini sengaja dikosongkan

Ubiquitous Mobile Sensing untuk Sistem Monitoring Kualitas Sumber Daya Air PDAM Kota Surabaya

Adianto^{1*}, Yuning Widiarti¹, dan Mirna Apriani¹

¹ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya 60111

* adiantoanditsan@gmail.com

Abstrak

Proyeksi kebutuhan terhadap air bersih di kota Surabaya semakin meningkat dari tahun ke tahun seiring bertambahnya jumlah penduduk. Teknologi komunikasi data yang berkembang pesat mendorong peneliti untuk mendesain sebuah sistem monitoring kualitas air PDAM yang efektif dan efisien. Ubiquitous Mobile Sensing merupakan solusi yang ditawarkan sebagai sarana pengambilan data secara real time dan dapat diakses dimanapun user berada. Pada paper ini peneliti menggunakan sistem komunikasi yang berbasis protokol UDP. Pengambilan data dilakukan oleh unit sensor dan mikrokontroler Arduino. Akses data secara realtime dan mudah dapat dilakukan oleh user dengan memanfaatkan smartphone. Dengan sistem Ubiquitous Mobile Sensing ini diharapkan data yang dihasilkan lebih akurat, cepat dan lebih murah.

Kata kunci: protokol UDP, sistem monitoring, ubiquitous mobile sensing

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih di daerah perkotaan khususnya kota-kota besar sangat bergantung kepada jasa perusahaan penyediaan air minum daerah (PDAM). Kebutuhan akan air minum yang bersih semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan industri, namun peningkatannya tidak sebanding dengan ketersediaannya. Saat ini, sumber-sumber air yang ada kualitasnya semakin menurun karena pencemaran. Seperti halnya kota Surabaya, dengan jumlah penduduk 2.711.090 jiwa (data BP3S Kota Surabaya) sangat berpengaruh pada tuntutan akan kebutuhan air bersih. Peningkatan kebutuhan air bersih mendorong manusia untuk berusaha menyediakan air bersih dengan standar kualitas dan kuantitas, dalam arti luas peningkatan jumlah penduduk dan aktifitas sosial berpengaruh pada peningkatan kebutuhan akan air bersih (Ikhsan S.,2003).



Gambar 1. Peta Kali Surabaya

Sekitar 96% air baku PDAM Kota Surabaya dipasok dari Kali Surabaya. Sedangkan kualitas air Kali Surabaya tidak mendukung sebagai peruntukkan badan air sumber air baku karena beban pencemar Kali Surabaya telah melebihi baku mutu air Kelas II (Herera dkk, 2013). Sementara itu, bila ditinjau dari segi kuantitas, Perum Jasa Tirta telah memprediksi bahwa pada tahun 2025, Surabaya akan mengalami deficit air bersih sebesar 7,43 m³/detik (Kusumawardani, 2010). Masalah utama Kali Surabaya adalah sebagian besar limbah cair hasil dari kegiatan manusia dibuang ke saluran yang bermuara di Kali Surabaya. Limbah tersebut berasal dari pemukiman, industri, pertanian, peternakan, dan lain-lain. Sekitar 60% pencemaran Kali Surabaya berasal dari limbah domestik (Fatnasari dan Hermana, 2010). Hal yang perlu dikhawatirkan adalah pencemaran oleh limbah industri. Menurut hasil riset *Ecoton* dan *National Institute Minamata Disease* menunjukkan bahwa badan air, lumpur, kerang, ikan,

dan ekosistem Kali Surabaya telah terkontaminasi merkuri, timbal, kadmium, tembaga, dan besi dengan kadar yang melebihi ambang batas.

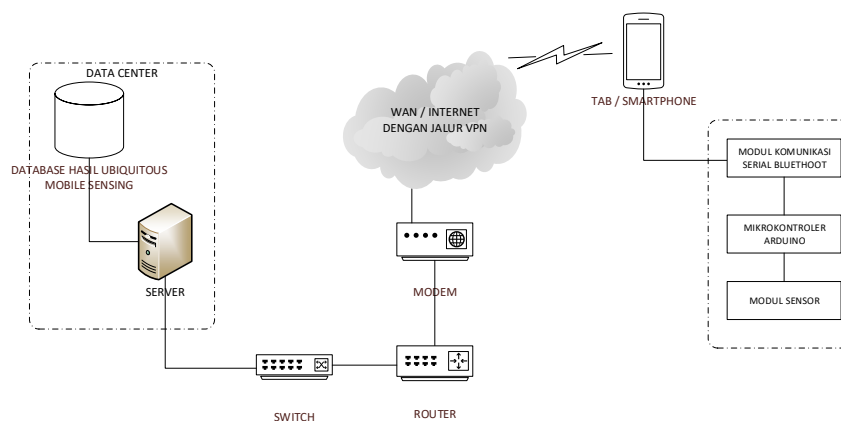
Permasalahan kualitas air menjadi perhatian bagi semua pihak. Dalam hal ini monitoring dan evaluasi kualitas air menjadi sesuatu yang sangat penting dalam pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air yang berkelanjutan. Selama ini monitoring dilakukan secara berkala pada periode tertentu dengan pendekatan secara manual. Pendekatan secara manual ini dilakukan dengan membawa sampling air ke laboratorium dan mengujinya. Analisis yang dilakukan memerlukan biaya yang mahal, waktu yang lama dan resolusi yang rendah.

Peneliti-peneliti sebelumnya telah banyak menyumbangkan hasil karya ilmiahnya diantaranya: Chaamwe (Chaamwe, N. *et al*, 2010) menekankan fakta bahwa WSNs cocok untuk pemantauan kualitas air. Dalam penelitiannya yang berjudul *On the Design of a Water Quality Wireless Sensor Network (WQWSN): An Application to Water Quality Monitoring in Malawi* pada tahun 2009 Zennaro, dkk mengusulkan desain WSN untuk sistem pemantauan kualitas air (Zennaro, M. *et al*, 2009). Mereka menggunakan Sun motes SPOT dan 90-FLT seriE sensor oleh TPS untuk mengukur pH air, konduktivitas, jumlah garam terlarut (TDS), oksigen terlarut (DO), kekeruhan dan suhu. Biaya sistem yang diusulkan sekitar US \$ 3.400. Namun solusi yang ditawarkan tidak cocok untuk jangka panjang lingkungan luar. Dengan menggunakan kontroler ARM, Kumar et al. (Kumar, R.K. *et al*, 2014) menampilkan sistem pemantauan kualitas air berbasis WSN tenaga surya untuk mengukur pH air, tingkat oksigen dan kekeruhan. Selanjutnya, Aravinda et al. (Rao, A.S. *et al*, 2013) menyajikan sistem monitoring parameter fisik-kimia air secara nirkabel murah menggunakan Arduino Mega 2560. Mereka mengukur pH, DO, *conductibility*, potensial reduksi oksidasi, cahaya dan suhu air. Penulisnya melaporkan bahwa sistem membutuhkan biaya sekitar US \$ 1.040. Namun pendekatan mereka menggunakan komputer sebagai gateway yang mahal.

Pada paper ini penulis mengusulkan pembuatan sebuah sistem UMS untuk memonitor kualitas air. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler Arduino, unit sensor parameter kualitas air dan *smartphone* Android. Parameter kualitas air yang dimonitor pada penelitian ini meliputi: temperatur, DO, pH dan nilai konduktivitas listrik. Data yang dihasilkan disajikan dalam bentuk visualisasi yang dapat diakses secara realtime dan mudah tanpa menginstal perangkat lunak tertentu. Sistem monitoring ini sesuai diaplikasikan pada lingkungan *outdoor* dan dapat digunakan dalam waktu yang lama.

2. METODOLOGI

Perencanaan secara sistematis dilakukan untuk desain sistem monitoring kualitas sumber air PDAM Surabaya. Terdapat empat komponen utama dalam rangkaian pekerjaan penelitian ini, yaitu: 1) satu set perangkat sensor kualitas air yang terdiri dari mikrokontroler Arduino dan sensor unit, 2) modul komunikasi yang menghubungkan perangkat sensor dan *smartphone* 3) aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan platform android, dan 4) *Data Center*. Arsitektur sistem dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.

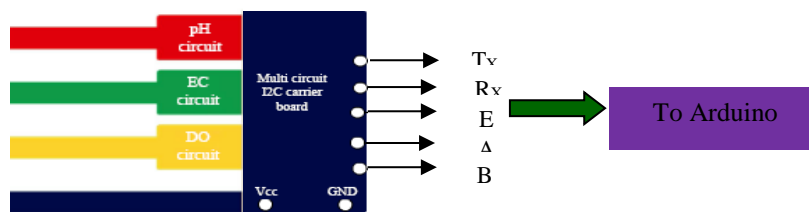


Gambar 2. Arsitektur sistem

Mikrokontroler Arduino merupakan perangkat kontrol utama yang mengendalikan dan melakukan tindakan yang diperlukan oleh sistem. Unit sensor terdiri dari beberapa sensor yang digunakan untuk mendeteksi beberapa parameter kualitas air. Terdapat 4 sensor untuk mengukur parameter kualitas air, meliputi: sensor pH, sensor EC, sensor DO, dan sensor temperatur. Sensor dan modul komunikasi secara langsung dihubungkan ke kontroler utama. Mikrokontroler Arduino berkomunikasi dengan *smartphone* android melalui modul bluetooth serial. Kemudian *smartphone* android akan mengirimkan data melalui internet dalam bentuk jaringan *Virtual Private Network* (VPN) ke *Data Center* monitoring sumber air.

Perangkat sensor terdiri dari mikrokontroler Arduino, unit sensor dan *power supply*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Sensor EC, pH, dan DO diinterface dengan mikrokontroler kecuali sensor temperatur yang secara

langsung dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino. Sensor-sensor tersebut dikalibrasi secara akurat agar dapat digunakan dengan benar.



Gambar 3. Sensor Unit

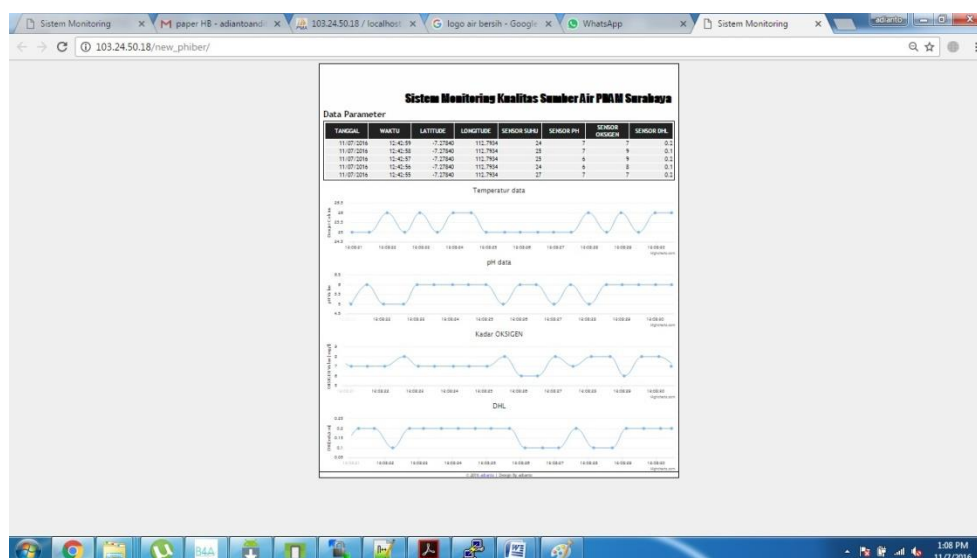
Modul Bluetooth serial digunakan untuk menyediakan komunikasi antara perangkat sensor dan smartphone Android. Banyak *smartphone* saat ini memiliki kemampuan untuk berkomunikasi menggunakan Bluetooth. Modul Bluetooth juga dapat dengan mudah digunakan dengan Arduino untuk komunikasi serial nirkabel. Modul ini memiliki dua mode, yaitu: perangkat *master* dan *slave* yang dikonfigurasi untuk beroperasi dalam modus master.

Perangkat jaringan yang akan dipakai pada penelitian ini meliputi modem untuk menerima data dari WAN/INTERNET, dalam hal ini akan melalui jalur VPN. Untuk mendesain jalur VPN sendiri memerlukan perangkat Router. Perangkat Router ini memiliki fungsi membuat jalur khusus dengan *smartphone* yang melewati jaringan internet. Jalur khusus yang dibentuk ini memiliki fungsi seperti pipa. Sehingga data yang dikirimkan dari perangkat *smartphone* android akan cepat dan aman. Dari router ini data akan disimpan dalam *datacenter*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini peneliti telah menyelesaikan pembuatan sistem monitoring parameter kualitas sumber daya air PDAM. Bagian dari sistem yang akan dibangun yaitu :

- a. Pembuatan datacenter yang digunakan untuk *log record* dari Sistem Monitoring Kualitas Kolam Ikan Gurami yang pekerjaannya meliputi:
 - Instalasi Server dengan menggunakan Linux Ubuntu Server 14.04
 - Pengaturan net / jaringan pada *network interface*
 - Instalasi dan pengaturan web server dengan menggunakan perangkat lunak Nginx
 - Instalasi dan pengaturan database server dengan menggunakan perangkat lunak MySQL
 - Instalasi dan pengaturan *phpmyadmin* yang digunakan sebagai panel pengaturan database MySQL
 - Instalasi dan pembuatan perangkat lunak yang dipakai sebagai aplikasi server dengan menggunakan Node Js
 - Instalasi dan pembuatan perangkat lunak yang dipakai sebagai interface secara online dan dapat diakses dari berbagai tempat dengan menggunakan jaringan internet dengan menggunakan perangkat lunak pengembang berupa PHP, HTML, JQuery AJAX
 - Alamat datacenter yang dapat diakses ada di http://103.24.50.18/new_phiber/



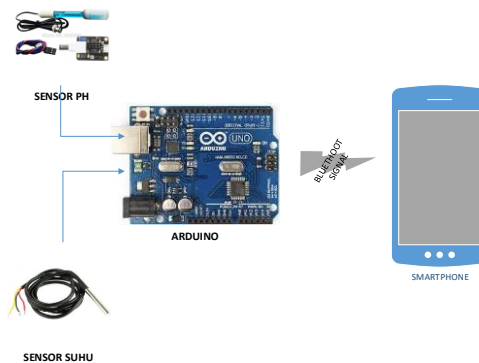
Gambar 4. Sistem Kualitas Sumber Daya Air PDAM

- b. Peneliti telah membuat perangkat lunak dalam smartphone android yang berperan sebagai interface monitor internal dan perangkat yang mengirimkan data parameter kualitas air kedalam datacenter.



Gambar 5. Aplikasi Android Sistem Kualitas Sumber Daya Air PDAM

Dalam aplikasi yang ditanam pada perangkat smartphone android juga terdapat aplikasi untuk *log record* atau pencatatan data parameter sensor jika ada kegagalan pengiriman data melalui jaringan *wireless* dalam hal ini menggunakan jaringan data LTE. Data parameter kualitas air didapatkan dari unit sensor yang masuk dan diproses pada Mikrokontroler Arduino. Data ini kemudian diatur sedemikian rupa untuk selanjutnya dikirim ke smartphone android dengan bentuk serial data melalui modul bluetooth. Pengiriman data ke smartphone dari mikrokontroler secara otomatis dilakukan jika ada *pairing* modul Bluetooth. Proses ini dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Aliran Komunikasi DataUnit Sensor dengan Smartphone Android

Di dalam smartphone, data sensor yang telah diperoleh melalui serial komunikasi akan ditambahkan hari dan waktu penyimpanan data. Data ini selanjutnya melalui protokol UDP akan dikirimkan ke datacenter dengan balasan bahwa data telah diterima dengan benar. Pada penelitian ini digunakan protocol UDP yang bersifat *connectionless*. Pada penelitian sebelumnya digunakan *connection oriented communication*, namun operator seluler yang ada tidak mengizinkan pengiriman data dengan menggunakan jenis ini. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan jenis *connectionless communication* yang di modifikasi dengan pemberian notifikasi setelah data sampai pada datacenter.

Data dari smartphone saat dikirimkan ke datacenter akan ditangani oleh aplikasi server yang berfungsi sebagai pemisah data untuk dimasukan kedalam database. Proses memisah dan memasukkan data ini dengan menggunakan Node Js. Node Js adalah program varian untuk pengembangan program javascript. Data yang diterima di server yaitu data tanggal,waktu,posisi, suhu, pH, kadar oksigen terlarut dan konduktivitas listrik yang selanjutnya data ini dimasukan dalam MySql. Pada saat yang sama, data juga ditampilkan pada web secara *realtime*, seperti terlihat pada Gambar 4.

4. KESIMPULAN

Dari tahap kegiatan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Ubiquitous mobile sensing yang digunakan untuk memonitor kualitas sumber daya air PDAM telah terbukti bekerja dengan baik.

2. Program database server MySQL terbukti efektif digunakan dalam proses penyimpanan data dari smartphone android ke datacenter.
3. Proses penyimpanan data melalui jaringan wireless dengan jalur data LTE juga harus mempertimbangkan datacenter yang digunakan karena berkaitan dengan regulasi tiap operator yang membolehkan komunikasi data wireless berbasis socket dengan protokol TCP/IP

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) DIKTI yang telah memberikan pendanaan dalam pelaksanaan program penelitian Hibah Bersaing Tahun 2016, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya sebagai institusi yang telah banyak memberikan dukungan sarana dan prasarana demi terselesaikannya penelitian dan PDAM yang telah memberikan dukungan dan kerjasama yang baik dalam kegiatan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Setiawan, M. Ikhsan, Study Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Surabaya Tahun Proyeksi (2015)
- Herera, A. (2013). Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Surabaya Dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw. Universitas Brawijaya.
- Kusumawardani, D. 2010. Valuasi Ekonomi Air Bersih di Surabaya. Universitas Gajah Mada.
- Fatnasari, H. dan Joni H. 2010. Strategi Pengelolaan Air Limbah Permukiman di Bantaran Kali Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI*. 6 Pebruari .2010. D-5-1.
- Chaamwe, N., Liu, W. and Jiang, H. (2010) Wireless Sensor Networks in the Context of Zambia: A Developing Country. 2010 *Second International Conference on Information Technology and Computer Science (ITCS)*, Kiev, 24-25 July 2010, 474-478. <http://dx.doi.org/10.1109/ITCS.2010.122>
- Zennaro, M., Floros, A., Dogan, G., Sun, T., Cao, Z., Huang, C., Bahader, M., Ntareme, H. and Bagula, A. (2009) On the Design of a Water Quality Wireless Sensor Network (WQWSN): An Application to Water Quality Monitoring in Malawi. 2009 *International Conference on Parallel Processing Workshops*, Vienna, 22-25 September 2009, 330-336. <http://dx.doi.org/10.1109/ICPPW.2009.57>
- Kumar, R.K., Mohan, M.C., Vengateshapandiyar, S., Kumar, M.M. and Eswaran, R. (2014) Solar Based Advanced Water Quality Monitoring System Using Wireless Sensor Network. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, 3, 385-389.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pelapisan Alumina pada Stainless Steel dengan Teknik *Electrophoretic Deposition*: Pengaruh Rapat Arus

Wiwik Dwi Pratiwi^{1*} dan Ratna Budiawati²

¹Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS, Surabaya 60111

*wdwipratiwi@yahoo.com

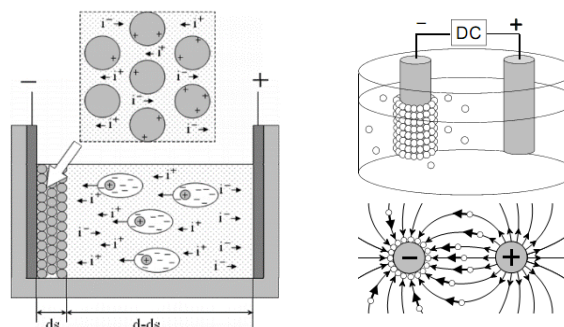
Abstrak

Electrophoretic Deposition (EPD) adalah suatu teknik yang digunakan untuk membuat benda atau melapisi benda lain. Parameter yang berpengaruh terhadap hasil EPD terdiri atas dua bagian yaitu suspensi dan sistem kelistrikan. Teknik EPD dikembangkan untuk membuat laminat, lapisan tipis dan coating, *functionally graded materials (FGMs)*, dan keramik bertekstur. Bidang aplikasi EPD relatif luas, di antaranya lapisan untuk ketahanan temperatur tinggi, pembuatan penyangga katalis, sensor, sel surya, sel bahan bakar, dan material untuk implantasi. Studi ini menginvestigasi EPD untuk pelapisan alumina pada stainless steel. Teknik ini relatif mudah diaplikasikan. Penelitian diawali dengan sintesis aluminum hidroksida dari aluminum sulfat dan urea. Partikel hasil sintesis kemudian digunakan untuk membuat suspensi untuk EPD. Karakterisasi sistem suspensi meliputi pengukuran diameter partikel dengan teknik *Dynamic Light Scattering (DLS)*, identifikasi mineral dengan *X ray Diffraction (XRD)*, serta pengukuran zeta potensial dan konduktivitas suspensi dengan instrumen Malvern. Pemrosesan dengan EPD dilakukan pada elektroda seluas $6,25\text{cm}^2$, jarak 2 cm dengan variasi rapat arus dari $0,02$ hingga $2,61\text{ mA/cm}^2$ selama 3 menit. Setelah dilakukan pelapisan, sampel disinter pada temperatur 1100°C selama 2 jam. Selanjutnya sampel diamati dengan *scanning electron microscope*. Berdasarkan pengamatan, lapisan yang paling rapat dihasilkan dari proses EPD dengan rapat arus $0,7\text{ mA/cm}^2$. Rapat arus merupakan parameter proses EPD yang sangat berpengaruh terhadap hasil. Rapat arus yang terlalu rendah tidak mampu membentuk lapisan, sedangkan rapat arus yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan tidak melekat erat dan rapuh.

Kata kunci: *electrophoretic deposition, zeta potential, alumina, coating*

1. PENDAHULUAN

Teknik *Electrophoretic deposition (EPD)* merupakan teknik pemrosesan material yang berprinsip pada pengendapan partikel bermuatan yang terdispersi dalam sistem suspensi karena pengaruh medan listrik. Teknik EPD mendapat perhatian dari kalangan akademisi maupun industri karena selain bisa diterapkan pada berbagai material juga relatif ekonomis dengan peralatan yang tidak rumit (Besra, 2007). EPD terdiri atas dua tahap: partikel-partikel koloid bermuatan dipaksa untuk bergerak menuju elektroda dengan memberikan medan listrik dan (ii) partikel-partikel mengendap pada elektroda kerja membentuk lapisan yang padat. Proses ini diikuti dengan pengeringan dan densifikasi dengan sintering (Abdoli, 2010).



Gambar 1. Ilustrasi proses EPD: Migrasi dan pengendapan ion-ion dalam suspensi (Sakka, 2010)

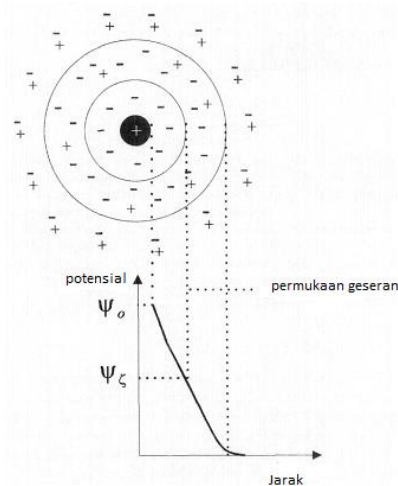
Gambar 1 menunjukkan skema migrasi dan pengendapan partikel-partikel dalam suspensi dalam pengaruh medan listrik. Partikel-partikel yang mempunyai lapisan ganda mengalami migrasi dalam medium. Ketika partikel-partikel tersebut mencapai substrat, maka secara berangsur-angsur kehilangan lapisan ganda, kemudian menggumpal dan mengendap pada substrat. Selama proses itu, partikel-partikel terdorong ke substrat karena terdapat efek medan listrik. Karena gaya kohesi semakin lemah jika potensial tolak-menolak tidak diturunkan

secara signifikan, maka hanya endapan segar dengan densitas yang relatif rendah saja yang bisa dihasilkan atau partikel-partikel akan tergelincir dari substrat ketika kontak listrik ditiadakan (Sakka, 2010).

EPD bisa dilakukan untuk semua partikel halus yang terdispersi dalam sistem suspensi, meliputi oksida, karbida, nitrida, logam, dan polimer (Novak, 2009). Beberapa contoh aplikasi EPD yang telah diteliti adalah pelapisan TiO_2 untuk reflektor sel surya (Bills, 2015), pelapis *graphene oxide* (GO) pada permukaan serat gelas untuk meningkatkan kekuatan antar muka serat gelas-epoksi (Mahmood, 2016), EPD untuk pertumbuhan nanorods (dikombinasikan dengan proses sol-gel) oksida logam tunggal-misalnya TiO_2 dan oksida kompleks-misalnya BaTiO_3 , $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ (Limmer, 2003), pelapisan *reduced graphene oxide* (RGO) *nanosheet* pada *nanotube arrays* TiO_2 untuk *dye-sensitized solar cells* (Luan, 2013), pelapisan nano ZnO sebagai material semikonduktor (Verde, 2012), pelapisan galium untuk aplikasi dalam bidang *microelectronics*, sel surya, dan *flexible liquid metal microelectrodes* (Zhang, 2015), pelapisan dengan bahan keramik (Boccaccini, 2010; Novak, 2009), pelapisan bio-keramik (Singh, 2006), pelapisan dengan bahan komposit (Zhang, 1994), dan aplikasi lain yang melibatkan material nano dan *nano engineering* (Besra, 2007). Contoh-contoh tersebut memberikan gambaran bahwa EPD merupakan teknik yang memiliki bidang aplikasi relatif luas.

Menurut Sakka (2010), kesulitan dalam proses EPD diklasifikasikan menjadi 4 kategori: partikel-partikel tidak mengendap; lapisan tidak bertambah tebal; kualitas lapisan buruk; dan lapisan mengalami retakan. Hal-hal tersebut kebanyakan disebabkan karena terjadi masalah dalam metode yang digunakan untuk menyiapkan suspensi.

Sebuah partikel bermuatan di dalam suspensi dikelilingi oleh ion-ion yang memiliki muatan berlawanan dengan konsentrasi yang lebih besar daripada konsentrasi ion tersebut dalam larutan secara keseluruhan. Kondisi ini disebut lapisan ganda (*double layer*) sebagaimana tergambar pada Gambar 2. Jika suatu medan listrik diberikan, ion-ion dan partikel akan bergerak dengan arah berlawanan. Akan tetapi, ion-ion tersebut juga tertarik oleh partikel, dan sebagai hasilnya, sebagian ion-ion yang mengelilingi partikel tidak akan bergerak ke arah yang berlawanan tetapi bergerak bersama-sama dengan partikel. Berdasarkan hal ini, maka kecepatan gerak partikel tidak ditentukan oleh muatan permukaan tetapi oleh muatan netto partikel yang diselubungi cairan, yang bergerak bersama-sama dengan partikel. Potensial di permukaan geseran (*surface of the shear*) disebut sebagai potensial zeta atau potensial elektrokinetik. Pada dasarnya, partikel dengan muatan negatif bisa menunjukkan potensial zeta positif. Hal ini terjadi misalnya ketika muatan dari ion-ion yang terjepit lebih besar dari pada muatan permukaan (Van der Biest, 1999).



Gambar 2. Skema lapisan ganda yang menyelimuti partikel bermuatan dan membebaskan potensial listrik dari potensial permukaan, ψ_0 , menjadi nol pada letak yang jauh dari partikel (Van der Biest, 1999).

Potensial pada permukaan geseran, batas antara cairan yang bergerak bersama-sama dengan partikel dengan cairan yang tidak bergerak bersama partikel disebut potensial zeta, ψ_ζ , dan ini merupakan parameter utama untuk menentukan perilaku elektrokinetika dari sebuah partikel (Van der Biest, 1999).

Kecepatan gerakan partikel ditentukan oleh 4 gaya yang bekerja pada partikel. Yang pertama adalah interaksi muatan permukaan dengan medan listrik. Gaya ini memberikan efek meningkatkan kecepatan. Tiga gaya yang lain memberikan efek memperlambat kecepatan gerakan, yaitu hambatan dari kekentalan cairan sesuai hukum Stoke, gaya yang terjadi karena medan listrik terhadap counter-ion pada lapisan ganda, dan, ketika partikel bergerak, distorsi lapisan ganda yang disebabkan oleh pergeseran antara pusat muatan positif dan pusat muatan negatif. EPD bisa diaplikasikan pada semua padatan yang tersedia dalam bentuk serbuk halus ($< 30 \mu\text{m}$) atau suspensi koloid. Bahan yang bisa diendapkan dengan teknik elektroforesis sangat beragam, mulai dari logam,

polimer, karbida, oksida, nitride, dan gelas. Aplikasi EPD meliputi proses pelapisan permukaan (coating), untuk membentuk benda, laminasi dan meningkatkan mutu suatu obyek, dan infiltrasi pada bahan berpori dan serat anyaman untuk produksi komposit (Van der Biest, 1999).

Suspensi yang digunakan pada teknik lain, misalnya slip casting, bisa digunakan sebagai langkah awal untuk menyiapkan suspensi untuk EPD. Perbedaan utamanya adalah suspensi dengan kadar padatan yang relatif rendah bisa digunakan untuk EPD, sementara untuk teknik lain diperlukan zat padat terlarut yang lebih tinggi. Kondisi ini menguntungkan karena viskositas yang rendah merupakan hal yang menguntungkan pada EPD. Sebagai contoh, hasil dengan kerapatan awal (sebelum sintering) 40-60% dihasilkan dari EPD dari suspensi 1-2% volume padatan. Kunci sukses dalam menyiapkan suspensi untuk EPD adalah menemukan pendekatan yang sistematis untuk membuat suspensi dengan partikel-partikel yang mempunyai potensial zeta relatif tinggi namun konduktivitas ion dalam suspensi relatif rendah. Suatu hal yang perlu tetapi tidak cukup untuk potensial zeta yang tinggi adalah muatan permukaan yang tinggi (Van der Biest, 1999).

Untuk kebanyakan oksida dalam lingkungan air, muatan hanya ditentukan oleh adsorpsi atau desorpsi proton. Terbentuknya muatan bisa dipandang sebagai reaksi kimia pada permukaan gugus-gugus, bisa asam, basa, atau amfoter. Nilai pH yang mana konsentrasi dari permukaan gugus memiliki muatan negatif dan positif sama, disebut sebagai titik muatan nol (point of zero charge, pzc) dan hal ini merupakan sifat gugus kimia pada permukaan serbuk. Konsep pzc berbeda dengan *isoelectric point* (iep), karena iep adalah pH yang mana suatu serbuk tidak akan bergerak ketika medan listrik diberikan pada suspensinya. Nilai pzc dan iep bisa berbeda ketika, sebagai contoh, ion-ion multi valensi yang menyerap khususnya pada permukaan, ditambahkan pada suspensi (Van der Biest, 1999).

Karena menggunakan suspensi dengan konsentrasi padatan yang lebih rendah, cara sederhana untuk mengubah pH hingga nilai yang jauh dari pzc biasanya digunakan asam kuat atau basa kuat agar dihasilkan suspensi yang stabil dalam air. Konsentrasi ion-ion harus dijaga rendah karena stabilitas turun jika konsentrasi ion naik, dan range pH harus diatur sehingga oksida tidak larut. Sebagai contoh, yttria dengan segera akan larut dalam larutan asam. Satu hal yang harus dicatat adalah penggunaan suspensi dalam air menimbulkan beberapa masalah dalam proses pembentukan dengan elektroforesis. Elektrolisis air bisa terjadi pada voltase yang relatif rendah (~5V), dan gas hidrogen yang dibebaskan pada elektroda tidak bisa dihindarkan terjadi pada medan berkekuatan tinggi agar waktu pengendapan relatif pendek. Jika elektroforesis digunakan untuk membentuk sebuah obyek, inklusi gelembung gas dalam endapan bisa dicegah dengan mengendapkannya dalam membrane berpori yang ditempatkan sebelum elektroda. Bagaimanapun, EPD dengan media air menghasilkan kerapatan arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan media non aqueous, yang mengakibatkan pemanasan Joule dan kadang kala menghilangkan kestabilan suspensi (Van der Biest, 1999).

Ferrari (1996) mengendapkan alumina pada grafit dengan variasi rapat arus. Partikel yang digunakan adalah α alumina dengan ukuran 0.5 μ m. Ditemukan, rapat arus yang optimum adalah 8 mA/cm² untuk waktu 10 menit. Novak (2009) melakukan EPD untuk pelapisan alumina pada elektroda stainless steel dan seng. Penelitian yang dilakukan membandingkan EPD suspensi alkohol dengan suspensi air. Partikel alumina komersial yang digunakan berukuran 0.7 μ m. Ditemukan, EPD dengan suspensi air menghasilkan endapan yang lebih padat dibandingkan dengan EPD yang menggunakan suspensi alkohol. Miskovic-Stankovic (2012) melakukan penelitian pelapisan dengan alumina dan boehmite untuk menentukan parameter pengendapan EPD yang optimum (voltase, waktu, temperatur, konsentrasi suspensi) untuk mengatur ketebalan dan morfologi lapisan. Dari penelitian tersebut ditemukan bahwa lapisan dengan ketebalan maksimum, porositas rendah dan adhesivitas yang bagus diperoleh pada EPD dengan voltase yang rendah dan waktu yang lama. Boehmite yang digunakan disintesis dari NH₄OH dengan AlCl₃·6H₂O pada 80 °C dengan pH 7-8.

Senyawa aluminum hidroksida juga bisa disintesis dengan mereaksikan aluminum sulfat atau tawas dan urea (Lukáč, 2006). Reaksi antara Al₂(SO₄)₂ berkonsentrasi 10g/L dengan 80 gram urea pada temperatur 98°C dihasilkan alpha boehmite- Al₂(OOH)₂ dengan luas permukaan 91.8 m²/g.

Penelitian ini terdiri atas dua tahap; yang pertama adalah sintesis aluminum hidroksida dari aluminum sulfat dan urea. Tahap selanjutnya adalah menggunakan aluminum hidroksida hasil sintesis sebagai bahan untuk pelapisan dengan teknik EPD pada substrat stainless steel. Meskipun pengaruh parameter sudah banyak dipelajari, namun penggunaan bahan yang berbeda sangat dimungkinkan memerlukan pengaturan parameter yang berbeda agar dihasilkan lapisan yang optimum.

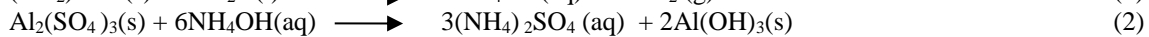
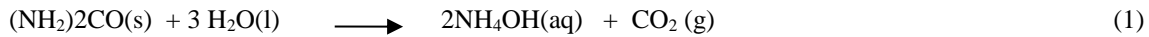
2. METODOLOGI

A. Sintesis aluminum hidroksida dan pembuatan suspensi

Aluminum hidroksida disintesis dari reaksi Al₂(SO₄)₃ (tawas) dengan CO(NH₂)₂ (urea) dengan pelarut aquadest. Konsentrasi Al₂(SO₄)₃ 10 g/L dan konsentrasi urea 80 g/L. Kadar ini dipilih berdasarkan hasil penelitian

Lukáč (2006). Campuran dipanaskan dalam wadah stainless sampai mendidih selama 2 jam, setelah itu, dibiarkan selama 8 jam, sehingga terbentuk endapan aluminum hidroksida.

Reaksi tawas, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$:



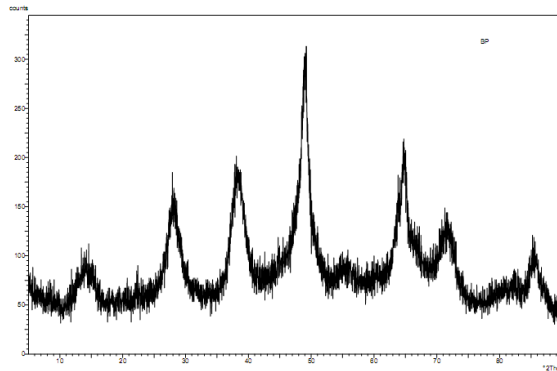
Endapan yang terjadi dipisahkan dengan penyaring dan dilakukan pencucian dengan aquadest sebanyak 5 kali. Endapan dikeringkan kemudian dilakukan pengukuran diameter partikel dengan teknik *Dynamic Light Scattering (DLS)*, identifikasi mineral dengan *X ray Diffraction (XRD)*. Partikel yang terbentuk dari hasil sintesis tersebut kemudian digunakan untuk membuat suspensi dalam air dengan konsentrasi padatan 5%. Untuk mengatur pH suspensi, ditambahkan HNO_3 . Terhadap suspensi dengan beberapa nilai pH dilakukan pengukuran potensial zeta dan konduktivitas dengan instrumen Malvern.

B. Pelaksanaan EPD dan karakteriasi hasil

Substrat yang dilapis adalah kupon stainless steel 304 (dirangkai sebagai katoda) tebal 3mm. Anoda digunakan dari material yang sama dengan katoda. Luas katoda dan anoda masing-masing $6,25\text{cm}^2$. Anoda dan katoda dengan jarak 2 cm dicelup dalam suspensi aluminum hidroksida dalam air dengan konsentrasi 5%. Katoda dihubungkan dengan kutub negatif sumber arus DC, sedangkan anoda terhubung dengan kutub positif. EPD dilaksanakan dengan variasi arus listrik DC yang dinyatakan dengan rapat arus dengan rentang 0.02 sampai $2.61\text{mA}/\text{cm}^2$. Waktu pelapisan dibuat konstan selama 3 menit. Arus dan voltase diukur dengan AVO meter. Lapisan yang terbentuk pada katoda dibiarkan mengering pada temperatur lingkungan selama 24 jam kemudian diamati secara visual. Sampel dengan lapisan yang melekat dengan baik kemudian disinter pada suhu 1100°C selama 2 jam. Lapisan sebelum dan sesudah sinter diamati menggunakan *scanning electron microscope (SEM)*.

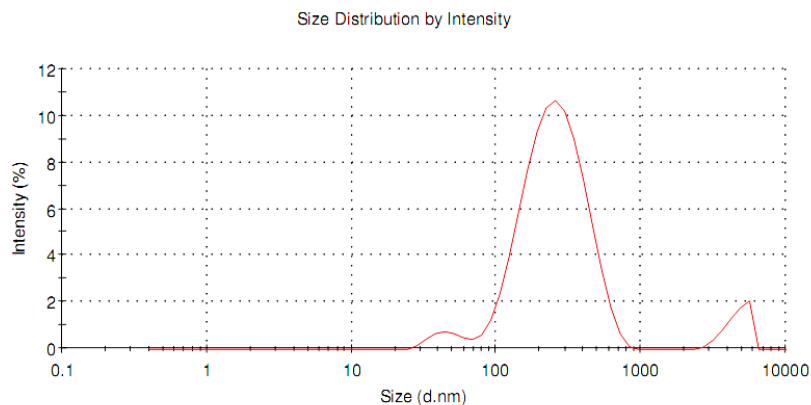
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Endapan yang dihasilkan dari reaksi (2) dikeringkan dan dilakukan uji XRD. Gambar 2 menunjukkan pola XRD. Identifikasi mineral dari pola XRD tersebut dengan metode Match menunjukkan bahwa senyawa yang dihasilkan adalah boehmite dengan formula $\text{AlO}(\text{OH})$. Boehmite merupakan salah satu bentuk aluminum hidroksida.



Gambar 2. Pola XRD partikel hasil sintesis

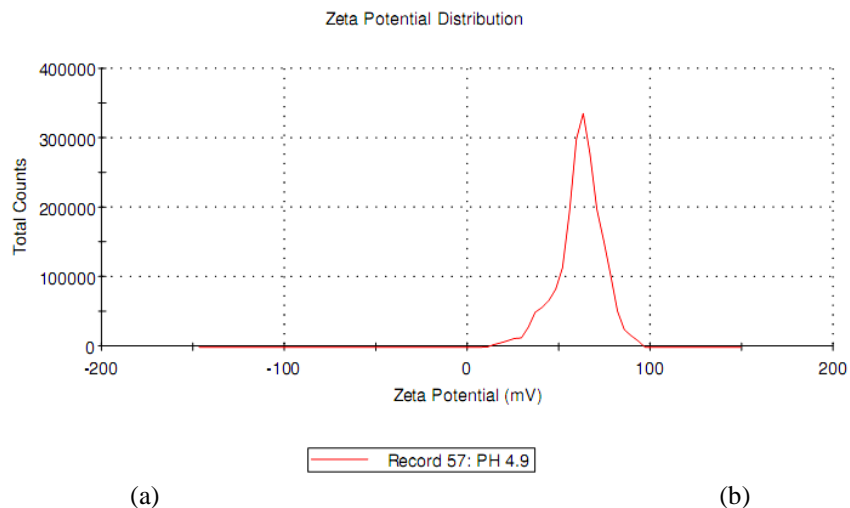
Untuk mengetahui ukuran partikel, dilakukan pengukuran dengan metode *Dynamic Light Scattering (DLS)* menggunakan alat Zetasizer dari Malvern Instrument Ltd. Hasilnya tertera pada Gambar 3..



Gambar 3. Distribusi ukuran partikel

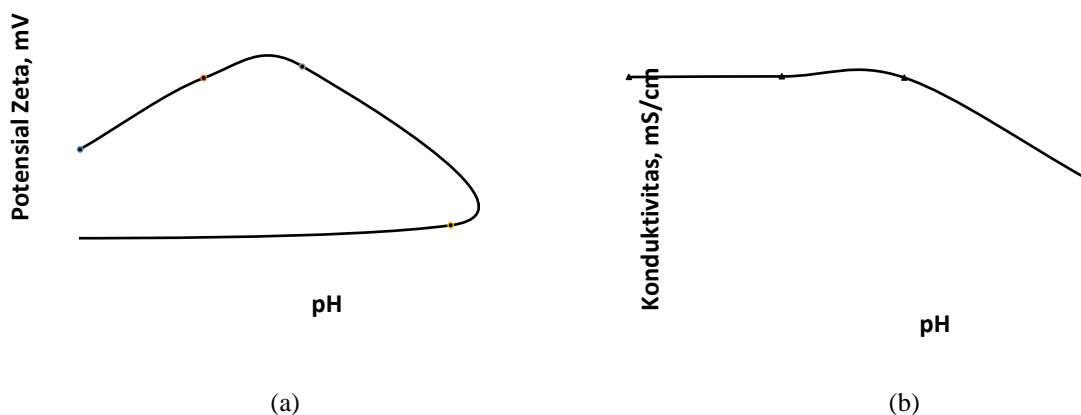
Berdasarkan hasil pengukuran dengan teknik tersebut, diperoleh ukuran partikel rerata sebesar 230.8nm. Hasil ini memenuhi syarat untuk EPD yaitu kurang dari 30 μ m. Walaupun demikian, partikel yang dihasilkan ini belum memenuhi syarat untuk kategori material nano (<100nm), sehingga masih perlu dilakukan sintesis dengan konsentrasi yang berbeda atau prekursor yang berbeda.

Suspensi untuk EPD dibuat dengan mendispersikan serbuk boehmite dalam aquadest dengan konsentrasi 5%. Untuk mengatur pH, ditambahkan HNO₃. Potensial zeta dan konduktivitas suspensi diukur dengan alat Malvern. Contoh grafik hasil pengukuran potensial zeta suspensi 5% boehmite tertera pada Gambar 4.



(a) (b)
Gambar 4. Grafik pengukuran potensial zeta suspensi 5% boehmite pada pH 4.9 ;

Grafik hubungan antara pH suspensi dengan potensial zeta dan dengan konduktivitas suspensi tertera pada Gambar 5 di bawah ini.



(a) (b)
Gambar 5. Hubungan antara pH suspensi dengan nilai potensial zeta (a) dan konduktivitas suspensi (b)

Proses EPD berlangsung efektif jika konduktivitas suspensi relatif rendah dan zeta potensial tinggi. Semakin kecil nilai pH berarti semakin banyak ion H⁺ bebas yang berpengaruh menaikkan nilai konduktivitas. Berdasarkan hasil pengukuran potensial zeta untuk suspensi 5% padatan yang ditunjukkan pada Gambar 5 (a), maka suspensi bersifat stabil yaitu memiliki potensial zeta >30mV jika pH 4.9 atau lebih rendah. Kestabilan tertinggi terdapat pada suspensi dengan pH 4.9 dengan nilai potensial zeta 61.1 mV. Semakin rendah nilai pH, berarti semakin banyak ion H⁺ yang bebas sehingga nilai konduktivitas semakin tinggi. Pada Gambar 5(b) tampak bahwa pada pH 4.9 atau lebih rendah, konduktivitas suspensi tidak mengalami perubahan yang besar, namun pada pH 5.5, konduktivitas mengalami penurunan relatif besar. Berdasarkan hasil pengujian potensial zeta dan konduktivitas ini, maka penelitian ini memilih suspensi dengan pH 4,9 untuk digunakan dalam proses EPD.

Proses EPD dilakukan dengan variasi arus dengan luasan yang dilapisi sebesar 6.25 cm² sehingga rapat arus bisa dihitung. Pengamatan visual lapisan hasil EPD untuk 10 variasi rapat arus tertera dalam Tabel 1.

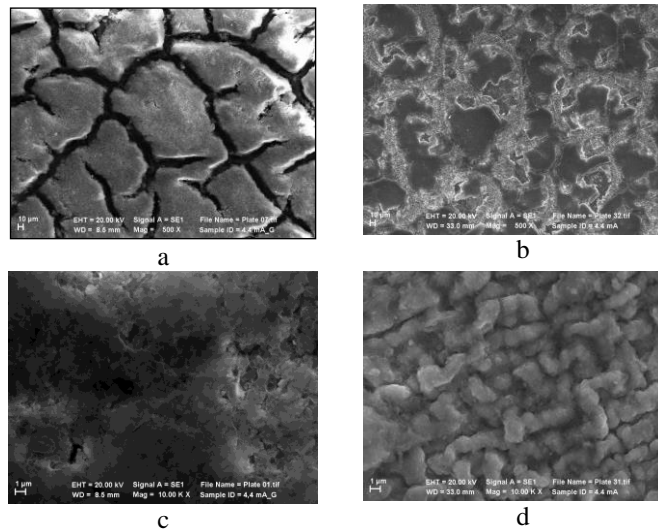
Tabel 1. Pengamatan visual lapisan boehmite pada stainless steel dengan proses EPD dengan suspensi 5% boehmite pada pH 4.9 dalam waktu 3 menit

Sampel	Arus, mA	Rapat Arus, mA/cm ²	Hasil
1.	0.15	0.02	Tidak terbentuk lapisan
2.	1.32	0.21	Tidak terbentuk lapisan
3.	2.50	0.40	Lapisan relatif baik
4.	3.40	0.54	Lapisan relatif baik
5.	4.40	0.70	Lapisan relatif baik
6.	4.63	0.74	Relatif baik namun ada gelembung di tempat kontak
7.	5.74	0.92	Retakan halus, ada gelembung di tempat kontak
8.	7.30	1.17	Banyak gelembung, tidak melekat
9.	12.9	2.06	Banyak gelembung, tidak melekat
10.	16.3	2.61	Tidak melekat, sangat rapuh

Dari hasil pengamatan visual tampak bahwa proses EPD sangat dipengaruhi oleh rapat arus yang diaplikasikan. Pada rapat arus yang rendah, partikel-partikel tidak memiliki cukup energi untuk terdorong bergerak menuju katoda. Kenaikan rapat arus berarti menaikkan risiko terbentuknya gelembung gas hydrogen sesuai reaksi:

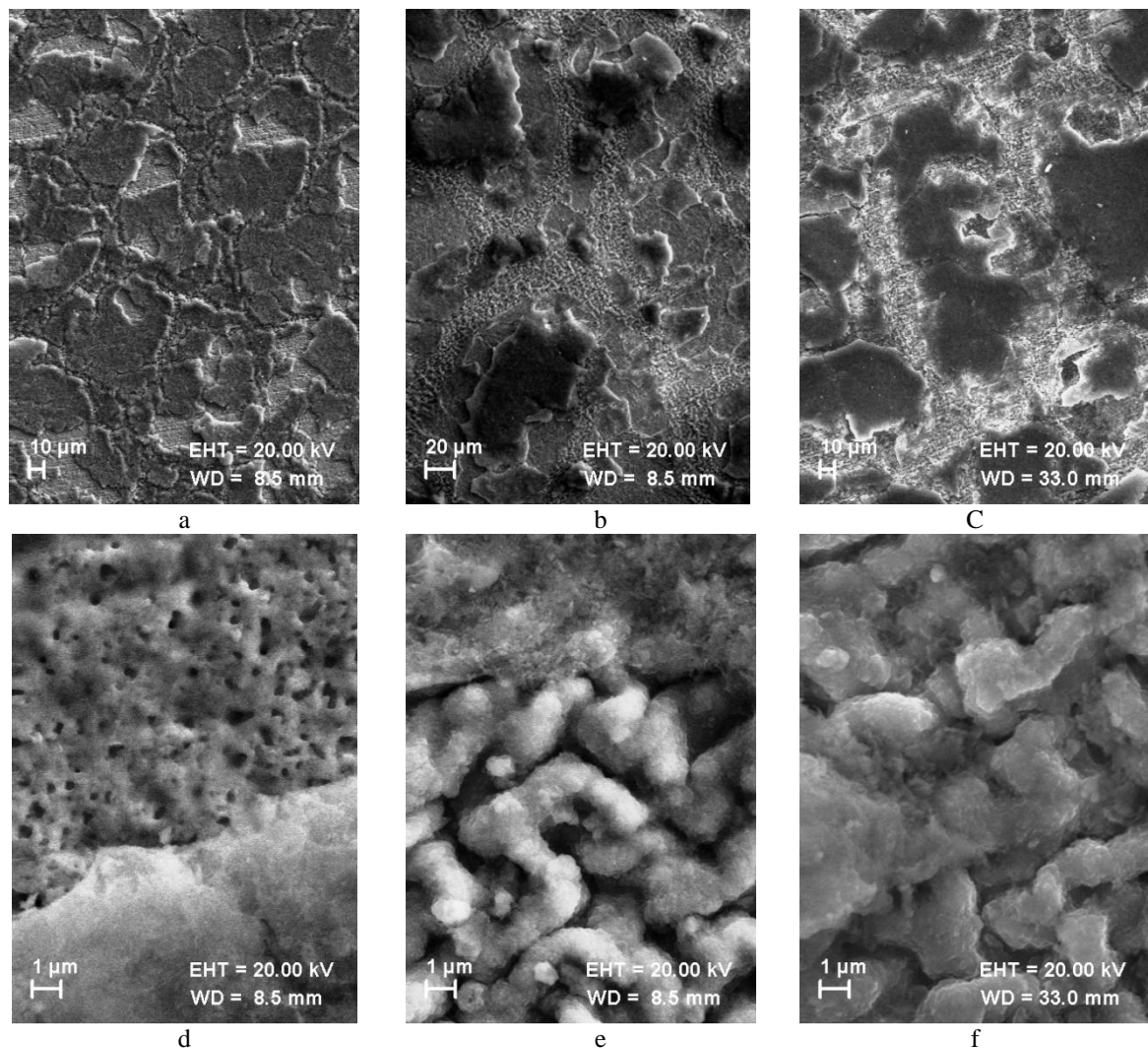


Sebagai akibatnya, pada rapat arus yang relatif tinggi lapisan tidak menempel dengan erat karena terhalang oleh gas H₂ di permukaan logam. Selanjutnya sampel 3,4, dan 5 yang memiliki lapisan relatif baik disinter pada temperatur 1100°C selama 2 jam. Morfologi permukaan lapisan diamati dengan *scanning electron microscope* (SEM). Perbandingan morfologi sebelum sinter dan sesudah sinter ditunjukkan pada Gambar 6, sedangkan pengaruh rapat arus terhadap morfologi lapisan tertera pada Gambar 7.



Gambar 6. Pengamatan dengan SEM untuk lapisan pada rapat arus 0.7mA/cm² sebelum sinter (a dan c) dan sesudah sinter (b dan d)

Gambar 6.a menunjukkan morfologi sebelum sinter dengan perbesaran relatif rendah. Jika dibandingkan dengan Gambar 6.b yang menunjukkan lapisan sesudah sinter dengan pembesaran yang sama, tampak bahwa proses sinter mengubah morfologi yang awalnya tidak kontinu menjadi lapisan yang rapat. Jika diamati dengan pembesaran yang lebih tinggi, lapisan sebelum sinter (Gambar 6.c) endapan yang terbentuk memiliki struktur gel yang tidak teratur, sedangkan lapisan sesudah sinter memiliki struktur yang teratur (Gambar 6.d).



Gambar 7. Morfologi permukaan lapisan setelah disinter dengan temperatur 1100°C selama 2 jam pada rapat arus: (a dan d) 0.4 mA/cm²; (b dan e) 0.54 mA/cm²; (c dan f) 0.7 mA/cm²

Pada Gambar 7, tampak bahwa perbedaan rapat arus menghasilkan lapisan yang mempunyai morfologi yang berbeda. Sampel yang disinter dan diamati dengan SEM adalah sampel yang terpilih secara visual memiliki lapisan yang melekat dengan baik. Pada rapat arus 0.4mA/cm², sebagaimana tampak pada Gambar 7(a), terbentuk lapisan kurang kontinyu. Lapisan yang dihasilkan dari proses EPD dengan rapat arus yang lebih tinggi tampak lebih menyatu, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 7(b) untuk rapat arus 0.54mA/cm² dan Gambar 7(c) untuk rapat arus 0.7mA/cm². Pengamatan dengan pembesaran yang lebih tinggi menunjukkan bahwa lapisan yang terbentuk dari proses EPD dengan rapat arus 0.4mA/cm² memiliki pori-pori relatif kecil seperti tampak pada Gambar 7(d). Pada rapat arus 0.54mA/cm² tampak rongga-rongga atau pori-pori yang lebih besar (Gambar 7e). Jika rapat arus ditingkatkan menjadi 0.7A/cm² terbentuk lapisan lebih rapat, ditunjukkan oleh Gambar 7(f).

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses EPD untuk pelapisan alumina dari suspensi boehmite berkonsentrasi 5% dalam air memiliki sifat yang sangat peka terhadap rapat arus yang digunakan. Rapat arus yang terlalu kecil menyebabkan tidak terbentuk lapisan di permukaan substrat atau terbentuk lapisan namun kurang kontinyu, sedangkan jika rapat arus terlalu besar, gelembung-gelembung gas hidrogen yang terbentuk dari elektrolisis air menjadi pengganggu yang menyebabkan lapisan tidak melekat. Rapat arus optimum yang ditemukan dalam penelitian ini adalah 0.7 mA/cm².

Fenomena terbentuknya gas hidrogen ini terjadi apabila dilakukan EPD dengan suspensi dengan pelarut air. Jika dibuat suspensi dengan pelarut bahan organik misalnya etanol, maka pembentukan gas hidrogen bisa dihindari. Namun demikian, penggunaan pelarut air merupakan pilihan yang lebih aman, ramah lingkungan dan ekonomis.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Partikel boehmite dengan ukuran yang memenuhi syarat untuk EPD bisa dihasilkan dengan mereaksikan aluminium sulfat dengan urea dalam keadaan mendidih selama 2 jam.
- Untuk menghasilkan partikel boehmite berukuran nano, perlu dilakukan sintesis dengan konsentrasi pereaktan yang berbeda atau jenis prekursor yang berbeda.
- Rapat arus merupakan parameter yang sangat sensitif dalam proses EPD. Penentuan rapat arus optimum merupakan langkah krusial untuk menjamin keberhasilan proses EPD.
- Terbentuknya gas hidrogen dalam EPD dengan suspensi berpelarut air tidak bisa dihindari, namun bisa diminimalkan dengan mengatur rapat arus agar tidak terlalu besar namun cukup memberikan energi untuk mendorong partikel bermuatan bergerak dan menempel erat di katoda.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh DIPA Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur PPNS, Kepala P3M PPNS dan Kepala Laboratorium Kimia PPNS beserta laboran yang membantu terlaksananya penelitian ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Kepala Lab Fisika PPNS yang meminjamkan alat (power supply, AVO meter) untuk pelaksanaan penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdoli, H. et al., 2011. Fabrication of Aluminum Nitride Coatings by Electrodeposition: Effect of Particle Size on Deposition and Drying Behavior. *Ceramic International* 37, pp. 313-319.
- Besra, L. & Liu, M., 2007. A review on fundamentals and applications of electrophoretic deposition (EPD). *Progress in Materials Science*, 52(1), pp.1–61.
- Bills, B. et al., 2015. Electrophoretic deposited TiO₂ pigment-based back reflectors for thin film solar cells. *Optics Express*, 23(3), pp.A71–A82
- Ferrari, B. & Moreno, R.1997. Electrophoretic deposition of aqueous alumina slips. *Journal of the European Ceramic Society*, 17(4), pp.549–556.
- Limmer, S. j. & Cao, G., 2003. Sol–gel electrophoretic deposition for the growth of oxide nanorods. *Advanced Materials*, 15(5), pp.427–431.
- Luan, X. et al., 2013. Electrophoretic deposition of reduced graphene oxide nanosheets on TiO₂ nanotube arrays for dye-sensitized solar cells. *Electrochimica Acta*, 111, pp.216–222
- Lukáč, J. et al., 2006. Hydrous Aluminium-Oxides Prepared By Homogeneous Precipitation From Aluminium (III) Sulphate With Urea. *Ceramics – Silikáty*, 50(III), pp.22–26.
- Mahmood, H. et al., 2016. Enhancement of interfacial adhesion in glass fiber/epoxy composites by electrophoretic deposition of graphene oxide on glass fibers. *Composites Science and Technology*, 126, pp.149–157.
- Mišković-Stankovic, V., 2012. Electrophoretic deposition of alumina and boehmite coatings on metal surfaces. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 31(2), pp.183–193.
- Novak, S. & König, K., 2009. Fabrication of alumina parts by electrophoretic deposition from ethanol and aqueous suspensions. *Ceramics International*, 35(7), pp.2823–2829.
- Sakka, Yoshio and Tetsuo Uchikoshi, 2010. Forming and Microstructure Control of Ceramics by Electrophoretic Deposition (EPD). *KONA Powder and Particle Journal* No. 28. Hosokawa Powder Technology Foundation.
- Singh, C. Kaya, M. S. P. Shaffer, B. C. Thomas, A. R. Boccaccini, 2006. Bioactive ceramic coatings containing carbon nanotubes on metallic substrates by electrophoretic deposition, *Journal of Material Science* 41, 8144–8151.
- Van der Biest, Omer O, Vandeperre, Luc J., 1999. Electrophoretic Deposition of Material. *Annual Review of Material Science*. Proquest Agriculture Journal
- Verde, M. et al., 2012. Electrophoretic Deposition of Transparent ZnO Thin Films from Highly Stabilized Colloidal Suspensions, *Journal of Colloid and Interface Science*, 373(1), pp.27–33.
- Zhang, H. et al., 2015. Electrophoretic deposition of gallium with high deposition rate. *Micromachines*, 6(1), pp.32–41.
- Zhang, Y. Huang, Z. Jiang, 1994. Electrophoretic deposition forming of SiC-TZP composites in a nonaqueous sol media, *Journal of the American Ceramic Society*., 77 1946–1949.

Membangun Pariwisata Pantai Gili Labak Secara Berkelanjutan dengan *Knowledge Management System*

Yugowati Praharsi

Departemen Manajemen Bisnis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111
*yugowati@ppns.ac.id, watiyugo@gmail.com

Abstrak

Pariwisata Pantai Gili Labak di Madura mempunyai potensi yang sangat besar untuk dikembangkan. Pengembangan pembangunan wisatanya harus didesain secara berkelanjutan. Aspek dalam pembangunan berkelanjutan meliputi aspek lingkungan, aspek ekonomi, dan aspek sosial budaya. Untuk mendukung pembangunan secara berkelanjutan diperlukan suatu sistem yang dapat mengakomodasi permasalahan wilayah Gili Labak dengan tepat dan mengintegrasikannya dengan persepsi masyarakat. Salah satu sistem yang mendukung karakteristik ini adalah sistem manajemen pengetahuan atau *knowledge management system* (KMS). Didalam KMS, terdapat tahap mengevaluasi infrastruktur yang ada, membentuk tim KM, meng-*capture knowledge*, mendesain *blueprint* KMS, memverifikasi dan memvalidasi KMS, mengimplementasikan KMS, mengelola perubahan dan membangun kesadaran, dan mengevaluasi sistem akhir. Tahap-tahap tersebut membentuk satu siklus KMS. Dalam studi ini dibahas kajian pembangunan pariwisata Gili Labak yang berkelanjutan menggunakan tahap-tahap dalam siklus KMS. Hasil dari studi kajian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan/kebijakan dalam membangun dan mengelola pariwisata Gili Labak.

Kata kunci: Pariwisata, Pembangunan Berkelanjutan, *Knowledge Management System*, Gili Labak

1. PENDAHULUAN

Gili Labak adalah sebuah pulau kecil di ujung timur pulau Madura dan secara pemerintahan masuk kabupaten Sumenep, Madura. Pulau yang memiliki luas 5 hektar ini mempunyai potensi pariwisata yang sangat besar untuk dikembangkan. Pengembangan pembangunan wisatanya harus didesain secara berkelanjutan. Beberapa aspek yang mendukung untuk pembangunan berkelanjutan ini adalah aspek lingkungan, aspek ekonomi, dan aspek sosial.

Ditinjau dari aspek lingkungan, hal yang perlu dikaji adalah kondisi topografi dan penataan pemetaan pembangunan wisata serta menginventarisasi fasilitas pendukung kepariwisataan yang ada. Hal yang perlu diperhatikan pada aspek ekonomi yaitu jumlah kunjungan wisatawan lokal dan mancanegara dari tahun ke tahun dan bagaimana strategi mempromosikan area wisata ini sehingga jumlah pengunjung akan semakin meningkat setiap tahunnya. Sedangkan dari aspek sosial, hal yang perlu dikembangkan adalah membangun budaya masyarakat Sumenep dan Gili Labak khususnya yaitu memiliki jiwa atau karakter kepariwisataan dan memiliki *mindset*/pola pikir bahwa setiap wisatawan yang datang ke tempat mereka berarti meningkatkan kesejahteraan mereka.

Dalam mendukung pembangunan wisata Gili Labak melalui aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial, maka diperlukan suatu sistem yang dapat mengakomodasi permasalahan wilayah Gili Labak dengan tepat dan mengintegrasikannya dengan persepsi masyarakat. Salah satu sistem yang mendukung karakteristik ini adalah manajemen pengetahuan atau *knowledge management* (KM). Manajemen pengetahuan/KM dapat didefinisikan secara operasional dan secara strategis. KM secara operasional yaitu aktivitas organisasi yang berfokus pada usaha untuk memanfaatkan pengetahuan. Sedangkan KM secara strategis yaitu langkah untuk memantapkan usaha menjadi organisasi yang berbasis pengetahuan (Tjakraatmadja dkk, 2015). Pemerintahan daerah yang sudah berhasil menerapkan KM dalam pembangunannya yaitu Daerah Istimewa Aceh dan Kabupaten Bantaeng di Sulawesi Selatan (Mangkusubroto, 2015; Abdullah, 2015).

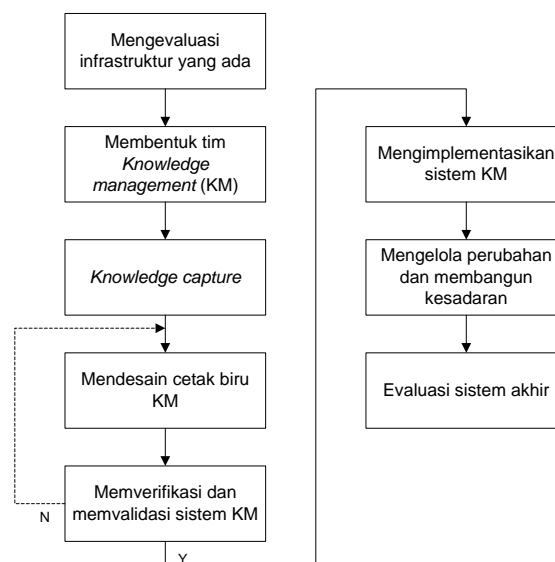
Siklus sistem manajemen pengetahuan/*knowledge management system* (KMS) mempunyai beberapa tahap, yaitu: tahap mengevaluasi infrastruktur yang ada, membentuk tim KM, meng-*capture knowledge*, mendesain *blueprint* KMS, memverifikasi dan memvalidasi KMS, mengimplementasikan KMS, mengelola perubahan dan membangun kesadaran, serta mengevaluasi sistem akhir. Dalam studi ini dibahas kajian pembangunan pariwisata Gili Labak yang berkelanjutan menggunakan tahap-tahap dalam siklus KMS. Hasil dari studi kajian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan/kebijakan dalam membangun dan mengelola pariwisata Gili Labak.

2. METODOLOGI

Secara sederhana, manajemen pengetahuan dapat diartikan sebagai manajemen dengan pengetahuan sebagai fokusnya. Manajemen pengetahuan juga dapat didefinisikan sebagai rangkuman dari peran dan tanggungjawab, proses, dan teknologi yang menjadi bagian dari tata kelola dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja dan pengambilan keputusan di masa mendatang. Sebagai strategi, manajemen pengetahuan diartikan sebagai strategi untuk mendapatkan orang yang tepat pada saat yang tepat dan membantu orang-orang berbagi dan membuat informasi menjadi tindakan yang berguna untuk meningkatkan kapabilitas organisasi (Milton, 2015).

Secara umum manajemen pengetahuan dapat didefinisikan sebagai suatu langkah-langkah sistematis dalam mengelola pengetahuan untuk menciptakan keunggulan dalam bersaing dan memaksimalkan nilai tambah serta inovasi. KM memfokuskan pada investasi pengembangan kompetensi dan pengetahuan para pekerjanya sehingga mereka dapat berinovasi (Tjakraatmadja dkk, 2015).

Sistem manajemen pengetahuan terdiri dari delapan tahap seperti ditunjukkan pada Gambar 1, yaitu: 1) tahap mengevaluasi infrastruktur yang ada, 2) membentuk tim manajemen pengetahuan, 3) *knowledge capture*, 4) mendesain cetak biru sistem manajemen pengetahuan, 5) memverifikasi dan memvalidasi sistem manajemen pengetahuan, 6) mengimplementasikan sistem manajemen pengetahuan, 7) mengelola perubahan dan membangun kesadaran, dan 8) mengevaluasi sistem akhir (Awad dan Ghaziri, 2004).



Gambar 1. Siklus hidup sistem manajemen pengetahuan

Dalam siklus hidup sistem manajemen pengetahuan, pengujian sistem KM dikembangkan dari permulaan siklus atau tahap 1. Siklus hidup sistem KM ditunjukkan dengan adanya kenaikan proses secara interaktif. Siklus ini dimulai secara lambat tetapi terus bertumbuh dan berorientasi pada hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dibahas masing-masing tahap siklus hidup sistem manajemen pengetahuan dan implementasinya dalam pengembangan pariwisata Gili Labak secara berkelanjutan.

A. Mengevaluasi infrastruktur yang ada

Ditinjau dari aspek lingkungan, infrastruktur yang perlu dievaluasi adalah menginventarisasi fasilitas pendukung kepariwisataan yang ada di Gili Labak, seperti: penginapan, rumah makan, air tawar, listrik, serta peralatan *snorkeling* dan *diving*. Ada tiga hal dalam tahap evaluasi infrastruktur, yaitu: a) sistem justifikasi; b) ruang lingkup, dan c) uji kelayakan.

Dalam sistem justifikasi, ada beberapa pertanyaan yang perlu dikaji antara lain: i) apakah sistem KM yang diusulkan dibutuhkan di beberapa tempat?, ii) apakah para pakar tersedia dan berkemauan untuk membantu membangun sistem KM?, dan iii) apakah permasalahan yang ada memerlukan pengalaman yang bertahun-tahun dan pengetahuan taksit untuk memecahkannya?.

Dalam bidang ruang lingkup, hal yang perlu dipertimbangkan antara lain: keluasan dan kedalaman proyek dalam segi keuangan, sumber daya manusia, dan kendala-kendala operasional. Proyek harus diselesaikan cukup cepat untuk melihat manfaatnya. Cek digunakan untuk melihat bagaimana teknologi terkini akan sesuai dengan persyaratan teknik pada sistem KM yang diusulkan.

Dalam bidang uji kelayakan, beberapa pertanyaan yang dapat digunakan untuk menguji yaitu: a) apakah proyeknya memungkinkan untuk dicapai, mampu, tepat, dan dapat diimplementasikan; b) bagaimana mengevaluasi biayanya atau kinerja KM yang diusulkan; c) bagaimana mengukur kriteria sistem dan biayanya; dan d) bagaimana mendapatkan dukungan pengguna pada seluruh proses (Awad dan Ghaziri, 2004).

B. Membentuk tim KM

Tahap ini adalah tahap mengidentifikasi pemangku kepentingan kunci dari sistem KM yang diusulkan. Dalam pembangunan pariwisata Gili Labak, pihak pemangku kepentingan adalah seperti: Bupati, jajaran Pemda, dinas pariwisata kabupaten Sumenep, dsb. Adapun beberapa aktor yang terlibat dalam tim KM ini adalah *top management* dan *middle management*, pekerja KM/*knowledge worker*, pengembang pengetahuan/*knowledge developer*, tim yang sukses menerapkan KM/*champion*, dan pengguna KM. Pada beberapa perusahaan seperti Pertamina, PT. Pembangkit Jawa Bali, Unilever, dan Bank BCA mempunyai departemen tersendiri untuk para pekerja KM (Knowledge Management Summit, 2015).

Pengembang pengetahuan/*knowledge developers* berhubungan dengan pengetahuan dari domain para pakar dimana pakar tersebut tahu tentang masalah dan solusinya. Pengembang pengetahuan mempunyai peran sentral dalam membangun tim karena menjadi arsitek sistem KM. Perannya antara lain memimpin jalannya proses *capture knowledge*, berhubungan dekat dengan tim yang sudah sukses menerapkan KM, serta memberi laporan kepada manajemen atas/*top management* untuk mendapatkan dukungan pada proses yang sedang berlangsung. Kesuksesan tim KM bergantung pada: a) kemampuan anggota tim, b) jumlah tim, c) kompleksitas proyek, d) kepemimpinan dan motivasi tim, serta d) tidak menjanjikan lebih dari kenyataan yang dapat diwujudkan (Awad dan Ghaziri, 2004).

C. Meng-capture knowledge

Capture knowledge adalah proses dimana pikiran dan pengalaman para pakar ditangkap/di-*capture*. Ada 2 jenis pengetahuan yang dapat di-*capture* yaitu pengetahuan eksplisit dan taksit. Pengetahuan eksplisit ditangkap/diperoleh dari repositori berbagai media. Pengetahuan taksit ditangkap/diperoleh dari beberapa pakar menggunakan berbagai metodologi. Pakar didefinisikan sebagai seseorang yang menguasai pengetahuan tertentu dan membuat kontribusi yang signifikan pada bidang minatnya.

Knowledge developer/pengembang pengetahuan memperoleh pengetahuan para pakar untuk membangun basisdata pengetahuan. Beberapa proses untuk meningkatkan *knowledge capture*: a) fokus pada bagaimana para pakar mendekati sebuah masalah, b) melihat masalah melebihi fakta-faktanya, c) mengevaluasi kembali bagaimana domain masalah dipahami dengan baik, dan d) bagaimana keakuratan masalah dimodelkan. Pakar yang dilibatkan dapat tunggal atau beberapa pakar.

Beberapa cara untuk meng-*capture* pengetahuan yaitu dengan wawancara baik terstruktur, semi-terstruktur, atau tidak terstruktur. Cara lain yaitu observasi ditempat, curah gagasan/*brainstorming*, *electronic brainstorming* menggunakan bantuan komputer, analisis protocol/scenario, pengambilan keputusan berdasarkan konsensus, Nominal group technique (NGT), metode Delphi, *the repertory grid*, pemetaan konsep, dan *blackboardings* (Awad dan Ghaziri, 2004).

Pada pembangunan daerah kabupaten Bantaeng di Sulawesi Selatan, proses meng-*capture knowledge* yang sudah diimplementasikan adalah dengan wawancara dan *brainstorming* antara pemimpin daerah dengan masyarakat secara langsung, melalui kunjungan ke desa-desa dan wilayah terpencil maupun dengan membangun jadwal rutin untuk bertemu langsung dengan masyarakat di rumah dinas pimpinan daerah. Lebih lanjut, Pemda kabupaten Bantaeng membangun jaringan dan kemitraan dengan beberapa pakar dari universitas/instansi seperti: Unhas, BPPT, Biotrop Bogor, IPB, UGM, Balit Padi Sukamandi, BATAN, Balitsereal Maros, Global Seafood Jepang dll untuk mengembangkan sektor pertanian, perkebunan, holtikultura dalam kaitannya untuk mendukung ketahanan pangan dan komoditas ekspor (Abdullah, 2015).

D. Mendesain cetak biru/blueprint KMS

Beberapa isu dalam mendesain cetak biru KMS antara lain: a) finalisasi ruang lingkup sistem KM yang diusulkan dengan manfaatnya, b) memutuskan komponen sistem yang dibutuhkan, c) membangun layer-layer kunci dari arsitektur software KM untuk memenuhi persyaratan organisasi, dan d) interoperabilitas sistem dan skalabilitas dengan infrastruktur IT yang sudah ada di organisasi.

Terdapat beberapa layer dalam arsitektur KM. Layer yang pertama adalah antarmuka pengguna/*user interface*. Pembuatan web dengan teks, grafik, tabel ditampilkan pada layar yang cenderung menyederhanakan teknologi untuk pengguna. Beberapa pertimbangan desain antarmuka pengguna yaitu konsistensi, relevansi, kejelasan visual, navigasi yang mudah, dan kegunaan/*usability*.

Layer kedua adalah kontrol akses yaitu memelihara keamanan dan menjamin pihak berwenang terhadap pengetahuan yang di-*capture* dan disimpan dalam repositori. Isu-isu yang berkaitan dengan layer akses yaitu *access privileges*, *backup*, *password*, dan *firewalls*. Layer ketiga adalah kecerdasan kolaboratif dan *filtering*. Komponen-

komponen utamanya yaitu direktori registrasi yang membangun informasi sesuai dengan profil pengguna; keanggotaan dalam layanan khusus seperti layanan berita, promosi penjualan, penjadwalan, dukungan pelanggan, serta fasilitas pencarian seperti *search engine* untuk membantu dalam pencarian informasi.

Layer keempat adalah aplikasi yang memungkinkan pengetahuan atau disebut sebagai layer bernilai tambah. Layer ini menciptakan sisi kompetitif untuk pembelajaran organisasi karena menyediakan basisdata pengetahuan dan otomatisasi. Tujuan pokoknya adalah untuk menunjukkan bagaimana sharing pengetahuan dapat meningkatkan kinerja pegawainya. Layer kelima adalah layer teknis untuk mengimplementasikan desain, termasuk LAN, WAN, intranet, ekstranet, dan internet. Layer ini menjamin bahwa organisasi akan menjadi sebuah jaringan dari berbagai konektivitas dengan mempertimbangkan multimedia, URL, grafis, kecepatan konektivitas, dan bandwidth.

Layer keenam fokus pada basisdata dan aplikasi antarmuka sistem KM. Layer ini memungkinkan untuk menghubungkan format data lama dan data baru. Layer ketujuh atau layer paling bawah dalam arsitektur KM merepresentasikan layer fisik dimana repositori di-*install*, termasuk *intelligent data warehouses*, *legacy applications*, basisdata operasional, dan aplikasi khusus untuk manajemen lalu lintas data dan keamanan (Awad dan Ghaziri, 2004).

Ditinjau dari aspek ekonomi yaitu mempromosikan area wisata Gili Labak supaya jumlah pengunjung akan semakin meningkat setiap tahunnya, desain cetak biru KMS yang dapat dikembangkan adalah *Geographic Information System/GIS*. Melalui pengembangan desain *website* berbasis GIS, wisatawan dapat mengakses informasi pariwisata secara terintegrasi, seperti denah lokasi, sarana transportasi, fasilitas penginapan, dan area wisatanya.

E. Memverifikasi dan memvalidasi KMS

Verifikasi adalah prosedur yang menjamin bahwa sistem mempunyai fungsi yang benar. Validasi adalah prosedur yang menjamin bahwa sistem mempunyai output/keluaran yang benar (Awad dan Ghaziri, 2004). Untuk memverifikasi dan memvalidasi website berbasis GIS yang sudah dibangun, dilakukan dengan cara melihat apakah menu atau link yang ada sudah memberikan kesesuaian antara judul dengan isinya.

F. Mengimplementasikan KMS

Yaitu tahap untuk mengkonversi sistem KM yang baru kedalam tahapan operasionalnya termasuk konversi data atau file atau pelatihan ke pengguna. Dalam tahap implementasi juga diterapkan jaminan mutu untuk mengecek kesalahan, ambiguitas, ketidaklengkapan, dan representasi yang salah.

Menurut Yadi (2016), terdapat dua cara untuk mengimplementasikan KM yaitu dengan paksaan atau dengan membangun kesadaran. Pada bagian ini dibahas cara mengimplementasikan KM dengan paksaan. Terdapat lima langkah dalam implementasinya, yaitu: 1) dipaksa, 2) terpaksa, 3) bisa, 4) biasa, dan 5) budaya. Budaya didefinisikan sebagai kebiasaan/perilaku yang berulang secara konsisten dari mayoritas anggota kelompok berdasarkan nilai-nilai yang disepakati. Budaya merupakan hambatan terbesar untuk implementasi KM. Budaya dan perilaku yang dibutuhkan untuk implementasi KM yang berhasil yaitu kejujuran, kepemimpinan, keterbukaan, keingintahuan secara intelektual, keterlibatan yang aktif, pola pikir komprehensif, dan kerjasama.

Pengukuran penerapan KM dengan paksaan dapat dilakukan dengan cara menetapkan *key performance index* (KPI). Monitoring pengukurannya dapat dilakukan secara regular misalnya tiap bulan atau tiap 3 bulan. Contoh-contoh KPI dalam KM secara umum antara lain: kualitas dan jumlah pusat kompetensi internal atau pusat unggulan, jumlah dan kualitas jaringan pengetahuan eksternal, dan indeks penggunaan internet.

KPI untuk mengukur penerapan KM dalam pengembangan Pariwisata Gili Labak dalam aspek ekonomi antara lain dengan cara menghitung jumlah wisatawan domestik dan luar negeri pada saat sebelum dan sesudah website berbasis GIS dibuat. KPI yang lain yaitu perhitungan *break even point*, *net present value*, *benefit cost ratio*, *internal rate of return*, dan *payback period*.

G. Mengelola perubahan dan membangun kesadaran

Pada bagian ini dibahas cara mengimplementasikan KM dengan membangun kesadaran. Beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain dengan melakukan kampanye KM dan menjadi contoh atau model peran/*role model*. Cara terbaik untuk kampanye KM adalah dengan menjamin bahwa KM memberikan manfaat yang nyata untuk organisasi dan pekerja KM. Beberapa capaian yang dapat diukur yaitu proyek-proyek yang lebih cepat, proyek-proyek yang lebih murah, *less rework*, munculnya produk-produk baru, pengurangan waktu bagi perusahaan dalam proses melatih staf baru agar menjadi kompeten di bidangnya (Yadi, 2016).

Untuk memprakarsai kampanye penerapan KM dalam pengembangan pariwisata Gili Labak dapat dilakukan melalui cerita-cerita sukses dari pemerintah daerah antara lain Aceh dan kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan disertai dengan foto-foto atau video keberhasilan mereka dalam mengimplementasikan KM untuk

membangun daerah. Cara lain yaitu dengan membuat panduan cepat atau buku saku tentang bagaimana menghargai orang asing yang datang dan siap akan terjadi *shock culture*, serta melakukan kunjungan/studi banding ke pemerintah daerah yang sudah sukses menerapkan KM.

H. Mengevaluasi sistem akhir

Tahap ini mengakses dampak sistem dalam efeknya terhadap orang, prosedur, kinerja dan organisasi. Bidang-bidang yang berkaitan yaitu: kualitas pengambilan keputusan, sikap para pengguna akhir, serta biaya memproses dan meng-*update* pengetahuan (Awad dan Ghaziri, 2004).

Mengevaluasi hasil akhir implementasi KM dalam proses pengembangan pariwisata Gili Labak dapat ditinjau dari aspek ekonomi dan sosial. Pada aspek ekonomi, aplikasi website GIS yang sudah diimplementasikan membutuhkan biaya pemeliharaan untuk meng-*update* pengetahuan atau informasi terkini maupun penambahan menu fasilitas tertentu. Pada aspek sosial, sikap masyarakat Gili Labak terhadap orang asing yang datang dapat dievaluasi untuk melihat apakah mereka sudah memiliki jiwa/karakter dan pola pikir kepariwisataan.

4. KESIMPULAN

Dalam studi ini dibahas kajian pembangunan pariwisata Gili Labak yang berkelanjutan menggunakan tahap-tahap dalam siklus KMS, yaitu tahap mengevaluasi infrastruktur yang ada, membentuk tim KM, meng-*capture knowledge*, mendesain *blueprint* KMS, memverifikasi dan memvalidasi KMS, mengimplementasikan KMS, mengelola perubahan dan membangun kesadaran, serta mengevaluasi sistem akhir. Konsep pembangunan pariwisata Gili Labak yang berkelanjutan ditinjau dari aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Pada masing-masing tahap dalam siklus KMS didiskusikan contoh-contoh penerapan KM untuk pengembangan pariwisata Gili Labak dengan melibatkan aspek pembangunan berkelanjutan yang bersesuaian. Hasil dari studi kajian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan/kebijakan dalam membangun dan mengelola pariwisata Gili Labak.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N. 2015. Knowledge Management Summit Indonesia. Optimalisasi potensi daerah dalam mewujudkan Bantaeng sebagai pusat pertumbuhan ekonomi dibagian selatan Sulawesi Selatan. Jakarta, 25-27 Agustus 2015.
- Awad, E. M., Ghaziri, H.M. 2004. Knowledge Management, Pearson Education Inc., Prentice Hall.
- Mangkusubroto, K. 2015. Knowledge Management Summit Indonesia. Knowledge management: innovation in Aceh government. Jakarta, 25-27 Agustus 2015.
- Milton, N. 2015. Knowledge Management Summit Indonesia. Innovation and knowledge management: competitors or partners?. Jakarta, 25-27 Agustus 2015.
- Tjakraatmadja, J.H., Rachman, H., Kristinawati, D. 2013. Personal Knowledge Management. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Yadi, S.P. 2016. Knowledge Management Forum. Knowledge management: awareness or enforced?. Surabaya: PT. Pembangkit Jawa Bali, 20 April 2016.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Smart Security Monitoring System pada Ruang Server Pusat Teknologi Informasi Perguruan Tinggi

Rona Riantini^{1*}, Adianto², M. Khamim Munir³ dan Oktavian Hanggara Putra⁴

¹ Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
³ UPT Komputer dan Sistem Informasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

⁴ Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
*rona.riantini@ppns.ac.id

Abstrak

Ruang Server merupakan pusat peletakan perlengkapan pendukung Sistem Informasi yang sangat penting. Selain peralatan yang umumnya bernilai ekonomis tinggi, proses bisnis administrasi Perguruan Tinggi juga bertumpu pada ketersediaan perangkat Sistem Informasi. Sistem keamanan pada Ruang Server sangat penting, namun pengawasan petugas keamanan tidak dapat dilakukan selama 24 jam. Untuk itu diperlukan sistem monitoring otomatis untuk memastikan dan menginformasikan kondisi keamanan di Ruang Server. Pembuatan sistem monitoring keamanan ini merupakan bagian dari target jangka panjang pembangunan smart building khususnya pada Pusat Teknologi Informasi yang memudahkan pengoperasian dan meningkatkan kehandalan sistem. Sistem dibangun dengan prosesor raspberry yang mengolah informasi dari Sensor Passive Infra Red, Door sensor, Sound activator, RFID lock dan CCTV. Akses informasi ditampilkan melalui web dan notifikasi dikirimkan ke email. Smart security monitoring system mampu melakukan pemantauan kondisi penguncian Ruangan dan pemantauan cctv berbasis web serta pengiriman notifikasi berdasarkan deteksi Passive Infra red, suara dan kondisi pintu saat sistem keamanan diaktifkan.

Kata Kunci: *security, smart monitoring*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam penyelenggaraan dan pengelolaan pendidikan tinggi memberikan dukungan dan layanan informasi yang lebih baik secara internal dan eksternal. Manfaat utama dari perkembangan sistem informasi bagi sistem pengendalian pengelolaan perguruan tinggi antara lain; (i) penghematan waktu (*time saving*), (ii) penghematan biaya (*cost saving*), (iii) peningkatan efektifitas (*effectiveness*), (iv) pengembangan teknologi (*technology development*), dan (v) pengembangan personel (*staff development*). Dengan berbagai manfaat dan kontribusi yang diberikan tersebut, diharapkan setiap perguruan tinggi dapat meningkatkan mutu kinerja akademiknya. Mengacu pada banyak referensi yang ada, paling tidak ada tiga parameter mutu informasi, yaitu relevansi, akurasi, dan tepat waktu. Adapun sistem informasi yang memiliki akurasi tinggi tercermin dalam tiga unsur, yaitu kelengkapan, kebenaran dan keamanan informasi yang dihasilkan (Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 2010).

Faktor keamanan merupakan unsur penting dalam menjaga ketiga parameter mutu tersebut. NFPA misalnya, dalam Standard NFPA 75 *Standard for the Protection of Information Technology Equipment*, mengemukakan terkait resiko yang mungkin terjadi maka perangkat teknologi informasi harus ditempatkan di ruang yang aman dan terkunci (National Fire Protection Association, 2003).

Semakin besar peran Teknologi Informasi ini menuntut tingginya kehandalan sistem, sementara resiko keamanan informasi dan perangkat teknologi juga cukup tinggi mengingat pentingnya informasi yang tersimpan dalam sistem dan tingginya nilai ekonomis dari perangkat yang digunakan. Salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah keamanan dari perangkat teknologi Informasi yang secara umum terpusat pada ruang server.

Keterbatasan petugas Keamanan yang tidak dapat mengawasi ruang pusat teknologi informasi selama 24 jam penuh merupakan celah yang memungkinkan pihak-pihak yang tidak bertanggungjawab memanfaatkan kesempatan untuk melakukan tindak kejahatan. Untuk meminimalisasi resiko keamanan perlu dibangun sistem yang meningkatkan kehandalan keamanan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yang ada. Perancangan dan pembuatan Smart Security Monitoring System pada Pusat Teknologi Informasi Perguruan Tinggi diharapkan dapat mencegah kejadian yang tidak diinginkan khususnya terkait keamanan.

Pemanfaatan cctv merupakan salah satu fasilitas yang telah banyak dimanfaatkan, misalnya pada monitoring keamanan pertambangan (Guhe, Deshmukh, & Borekar, 2012). Tidak hanya terkait keamanan, pemanfaatan CCTV dan teknologi infra red juga dilakukan oleh Bhandari dalam sistem Automated Traffic

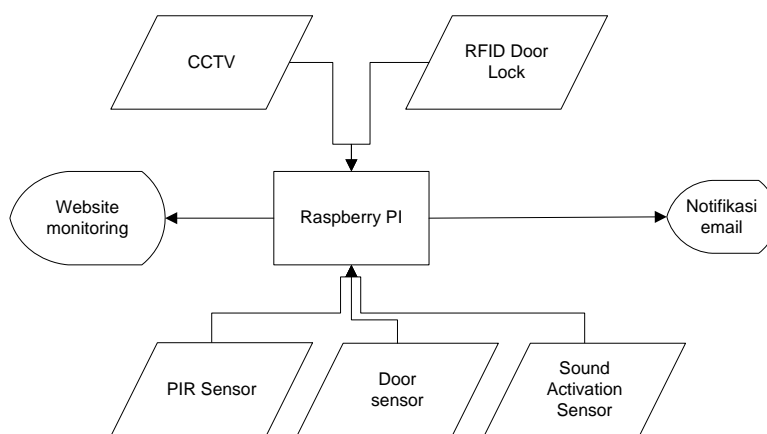
Surveillance (Bhandari, Raghavan, Iyer, & Autade, 2013). Selain CCTV, teknologi RFID juga dimanfaatkan dalam surveillance (Singh & Patil, 2010).

Akses monitoring jarak jauh berbasis web pun membutuhkan ketersediaan sumber daya yang perlu memantau kondisi sepanjang waktu. Hal ini tentunya sulit dilakukan, untuk itu perlu ditambahkan pemasangan sistem deteksi bila terjadi pembobolan sistem keamanan manual. Notifikasi atas deteksi yang dilakukan dapat dikirimkan melalui email dan sms. Pemanfaatan sms juga dimanfaatkan di banyak aspek, seperti yang dilakukan pada monitoring beban Listrik (J., O.C., & Imoru, 2012) atau notifikasi kondisi cathodic protection pada sistem perpipaan (Hasan & Hamid, 2011). Pemanfaatan infra red dan sound activation sensor dan pengiriman notifikasi juga digunakan dalam sistem keamanan rumah tinggal (Suwandhi, 2015)

Dengan mempertimbangkan teknologi yang dapat dimanfaatkan, sistem dibangun dengan prosesor raspberry yang mengolah informasi dari Sensor Passive Infra Red, Sound activator, RFID lock dan CCTV. Akses informasi ditampilkan melalui web dan notifikasi dikirimkan ke email.

2. METODOLOGI

Sistem yang dibangun ditunjukkan pada blok diagram sistem seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Smart Security Monitoring

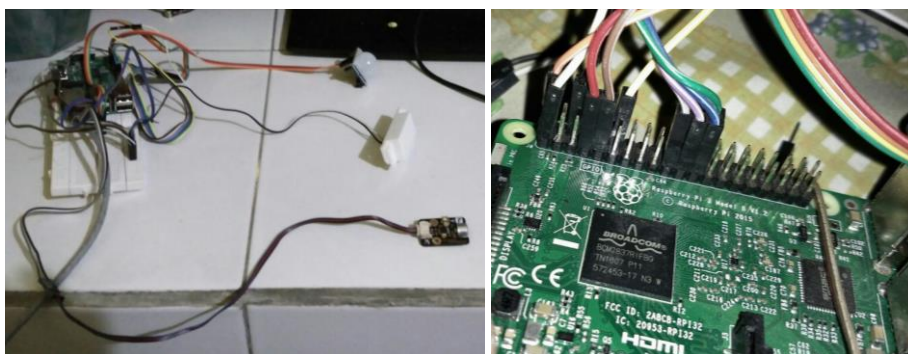
Sesuai target performa yang akan dicapai, data inputan dari CCTV dan kondisi penguncian pintu akan ditampilkan pada website monitoring. Adapun PIR sensor dan *Sound Activation Sensor* yang mendeteksi pergerakan yang terjadi saat sistem keamanan diaktifkan akan dikirimkan ke raspberry sebagai controller dan selanjutnya mengirimkan notifikasi email.

Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap, diantaranya:

1. Pembacaan output sensor PIR, door sensor, dan sound activator pada Monitoring Website
2. Pengujian penggunaan RFID door Lock dan hasil surveilans CCTV
3. Pengujian pengiriman notifikasi email

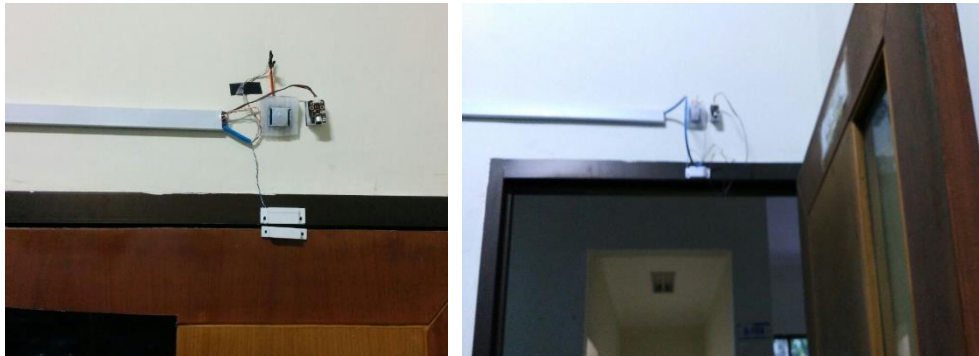
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, Raspberry PI 3 Model B digunakan sebagai kontroler, dan GPIO (*General Purpose Input/Output*) pin terhubung dengan ketiga sensor yang digunakan yaitu PIR, door sensor dan sound activation sensor.



Gambar 2. Rangkaian Raspberry dan sensor

Ketiga sensor tersebut di pasang dipasang didekat akses masuk Ruang Server untuk mendeteksi kehadiran orang ke dalam ruang server (Gambar 3). PIR (Passive Infra Red) akan mendeteksi radiasi Infra red yang dihasilkan oleh orang yang lewat dan mengaktifasi sistem. Sensor pintu berupa sebuah *magnetic contact switch*, dimana saat pintu terbuka sensor akan mengirimkan sinyal ke kontroler. *Sound activated sensor* pada prinsipnya mendeteksi perbedaan tekanan udara yang terjadi saat suara terdengar dan mengkonversinya menjadi sinyal listrik yang mengaktifasi sistem.



Gambar 3. Instalasi sensor di Ruang Server

Gambar 4 menunjukkan instalasi mesin check clock untuk mengontrol door lock. Mesin tersebut dapat memaca data berbasis RFID dan juga dapat membaca scan finger print. Hasil pembacaan finger print atau RFID card sesuai setting yang akan mendapat akses membuka door lock.



Gambar 4. Instalasi door lock berbasis RFID

Hasil monitoring dapat ditampilkan dalam web monitoring yang mampu menunjukkan kondisi hasil pembacaan sensor PIR, sensor pintu dan sensor suara. Gambar 5 bagian atas menunjukkan kondisi normal yang menunjukkan bahwa tidak ada orang, pintu tertutup dan tidak ada suara terdeteksi.

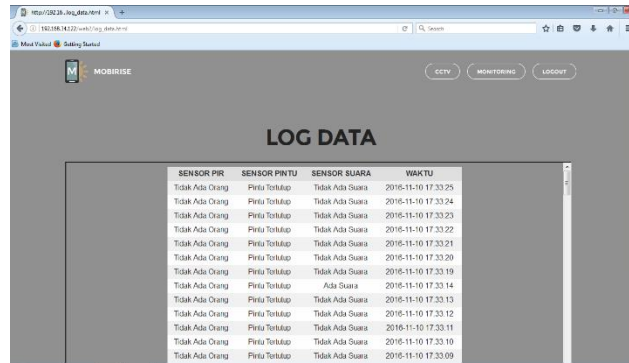
Saat pengujian, ketika seseorang mengakses ruang server maka tampilan website monitoring berubah. Bersamaan dengan perubahan tampilan tersebut notifikasi akan dikirimkan. Notifikasi hanya dikirimkan apabila sistem keamanan diaktifkan sesuai jadwal yang telah di set. Namun, apabila terdapat hari libur nasional sistem dapat diaktifkan diluar jadwal normal dengan menekan tombol “sistem On” pada web monitoring. Begitupula sebaliknya, apabila terpaksa ada akses atau proses maintenance diluar jadwal normal, sistem notifikasi juga dapat dimatikan dengan menekan icon “sistem Off”





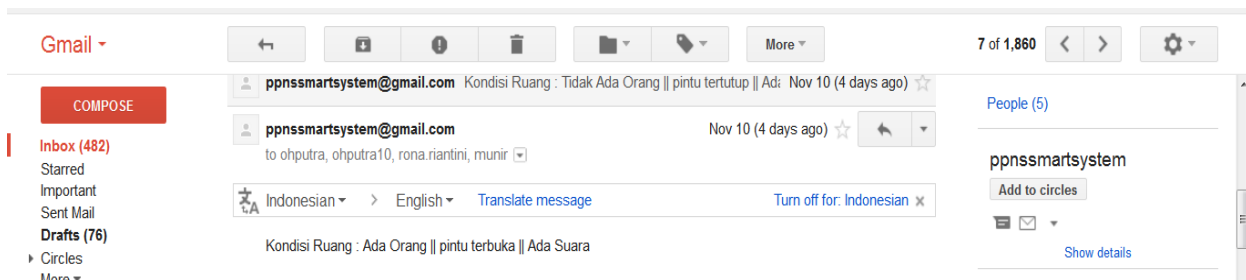
Gambar 5. Web monitoring kondisi realtime aman (atas) dan terdeteksi pintu terbuka dan ada orang (bawah)

Dalam web monitoring, log data pembacaan sensor juga tersimpan didalam sistem. Dan dapat diakses dengan menekan icon log data pada web monitoring. Hasil pembacaan log data ditunjukkan pada Gambar 6.



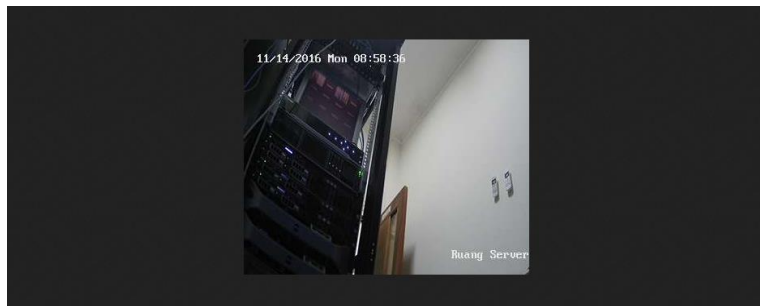
Gambar 6. Log Data monitoring

Sesaat setelah terdeteksi perubahan data di salah satu sensor, baik suara, motion maupun kondisi pintu, email akan otomatis terkirim. Gambar 7 menunjukkan hasil notifikasi email saat terjadi perubahan data pada sensor yang mengaktifasi notifikasi. Pada gambar tersebut ditunjukkan bahwa pintu dalam kondisi terbuka, ada suara dan ada orang yang mengakses Ruang server.



Gambar 7. Notifikasi melalui email

Apabila notifikasi diterima, tim dapat segera mengakses CCTV untuk memastikan kondisi ruang. Gambar 8 menunjukkan hasil pengambilan gambar pada CCTV, dengan link yang tersedia pada web monitoring.



Gambar 8. CCTV Surveilans

4. KESIMPULAN

Smart security monitoring system mampu melakukan pemantauan kondisi penguncian Ruangan dan pemantauan cctv berbasis web serta pengiriman notifikasi berdasarkan deteksi Passive Infra red, suara dan kondisi pintu saat sistem keamanan diaktifkan. Pengembangan selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan reliabilitas ruang server, seperti pemantauan suhu ruangan dan kondisi suplai listrik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh pendanaan DIPA Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Kami sampaikan terimakasih kepada pihak P3M dan UPT Komputer dan SI PPNS sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bhandari, K., Raghavan, N., Iyer, A., & Autade, N. , 2013.. Automated Traffic Surveillance: Evolution and Implementation. *IJCSN International Journal of Computer Science and Network* , 2 (4), 66-69.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 2010. Pedoman Praktik Baik Sistem Informasi. In K. P. Nasional, *Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi* (pp. 235-248). Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional.
- Guhe, A., Deshmukh, S., & Borekar, B, 2012, May. Coal Mines Security System. *IJCSI International Journal of Computer Science* , 419-423.
- Hasan, M. H., & Hamid, N. H., 2011. Improving Cathodic Protection System using SMS-based Notification. *International Journal of Computer Science and Information Security* , 9, 113-117.
- J., T., O.C., G., & Imoru, O., 2012. An Electrical Energy Consumer Load Monitoring and Control System Through SMS Based. *Research Journal of Applied Science, Engineering & Technology* , 1371-1375.
- National Fire Protection Association, 2003. NFPA 75: Standard for the Protection of Information Technology Equipment.
- Singh, I., & Patil, H, 2010. RFID: Dynamic Surveillance Approach. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues* , 7 (3), 24-28.
- Suwandhi, A, 2015. Smart control and security system for smarthome with monitoring video streaming based Raspberry PI and Android. *Tugas Akhir* . Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Efektifitas Teknologi Multimedia terhadap Pembelajaran Kosakata Bahasa Inggris Teknik

Ika Erawati*, Miftachudin**

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS)

*ik4_iqer@yahoo.com, **mievt4@gmail.com

Abstrak

Penelitian eksperimen/ uji coba (*Experimental Study*) ini dilakukan untuk mengetahui keefektifan penguasaan kosakata bahasa Inggris teknik berbasis multimedia di pendidikan tinggi vokasi. *Pre-test* dan *Post-test* serta kuisioner sebagai instrumen penelitian diberikan pada mahasiswa semester pertama yang terbagi dalam dua kelompok. Hasil uji coba menunjukkan jika terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara *experimental group* dengan *control group*. Pada kelompok yang mendapatkan perlakuan (*treatment*) selama 5 (lima) kali pertemuan, terjadi peningkatan nilai dari hasil *Post-test*. Penggunaan multimedia di sini sebagai salah satu aplikasi teknologi interaktif yang dapat diterima dalam proses belajar mengajar kosakata bahasa Inggris dapat meningkatkan pengetahuan kosakata teknik, memotivasi mahasiswa untuk lebih belajar mandiri dan berkolaborasi dalam belajar serta membangun kemampuan dalam pemecahan masalah (*problem solving skill*). Sehingga tidak dapat dipungkiri jika penggunaan teknologi multimedia memberikan banyak manfaat, tidak hanya bagi mahasiswa tetapi juga bagi pengajar, dikarenakan penggunaan teknologi multimedia dalam pembelajaran kosakata teknik lebih menarik dan sesuai dengan kebutuhan di era moderen ini.

1. PENDAHULUAN

Sebagai sebuah institusi pendidikan kejuruan (vokasi), PPNS memiliki misi untuk menghasilkan lulusan dengan keahlian teknik yang kompeten dan berkualitas agar mampu bersaing di dunia kerja. Oleh karena itu, lulusan PPNS tersebut diharapkan dapat mengembangkan keahlian teknik mereka termasuk keterampilan berbahasa untuk mampu bersaing dengan tidak hanya orang domestik tetapi juga dengan orang asing. Namun, bagi sebagian besar peserta didik di lingkungan pendidikan vokasi ini, mempelajari bahasa Inggris sebagai bahasa asing bukanlah hal yang mudah dibandingkan ketika mereka mempelajari pelajaran-pelajaran teknik yang lebih menekankan pada praktek langsung daripada teori.

Dalam pembelajaran bahasa asing (bahasa Inggris) yang melibatkan kemampuan berbahasa, kosakata merupakan salah satu aspek penting yang harus dimiliki seseorang agar mampu mempraktekkan bahasa tersebut di dalam berbicara (*speaking*), mendengarkan (*listening*), membaca (*reading*) dan menulis (*writing*). Menurut Nunnan yang telah dikutip dari River (1998:117), bahwa perolehan suatu kosakata yang memadai sangat penting untuk digunakan pada penguasaan bahasa kedua. Penguasaan kosakata itu sendiri tidak hanya dengan mengetahui artinya, melainkan harus memahami dan mengetahui bagaimana menggunakan kosakata tersebut di dalam konteks kalimat. Meskipun banyaknya penguasaan kosakata tidak dapat menjamin kompetensi peserta didik dalam belajar bahasa Inggris, namun dengan kecukupan kosakata akan menjadi peluang bagi mereka untuk mencapai keberhasilan dalam belajar bahasa tersebut. Sayangnya, banyak mahasiswa PPNS masih minim penguasaan kosakata bahasa Inggris, khususnya bahasa Inggris teknik. Terlebih lagi, terdapat banyak perbedaan arti antara bahasa Inggris umum (*General English*) dengan bahasa Inggris teknik (*Technical English*). Terdapat kosakata dan istilah-istilah khusus dalam bahasa Inggris teknik (misal: *breastline* dan *spring* - tali yang digunakan di kapal, *nut* - mur, *stroke* - langkah, *stress* - tegangan, *lever* - tuas, dll) yang membuat peserta didik mengalami kesulitan dalam mempelajarinya. Padahal, untuk sukses dalam studi akademis, peserta didik harus mengetahui kosakata umum yang sering digunakan (*high frequency vocabulary*) maupun kosakata yang umum bagi disiplin akademik tertentu (Nation, 1993: p 120).

Selain itu, proses belajar mengajar di lingkungan pendidikan vokasi dituntut untuk lebih kreatif mengingat secara psikologi peserta didik di lingkungan ini lebih mudah menerima pelajaran-pelajaran yang bersifat praktek. Para peserta didik tersebut memerlukan cara belajar mengajar lain yang lebih menarik dan sesuai dengan kebutuhan saat ini. Tidak dapat dipungkiri pula, bahwa peserta didik di generasi abad ke 21 ini faham sekali dengan penggunaan teknologi. Mereka dapat mengakses berbagai informasi, berita, game bahkan materi pembelajaran melalui aplikasi dari teknologi kapanpun dan di manapun. Ini dikarenakan generasi saat ini adalah '*Digital Native*'. *Digital native* adalah orang-orang yang lahir dimana masa teknologi telah ada, dan mereka tumbuh dengan perkembangan teknologi itu sendiri, seperti berkembangnya komputer, internet, mobile phone dan MP3s maupun MP4s (Wikipedia).

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui keefektifan penggunaan teknologi dalam proses belajar mengajar kosakata bahasa Inggris teknik di dalam kelas bahasa pada peserta didik dari sekolah tinggi vokasi. Untuk

mencapai hasil dari tujuan tersebut maka pertanyaan berikut dikemukakan: Efektifitas Teknologi Multimedia terhadap Pembelajaran Kosakata Bahasa Inggris Teknik

2. TEKNOLOGI DALAM PEMBELAJARAN KOSAKATA

Saat ini teknologi merupakan bagian yang tak terpisahkan dalam kehidupan. Banyak aspek di dunia moderen telah berubah dan berkembang dengan pesat dengan keberadaan teknologi, termasuk di dunia pendidikan. Penggunaan teknologi moderen di dalam belajar mengajar akan dapat menarik dan melibatkan peserta didik di dalam materi yang diberikan. Bagi peserta didik dengan beragam kebutuhan, teknologi dapat membawa mereka untuk masuk di dalam kelas bahasa karena teknologi dapat menyediakan akses terhadap kurikulum sebaik memberikan informasi mengenai bahasa dan budaya (Troxwell Castleberry & Evers, 2010). Multimedia adalah salah satu aplikasi teknologi interaktif merupakan media yang dapat diterima dalam proses belajar mengajar kosakata bahasa Inggris karena menyediakan banyak format termasuk video, gambar, suara, animasi dan grafik. Sehingga, baik pendidik maupun peserta didik diharapkan mampu beradaptasi terhadap perkembangan multimedia teknologi ini agar dapat mencapai standar pembelajaran di abad 21, terutama dalam pembelajaran bahasa Inggris teknik di lingkungan pendidikan vokasi tanpa meninggalkan sisi positif dari pembelajaran tradisional.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen/ uji coba (*Experimental Study*). Subjek penelitian berjumlah 54 orang yang terbagi menjadi 2 (dua) kelompok kelas dengan menggunakan *random sampling*. Kelompok kelas A sebagai kelas kontrol, kelas yang menggunakan strategi konvensional dalam pembelajaran kosakata bahasa Inggris dan kelas B sebagai kelas treatment, kelas yang strategi pembelajarannya menggunakan teknologi multimedia terhadap penguasaan kosakata bahasa Inggris. *Pre-test* dan *post-test* yang terdiri dari tes uraian dan pilihan ganda tentang kosakata Inggris teknik diberikan kepada kedua kelompok kelas tersebut untuk mengetahui kemampuan mahasiswa dalam menguasai kosakata yang diberikan. *T-test* atau *uji T* digunakan untuk mengetahui perbedaan antara kelompok kelas yang dikenai pembelajaran penguasaan kosakata bahasa Inggris dengan teknologi multimedia (treatment) dengan kelompok kelas yang tidak dikenai model pembelajaran tersebut. Observasi juga dilakukan untuk mengamati hal-hal yang tidak dapat dicapai hanya dari tes.

4. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Pre-Test dan Post-Test

Penelitian ini menggunakan pre-test sebagai ukuran awal ketercapaian skor sebelum dilakukan treatment pada kelas kontrol. Adapun hasil dari pretest dari kedua kelas, treatment dan kontrol, diperoleh nilai rata-rata yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Hasil Nilai Rata-Rata Pre-Test

Kelas	Skor			Rata –rata Nilai
	Part 1	Part 2	Part 3	
Kontrol	16.15	6.58	1.88	44.8
Eksperimen	17.57	5.39	1.36	46.2

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pemberian pre-test dilakukan dengan memberikan tiga jenis soal yang berbeda. Pre-test bagian pertama berupa soal menerjemahkan arti kosakata teknik dari bahasa Inggris ke bahasa Indonesia. Bagian ke dua yaitu menjodohkan definisi dari suatu benda (kosakata bahasa Inggris) dengan kata yang telah tersedia di tabel soal tersebut. Pada bagian ke tiga berisi pertanyaan-pertanyaan tentang deskripsi sebuah benda. Dari hasil pre-test (table 1) dapat diketahui bahwa skor/ nilai dari kelas kontrol maupun kelas eksperimen adalah 44.8 dan 46.2. Nilai rata-rata ke-dua kelompok tersebut tidaklah jauh berbeda.. Hal ini menunjukkan bahwa siswa pada kedua kelompok tersebut memiliki kemampuan bahasa Inggris yang hampir sama, khususnya pada kosakata bahasa Inggris teknik.

Tabel 2. Group Statistics

Kelompok		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
nilai	Kelompok A	28	61.2500	9.59794	1.81384
	Kelompok B	26	52.5385	8.49108	1.66524

Sedangkan hasil *post-test* menunjukkan bahwa nilai rata-rata (mean) dari kedua kelompok memiliki perbedaan yang signifikan (table 2). Masing-masing nilai rata-rata pada kelompok kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah 61.25 dan 52.5. Kelompok kelas eksperimen memiliki nilai rata-rata 8.75 di atas kelas kontrol. Sedangkan selisih standar deviasi dari kedua kelompok tersebut adalah 1.2.

Tabel 3. Independent Samples T-Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
								95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Equal variances assumed	.493	.025	3.522	52	.001	8.71154	2.47368	3.74774	13.67534
Equal variances not assumed			3.538	50.886	.001	8.71154	2.46232	3.77027	13.65281

Pada table 3 di atas dapat dilihat bahwa pada *Independent Sample T-Test* untuk hasil post test Sig.= p-nilai = 0.001 < 0.05, sehingga nilai signifikansi dari masing-masing kelompok kelas adalah .001. Nilai ini menunjukkan jika kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, masing-masing telah mengalami peningkatan pada pembelajaran bahasa Inggris teknik. Namun jika dilihat dari estimasi nilai rata-rata dan standar deviasi, nilai kelompok kelas eksperimen adalah 70.84 dan kelas kontrol adalah 61.02, sehingga selisih nilai tersebut menunjukkan hasil yang signifikan, yaitu 9.82. Berdasarkan hasil Sig. = p-nilai = 0.025 < 0.05, menunjukkan bahwa peningkatan hasil pembelajaran di kelompok kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kelas kontrol. Hal ini menunjukkan jika pada kelompok eksperimen dimana mereka telah mendapatkan treatment melalui pengajaran kosakata bahasa Inggris teknik dengan menggunakan aplikasi multimedia, menunjukkan kenaikan nilai yang lebih tinggi dan lebih efektif.

B. Efektifitas Teknologi Multimedia terhadap Pembelajaran Kosakata

Bagi sebagian besar mahasiswa jurusan teknik, mempelajari kosakata bahasa Inggris teknik melalui aplikasi-aplikasi teknologi multimedia akan lebih banyak memberikan manfaat. Berdasarkan hasil analisa dari perhitungan statistik data sebelumnya dan dengan melakukan lima kali perlakuan (treatment), diperoleh hasil bahwa pengajaran dengan menggunakan aplikasi teknologi multimedia memiliki efek yang sangat signifikan pada pencapaian nilai mahasiswa dibandingkan dengan pengajaran tanpa menggunakan aplikasi multimedia.

Dari hasil observasi yang dilakukan di dalam kelas bahasa Inggris, pembelajaran menggunakan aplikasi multimedia memberikan efek sebagai berikut:

1. Media untuk meningkatkan pengetahuan kosakata

Penggunaan aplikasi multimedia dalam bentuk gambar dan bahkan animasi yang ditampilkan di layar/LCD mampu mendukung kejelasan informasi yang ditampilkan. Terlebih lagi ketika materi yang disajikan tersebut dilengkapi dengan suara dan video, hal ini dapat memberikan efek audio dan visual yang membuat materi-materi pembelajaran lebih menarik secara auditory dan visual serta memberikan informasi secara lengkap kepada mahasiswa. Sebagai hasilnya, materi-materi pembelajaran tersebut dapat meningkatkan pengetahuan mahasiswa dan memberikan kecukupan informasi yang dibutuhkan.

Gambar 1 berikut adalah salah satu aplikasi multimedia dengan software interaktif yang digunakan dalam pengajaran kosakata bahasa Inggris teknik di kelas. Materi yang diberikan adalah tentang peralatan-peralatan teknik (*hand tools*). Di sini, mahasiswa dapat mengetahui peralatan-peralatan tersebut dari gambar yang diberikan. Dengan aplikasi multimedia, mereka juga tidak hanya mengetahui peralatan tersebut dari namanya, namun mereka juga mengetahui tiap jenis peralatan tersebut dari bentuk, material dan fungsinya.



Gambar 1: Pembelajaran kosakata melalui aplikasi multimedia interaktif

Pengajaran kosakata bahasa Inggris teknik juga diberikan melalui video yang berisi bahasan seperti peralatan teknik (*handtools*), alat keselamatan (*safety equipments*), dan bagian-bagian mesin (*parts of engine*). Aktifitas-aktifitas pengajaran yang dilakukan tersebut membuat mahasiswa memahami informasi yang diberikan melalui gambar dan video. Aktifitas tersebut mendorong mahasiswa teknik untuk menginterpretasikan gambar yang ada, melakukan diskusi dan memahami lebih dalam materi yang diberikan.

2. Memotivasi mahasiswa untuk lebih belajar mandiri

Ketika mahasiswa diberikan aktifitas pengajaran dengan aplikasi multimedia, mereka terpacu untuk berfikir lebih mendalam dan lebih kreatif guna mendapatkan jawaban-jawaban yang benar. Mereka harus dapat menginterpretasikan suatu gambar dan memberikan perhatian lebih untuk setiap gambar/ aktifitas/ aksi dengan alokasi waktu yang diberikan. Secara individu, hal ini dapat meningkatkan kesadaran mereka tentang bagaimana menjawab setiap pertanyaan dengan benar tanpa melihat jawaban dan bantuan teman.

Dari hasil observasi, salah satu contoh aktifitas pengajaran kosakata teknik di kelas yang dapat memotivasi mahasiswa untuk lebih belajar mandiri adalah dengan penggunaan software interaktif. Soal tentang bagian-bagian kapal diberikan setelah pengajar menerangkan materi yang bersangkutan melalui aplikasi multimedia, seperti yang terlihat pada gambar 2. Dengan adanya gambar dan animasi, interpretasi tentang bagian-bagian kapal tersebut dapat dilakukan dengan lebih mudah. Kegiatan pembelajaran pun semakin menarik dan dapat menciptakan suasana belajar yang menyenangkan. Dari kegiatan tersebut, mahasiswa juga dituntut untuk dapat mengerjakan soal ini secara individu. Mereka juga dapat melakukan *trial and error* sendiri dengan cara meng-klik tombol yang tersedia. Bahkan ketika pelajaran usai, pengajar dapat memberikan tugas dengan menggunakan aplikasi multimedia sejenis ataupun meminta mahasiswa melakukan *googling* di internet tentang materi terkait.



Gambar 2: Materi pengajaran dengan menggunakan software *Maritime English*

Dari penjelasan di atas, tidak dapat dipungkiri jika penggunaan aplikasi multimedia dalam pengajaran bahasa Inggris teknik dapat memotivasi mahasiswa untuk menjadi *independent learner* yang dapat membuat mereka belajar lebih bertanggung jawab terhadap pembelajarannya sendiri.

3. Memotivasi mahasiswa untuk berkolaborasi

Penggunaan aplikasi multimedia di dalam pengajaran kosakata bahasa Inggris teknik di dalam kelas membutuhkan kemampuan dalam mendengar (*listening*) dan berbicara (*speaking*). Secara tidak langsung, penggunaan aplikasi multimedia mendorong mahasiswa untuk mempraktekkan kemampuan mereka secara individu dalam *speaking* dan *listening*. Penggunaan multimedia juga memungkinkan mahasiswa teknik menjadi

aktif berkomunikasi (*communicative learners*) seperti pada penggunaan komunikasi sesungguhnya, karena aplikasi multimedia menyediakan kesempatan untuk berinteraksi, baik dengan berbagai teks, pengajar mereka maupun dengan teman sekelas (Allwright, 1984b, p.164). Dengan adanya interaksi tersebut dapat memudahkan mahasiswa untuk melakukan kolaborasi, khususnya dengan teman sekelas, seperti ketika mereka dituntut untuk melakukan percakapan yang divideokan ataupun mengerjakan soal latihan dalam kelompok.

4. Membangun kemampuan dalam pemecahan masalah

Hancock (1998, p. 69) mengatakan bahwa suatu pemahaman meliputi yang salah satunya tentang pemahaman terhadap kosakata. Dengan kata lain, pengetahuan tentang kosakata sangat berperan terhadap pemahaman suatu bacaan dan konteks. Seseorang akan lebih mudah menterjemahkan dan mengetahui maksud dari kata-kata tersebut dan mengetahui bagaimana suatu kata merubah bentuk jika memiliki pemahaman terhadap kosakata.

Ketika materi pengajaran kosakata bahasa Inggris teknik disampaikan menggunakan aplikasi multimedia, hal ini tidak hanya membuat mahasiswa teknik memahami materi yang diberikan, namun mereka juga akan terdorong untuk mampu bersikap dalam pemecahan masalah, khususnya yang bersangkutan dengan materi yang diberikan tersebut. Adanya gambar, video maupun animasi yang mendukung dapat memotivasi mereka untuk mengekspresikan ide dengan leluasa serta berfikir lebih kreatif untuk mencari jawaban dari suatu pertanyaan. Mahasiswa juga menjadi lebih fokus pada informasi-informasi penting yang telah disediakan. Sebagai hasilnya, mereka lebih memahami bahwa banyak pertanyaan-pertanyaan yang ada memerlukan jawaban secara natural tanpa mengikuti bentuk jawaban bakunya. Penggunaan multimedia dalam pengajaran di sini juga memungkinkan pengajar dalam memberikan panduan dan bantuan yang berfungsi untuk mengaktifkan pengetahuan mahasiswa, termasuk pengetahuan awal yang telah dimiliki. Hal ini menjadikan mahasiswa lebih waspada tentang bagaimana memberikan suatu jawaban dengan benar.

5. KESIMPULAN

Keberadaan teknologi multimedia mampu menawarkan cara baru di dalam kegiatan belajar mengajar yang memberikan kesempatan dan pengalaman baru yang tidak bisa didapatkan dari pendidikan secara tradisional (Ermtter, et al, 1999). Sehingga, baik pendidik maupun peserta didik diharapkan mampu beradaptasi terhadap perkembangan teknologi agar dapat mencapai standar pembelajaran di abad 21 tanpa meninggalkan sisi positif dari pembelajaran tradisional. Seperti Rana yang dikutip dari Sad (2008) menyebutkan bahwa pendidik harus berhenti mengikuti cara lama yang sama serta mampu memahami bahwa dunia telah berubah sehingga diperlukan pendidikan yang sesuai dengan perubahan tersebut.

Dalam penerapannya pada pengajaran bagi mahasiswa teknik, penggunaan multimedia sebagai salah satu aplikasi teknologi interaktif dapat diterima dalam proses belajar mengajar kosakata bahasa Inggris karena lebih menarik. Aktifitas-aktifitas pengajaran dengan menggunakan aplikasi multimedia yang dilengkapi dengan gambar, video, suara dan animasi dapat meningkatkan pengetahuan kosakata teknik, memotivasi mahasiswa untuk lebih belajar mandiri dan berkolaborasi dalam belajar serta membangun kemampuan dalam pemecahan masalah (*problem solving skill*). Sehingga penggunaan aplikasi multimedia lebih efektif dalam pengajaran kosakata bahasa Inggris teknik di kelas dibandingkan dengan pengajaran yang hanya menggunakan cara tradisional.

Keterbatasan dalam penelitian ini memberikan ruang kepada penelitian selanjutnya untuk fokus pada hambatan-hambatan serta pengetahuan dasar yang dimiliki mahasiswa, khususnya mahasiswa teknik dalam pembelajaran bahasa asing. Dikarenakan penggunaan multimedia, terutama aplikasi dan software multimedia terbukti efektif di dalam kelas bahasa, maka diharapkan penelitian selanjutnya juga fokus dalam hal tersebut untuk lebih meningkatkan proses belajar mengajar yang efektif.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Allen, Virginia. F. 1983. *Technique in Teaching Vocabulary*. Oxford: Oxford University Press.
- Ermtter, P., Addison, P., Lane, M., Ross, E., & Woods, D. (1999). *Examining Teachers' Beliefs about The Role of Technology in The Elementary Classroom*. *Journal of Research on Computing in Education*, 32(1), 54-72.
- Hancock, O.H. (1998). *Reading Skills for College Student*. (4th ed.). Upper Saddle Rivers, NJ: Prentice Hall.
- Nation, I. S. P. (1993). *Vocabulary size, growth, and use*. In R. Schreuder, & B. Weltens Ecis. *The bilingual lexicon* (p. 115-134). Amsterdam. Philadelphia, PA: John Benjamins.
- Nunan, David. 1992. *Research Methods in Language Learning*. UK: Cambridge University Press.
- Rana, Prajesh SJB. (2013). *Education and the Use of Technology*. Republica The Week. 23 August 2013: 12. Print in Sad, Suleyman Nihat. 2008. "Using Mobile Phone Technology in EFL Classes. *English Teaching Forum* 46.4: 34-39. Print.
- Sad, Suleyman Nihat. (2008). *Using Mobile Phone Technology in EFL Classes*. *English Teaching Forum* 46.4 : 34-39. Print.
- Schmitt, Norbert & Mc Charty, Michael. 1997. *Vocabulary: Description Acquisition and Pedagogy*. Cambridge University Press.

Troxwell Castleberry, G, & Evers, R.B. (2010). *Incorporate Technology into the Modern Language Classroom*.
ISC (Intervention in School and Clinic), Volume 45 Number 3, January 2010 201-205. Retrieved August
11, 2012, from
<http://search.proquest.com.libproxy.sdsu.edu/pqrl/docview/211722687/fulltextPDF/1387D7614356BAECCA/1?accountid=13758>

Perhitungan Emisi Karbon dan Kecukupan Ruang Terbuka Hijau di Lingkungan Kampus (Studi Kasus: Kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya)

Ahmad Erlan Afiuddin^{1*}, dan Ulvi Priastuti²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*erlan.ahmad@gmail.com

Abstrak

Kegiatan-kegiatan di kampus sangat beragam, mulai dari pembelajaran di kelas hingga praktek di bengkel. Kegiatan-kegiatan tersebut tentunya tidak hanya memberikan dampak positif saja, tetapi juga akan menghasilkan efek samping negative bagi lingkungan yaitu limbah. Limbah banyak sekali jenisnya, salah satunya limbah dominan dari hasil kegiatan kampus adalah limbah gas berupa karbon dioksida (CO_2) yang timbul dari penggunaan-penggunaan alat yang mengkonsumsi energi. CO_2 merupakan gas rumah kaca yang kontribusinya terhadap pemanasan global mencapai lebih dari 60% dari total gas rumah kaca yang ada. Salah satu upaya alami yang paling efektif untuk mengurangi CO_2 adalah dengan keberadaan ruang terbuka hijau (RTH). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung emisi karbon dari kegiatan perbengkelan serta menganalisis kecukupan RTH, penelitian ini diawali dengan melakukan inventarisasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yaitu dengan cara identifikasi sumber-sumber penghasil emisi dan melakukan perhitungan besarnya masing-masing emisi tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis kemampuan dan kecukupan RTH eksisting dalam menyerap emisi CO_2 berdasarkan data kemampuan penyerapan emisi CO_2 oleh tiap jenis pohon, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rumus dan perhitungan emisi CO_2 sesuai rumus dan ketentuan faktor emisi pada IPCC, (2006). Berdasarkan hasil penelitian, CO_2 primer dan sekunder dari kegiatan perbengkelan PPNS sebesar 1129,806 ton CO_2 /tahun dan kebutuhan RTH sebesar 12,87 m².

Kata kunci: PPNS, RTH dan CO_2

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk, kemajuan teknologi dan keinginan masyarakat Indonesia untuk terus memperbaiki taraf hidupnya sehingga banyak pertumbuhan kegiatan-kegiatan yang dilakukan, salah satunya adalah kegiatan perkuliahan di dalam sebuah kampus sebagai wadah untuk berbagi ilmu. Kegiatan-kegiatan di dalam kampus sangat beragam, di dalam kegiatan tersebut tidak akan bisa lepas dari hasil sampingan yaitu berupa limbah dalam hal ini adalah emisi GRK, aktifitas-aktifitas tersebut tentunya tidak hanya memberikan dampak positif saja, tetapi juga akan menghasilkan efek negatif berupa limbah yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan dan juga penurunan kesehatan jika tidak dikelola dengan tepat.

Emisi GRK ini yang bisa menyebabkan pemanasan global, pemanasan global (*global warming*) telah menjadi isu penting yang semakin diperbincangkan baik di tingkat nasional maupun internasional, karena telah diketahui berbagai dampak negatif yang ditimbulkan bagi kelangsungan hidup manusia (Setiawan *et al*, 2011). Salah satu contoh dari akibat CO_2 yang tidak terkendali yaitu suhu udara naik yang bisa menyebabkan tenggelamnya pulau-pulau kecil dikarenakan mencairnya gunung-gunung es di kutub (Samiaji, 2007).

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang yang sudah meratifikasi Protokol Kyoto melalui UU no. 17 Tahun 2004. Salah satu kelanjutannya adalah dengan secara sukarela melakukan upaya terkait untuk mengurangi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan baik dari sektor energi maupun non-energi. Berdasarkan Pernyataan Presiden RI di Pittsburgh dan Copenhagen, bahwa: "Indonesia akan menurunkan emisi secara sukarela sampai 26% (41%)", Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan area yang ditumbuhi oleh tanaman/tumbuhan, tumbuhan merupakan media paling efektif untuk mengurangi emisi CO_2 melalui proses fotosintesis.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan skala kampus, perhitungan karbondioksida (CO_2) dilakukan dari kegiatan di dalam kelas dan juga kegiatan di dalam bengkel. Langkah pertama adalah melakukan inventarisasi CO_2 primer dan sekunder dari kelas dan bengkel, yaitu melakukan pendataan terhadap alat-alat yang mengkonsumsi energi atau

menggunakan alat yang mengkonusmsi energi listrik, kemudian berdasarkan data CO₂ tersebut maka akan dihitung kebutuhan luas ruang terbuka hijau (RTH) yang harus dipenuhi, detail metode yang digunakan sebagai berikut:

A. Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Primer

Faktor emisi bahan bakar yang digunakan adalah dengan menggunakan pendekatan melalui faktor emisi dan *Net Calorific Volume* (NCV) bahan bakar LPG, minyak tanah dan solar dari IPCC (2006) sebagai berikut ini

Tabel 1. Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar LPG

Bahan Bakar	Faktor Emisi	NCV
LPG	63,1	47,3

Dengan rumus perhitungan yang digunakan yaitu:

$$\text{Emisi CO}_2 = a \times \text{EF}_{\text{CO}_2} \times \text{NCV}_{\text{LPG}}$$

dimana:

- Emisi CO₂ = total emisi CO₂ (g karbon)
- a = konsumsi LPG (kg)
- EF_{CO₂} = faktor emisi LPG 63,1 g Carbon/MJ
- NCV = berat bersih LPG 47,3 MJ/kg

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan oleh IPCC (2006) untuk menghitung emisi CO₂ primer:

Tabel 2. Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Solar

Bahan Bakar	NCV	CEF
	(TJ/kiloton Fuel)	(ton CO ₂ /TJ)
Solar	43	74.1

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF} \times \text{NCV}$$

dimana :

- ∑ FC = jumlah bahan baker fosil yang digunakan (massa/volume)
- NCV = nilai Net Calorific Volume per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ kiloton fuel)
- CEF = Carbon Emission Factor (ton CO₂/TJ)

B. Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Sekunder

Rumus perhitungan CO₂ yang digunakan oleh IPCC (2006) untuk menghitung emisi CO₂ sekunder:

Tabel 3. Faktor Emisi Listrik

Bahan Bakar	CEF
	(Kg CO ₂ /Kwh)
Listrik	0,59

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF}$$

dimana :

- ∑ FC = jumlah listrik yang dikonsumsi (Kwh)
- CEF = Carbon Emission Factor (Kg CO₂/Kwh)

C. Perhitungan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau

Hubungan antara laju serapan dan luas ruang terbuka hijau dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada persamaan berikut ini.

$$S = 0,2278 e^{(0,0048 \times I)}$$

dimana:

- S = laju serapan CO₂ per satuan luas
- I = intensitas cahaya, watt/m² (1 kal/cm²/hari = 0,485 watt/m²)
- e = bilangan pokok logaritma natural
- 0,0048 = koefisien intensitas cahaya
- 0,2278 = konstanta penjumlahan

Setelah didapatkan nilai total emisi dan laju serapan karbondioksida (CO₂), selanjutnya bisa dilakukan perhitungan luas ruang terbuka hijau (RTH), yaitu sebagai berikut:

$$\text{Luas RTH} = \frac{\text{emisi CO}_2}{\text{daya serap CO}_2}$$

dimana:

- RTH = RTH (m²)
 Emisi CO₂ = Total emisi yang dihasilkan dari (grCO₂/detik)
 Daya serap = kemampuan serap CO₂ (grCO₂/m²/detik)

3. HASIL ADAN PEMBAHASAN

Inventarisasi karbondioksida (CO₂) dilakukan di area perbengkelan kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, meliputi CO₂ primer dan CO₂ sekunder serta perhitungan kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan CO₂ total yang dihasilkan, berikut adalah bengkel-bengkel yang dilakukan inventarisasi CO₂.

Tabel 4. Lokasi Inventarisasi Karbondioksida

No.	Nama bengkel	No.	Nama bengkel
1	Bengkel Las	9	Laboratorium Pneumatik
2	Bengkel Mesin	10	MRC
3	Bengkel Listrik	11	Laboratorium Kimia
4	Bengkel Konstruksi	12	Laboratorium Fisika
5	Laboratorium Uji Bahan	13	Laboratorium Ergonomi
6	Laboratorium Otomasi	14	Studio Gambar 1, 2 & 3
7	Bengkel Perkakas	15	CNC
8	Bengkel NDT/ Motor bakar	16	Laboratorium CAD 1, 2 & 3

A. Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Primer

Perhitungan karbondioksida (CO₂) primer dilakukan dengan cara melakukan inventarisasi penggunaan energy seperti minyak tanah, solar, LPG dsb, kemudian dikalikan dengan faktor emisi CO₂ untuk bahan bakar tersebut.

- Konsumsi LPG 12 kg (selama 1 tahun) ditemukan di lab. Kimia, sehingga perhitungannya sebagai berikut:
 Emisi CO₂ = 12 kg x 63,1 gCO₂/MJ x 47,3 MJ/kg
 = 0,036 ton CO₂/tahun
 - Konsumsi solar 300 liter/tahun ditemukan di lab. boiler, sehingga perhitungannya sebagai berikut:
 Emisi CO₂ = 1,02 Kiloton fuel/tahun x 43 TJ/Kiloton fuel x 74,1 ton CO₂/TJ
 = 812,50 ton CO₂/tahun
- Emisi CO₂ Total = 0,036 ton CO₂/tahun + 812,50 ton CO₂/tahun
 = 812,536 ton CO₂/tahun

B. 3.2 Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Sekunder

Perhitungan karbondioksida (CO₂) sekunder dilakukan dengan cara melakukan inventarisasi alat-alat yang menggunakan listrik, kemudian dikalikan dengan factor emisi CO₂ untuk listrik. Contoh perhitungan CO₂ untuk alat mesin las SMAW pada bengkel las, sebagai berikut:

- Jumlah alat = 10 alat
- Jam operasi = 480 jam/tahun
- Daya = 0,4 kWh

Maka, total konsumsi listriknya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah alat} \times \text{jam operasi} \times \text{daya} \\ &= 10 \times 480 \text{ jam/tahun} \times 0,4 \text{ kWh} \\ &= 1920 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= \sum \text{FC} \times \text{CEF} \\ &= 1920 \text{ kWh/tahun} \times 0,59 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh} \\ &= 1,25 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Tabel 5. Pehitungan CO₂ di Bengkel Las

No	Nama Alat	Jumlah Unit	Jam Operasi		Daya (kWh)	Faktor Emisi (kg CO ₂ /Kwh)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
			Jam/hari	Jam/tahun			
1	Mesin Las SMAW	11	2	480	0,4	0,59	1,25
2	Mesin Las SMAW	10	2	480	0,9	0,59	2,55
3	Mesin Las GTAW	5	2	480	1,3	0,59	1,84
4	Mesin GCAW	1	2	480	1,5	0,59	0,42
5	Mesin Gerinda	10	2	480	0,72	0,59	2,04
6	Mesin Gerinda	3	2	480	0,35	0,59	0,30
7	Kipas	5	8	1920	0,065	0,59	0,37
8	Lampu	30	12	2880	0,05	0,59	2,55
9	Lampu TL	3	12	2880	0,04	0,59	0,20
10	AC 1/2 PK	1	8	1920	0,33	0,59	0,37
11	Printer	1	4	960	0,011	0,59	0,01
Total Emisi Bengkel Las (ton CO₂/tahun)							11,90

Dengan perhitungan seperti diatas, maka didapatkan nilai karbondioksida (CO₂) dari kegiatan berbengkelan di PPNS, yaitu:

Tabel 6. Pehitungan CO₂ Sekunder

No	Nama Bengkel	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	No	Nama Bengkel	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Bengkel Las	11,9	9	Lab. Pneumatic	13,63
2	Bengkel Mesin	8,6	10	MRC	2,13
3	Bengkel Listrik	60,35	11	Lab. Kimia	1,25
4	Bengkel Kosntruksi	41,82	12	Lab. Fisika	8,7
5	Lab Uji Bahan	13,79	13	Lab. Ergonomi	5,35
6	Lab. Otomasi	13,56	14	Studio Gambar	19,46
7	Bengkel Perkakas	60	15	Lab. CNC	26,66
8	Bengkel Boiler	8,46	16	Lab. CAD	21,61
Total CO₂ sekunder 317,27 ton CO₂/tahun					

Berdasarkan hasil penelitian, total CO₂ sekunder dari kegiatan perbengkelan PPNS sebesar 317,27 ton CO₂/tahun

C. Perhitungan Karbondioksida (CO₂) Total

Perhitungan karbondioksida (CO₂) total didapatkan dari penjumlahan antara CO₂ primer dan CO₂ sekunder yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ Total} &= \text{CO}_2 \text{ Primer} + \text{CO}_2 \text{ Sekunder} \\
 &= 812,536 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} + 317,270 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \\
 &= 1129,806 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Untuk menghitung laju serapan ini dibutuhkan data intensitas cahaya yang berlaku di wilayah studi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Adiarstari, (2010), maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini.

perhitungan laju serapan rata-rata selama satu tahun:

$$\begin{aligned}
 \clubsuit I &= 413,786 \text{ watt/m}^2 \\
 \clubsuit S &= 0,2278 \times e^{(0,0048 \times 413,786)} \\
 &= 1,670 \text{ } \mu\text{g/cm}^2/\text{menit} \\
 &= 2,7834 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh hasil rata-rata serapan CO₂ oleh RTH yaitu sebesar $2,783 \times 10^{-8}$ g/cm²/detik. Angka ini nantinya akan digunakan sebagai faktor pengali untuk menghitung laju serapan CO₂ oleh RTH. Perhitungan kebutuhan RTH sebagai berikut:

- CO₂ total yang dihasilkan = 1129,806 ton CO₂/tahun
= 35,828 gr CO₂/detik
- Serapan CO₂ = $2,783 \times 10^{-8}$ g/cm²/detik
- Maka luas RTH yang dibutuhkan =
= 35,828 grCO₂/detik : $2,783 \text{ grCO}_2/\text{m}^2/\text{detik}$
= 12,87 m²

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini, sesuai dengan rumusulan masalah antara lain:

- a. Kegiatan perbengkelan di 16 bengkel PPNS menghasilkan karbon dioksida (CO₂) sebesar 1129,806 ton CO₂/tahun
- b. Berdasarkan karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dan kemampuan penyerapan CO₂ sesuai nilai intensitas cahaya rata-rata di Kota Surabaya, luas ruang terbuka hijau yang dibutuhkan sebesar 12,87 m²

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada P3M PPNS yang telah mendanai penelitian ini dan pihak-pihak terkait, sehingga penelitian yang berjudul perhitungan emisi karbon dan kecukupan ruang terbuka hijau di lingkungan kampus (studi kasus: kampus politeknik perkapalan negeri surabaya) terlaksana dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. 2006. *Taman dan Hutan Kota*. Azka Mulia Media, Jakarta
- Adiastari, R. 2009. *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dalam Menyerap Emisi Karbon Di Kota Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP ITS, Surabaya
- Cho, S.H, Poudyal, N.C, dan Roberts, R.K. 2008. *Spatial Analysis of The Amenity Value of Green Open Space: International Journal of Ecological Economics*, Vol. 66, 409-416. Department of Agricultural Economics - The University of Tennessee, USA
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories –Workbook (Volume 2)*. <http://www.ipcc.ch>
- Kalff.J. 2002. *Limnology*. Prentice Hall In, New Jersey.
- Mangkoedihardjo, S. 2008. *Fitoteknologi Infrastruktur Lingkungan*. Kontruksi Indonesia Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta
- Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment In Developing Countries*. UK : Cromwell Press, Trowbridge
- Pentury, T. 2003. Disertasi : *Konstruksi Model Matematika Tangkapan CO₂ pada Tanaman Hutan Kota*. Universitas Airlangga, Surabaya
- Reynolds, C. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, First Edition
- Samiaji, T. 2007. *Emisi CO₂ dari Penggunaan Energi*. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Bandung
- Setiawan, A., Kardono, Darmawan, R.A., Santoso, Stami, A.H., Prasetyadi, Panggabean, L., Radini, D., dan Sapulete, S. 2008. *Teknologi Penyerapan Karbondioksida dengan Kultur Fitoplankton pada Fotobioreaktor*. Pusat Teknologi Lingkungan , Jakarta
- Shuler, M L dan Kargi, F. 2002. " *Bioprocess Engineering : Basic Concepts* " Second Edition. Preintce Hall International Series, Upper Saddle River, NJ 07458.
- Siregar, A. 2010. *Anabolisme (Fotosintesis & Kemosintesis)* <URL:http://http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/biologi-pertanian/metabolisme-sel/anabolisme-fotosintesis-dan-kemosintesis/>

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analisis Korosivitas Biodiesel Yang Diproduksi dari Minyak Goreng Bekas Terhadap Material Baja Karbon

Adhi Setiawan^{1*}, Agung Nugroho²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah Keselamatan dan Kesehatan Kerja

²Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*adhistw23@gmail.com

Abstrak

Kemajuan teknologi di bidang industri dan transportasi mendorong konsumsi bahan bakar fosil semakin meningkat sehingga persediannya akan semakin menipis dan berpotensi menimbulkan krisis energi di masa yang akan datang. Selain itu, pembakaran dari bahan bakar fosil menjadi penyebab utama dari pencemaran udara. Hal ini mendorong pengembangan energi alternatif terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Biodiesel adalah salah satu energi alternatif terbarukan yang dapat menjadi solusi dari permasalahan tersebut namun pemakaian biodiesel masih berpotensi menimbulkan korosi sehingga perlu dilakukan investigasi tentang penyebab dan mekanisme korosi pada biodiesel khususnya pada baja. Bahan baku yang digunakan dalam sintesis biodiesel yaitu minyak goreng bekas dan methanol dengan molar rasio 1:6. Reaksi transesterifikasi biodiesel dilakukan pada suhu 70 °C dengan katalis NaOH dengan waktu reaksi dua dan tiga jam. Dari hasil uji GC-MS menunjukkan bahwa kandungan FAME pada biodiesel yang ditransesterifikasi selama 2 dan 3 jam masing-masing sebesar 98,74% dan 98,41% dengan komponen yang terdiri dari metil palmitate, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat. Besarnya laju korosi pada baja karbon pada biodiesel dengan waktu esterifikasi reaksi 2 jam-30d-30°C yaitu 0,0212 mpy sedangkan pada biodiesel dengan waktu esterifikasi reaksi 3 jam-30d-70°C sebesar 0,79 mpy. Analisis XRD pada sample baja menunjukkan munculnya peak yang terdeteksi sebagai senyawa FeO, Fe₂O₃, FeO(OH) dan Fe₂O₂CO₃ sebagai akibat dari korosi.

Kata Kunci: Biodiesel, korosi, FAME, transesterifikasi, minyak goreng jelantah

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang industri dan transportasi mendorong konsumsi bahan bakar fosil semakin meningkat dengan cukup pesat sehingga persediannya semakin lama akan semakin menipis. Hal ini disebabkan bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui sehingga sangat berpotensi menimbulkan krisis energy dimasa yang akan datang (Jin dkk, 2015). Selain itu pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan masalah bagi lingkungan terutama meningkatkan polusi udara. Berbagai usaha telah dilakukan untuk menemukan energy alternative terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil di masa mendatang sehingga dapat menurunkan angka konsumsi dari bahan bakar fosil. Salah satu bentuk energy terbarukan yang disintesis dari minyak nabati adalah biodiesel. Indonesia merupakan negara yang menghasilkan produksi minyak sawit yang melimpah sekitar 7 juta ton/tahun sehingga berpotensi mengembangkan produksi biodiesel dari minyak sawit (Sibua dan Poshman 2003). Hasil produksi minyak sawit tersebut sebagian diekspor ke pasar internasional sedangkan sebagian lainnya digunakan sebagai bahan baku produksi minyak goreng.

Pemakaian minyak secara berulang-ulang secara langsung akan menurunkan kualitas dari minyak goreng yang ditandai perubahan warna minyak dari kuning jernih hingga kecoklatan. Dalam kondisi demikian minyak harus dibuang karena menurunkan mutu penggorengan bahkan berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Namun membuang limbah minyak goreng bekas dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan (Charpe dkk, 2011). Oleh karena itu, dengan memanfaatkan limbah minyak goreng bekas sebagai sumber energy alternative biodiesel diharapkan dapat menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan serta kesehatan.

Pada dasarnya biodiesel merupakan fatty acid methyl esters (FAMES). Biodiesel dapat disintesis melalui esterifikasi asam lemak bebas atau transesterifikasi trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati (Leung dkk, 2010). Produksi biodiesel dari minyak goreng bekas dapat menjadi solusi terhadap ketergantungan pemakaian bahan bakar fosil. Namun disisi lain kualitas dari biodiesel yang diproduksi dari limbah minyak goreng harus ditingkatkan. Biodiesel memiliki kandungan komponen saturated ester dan unsaturated ester yang cenderung bersifat tidak stabil, sensitive terhadap cahaya, suhu, dan ion logam (Jain dkk, 2011). Bila dibandingkan dengan diesel, biodiesel memiliki kandungan uap air, asam organic, aldehid, dan peroksida, keton, dan ester yang menyebabkan korosi pada sistem bahan bakar (Fazal dkk, 2014). Beberapa bagian dari mesin diesel dibuat dari

baja karbon seperti tangki bahan bakar, saluran bahan bakar, sistem injeksi sehingga berpotensi terserang korosi apabila kandungan impurities dalam biodiesel tinggi (Haseeb dkk, 2011).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel bersifat lebih korosif dibandingkan dengan bahan bakar diesel biasa namun memberikan lubrikasi pada mesin yang lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar diesel (Haseeb dkk, 2011). Park dkk melaporkan bahwa penggunaan bioethanol yang dicampur dengan gasoline dapat meningkatkan ketahanan korosi pada paduan aluminium dengan metode analisis elektro impedance spektroskopi. Savita kaul mempelajari korosi pada mesin diesel dan menemukan bahwa kandungan belerang dalam biodiesel menjadi penyebab utama timbulnya serangan korosi.

Pada penelitian ini difokuskan untuk mempelajari pengaruh biodiesel yang disintesis oleh limbah minyak goreng terhadap korosi pada baja karbon yang belum dipelajari oleh beberapa peneliti sebelumnya. Pemilihan material baja karbon sebagai pertimbangan bahwa hampir seluruh bagian mesin diesel dibuat dari material baja karbon. Dengan mengetahui korosivitas pada biodiesel pada baja karbon diharapkan memberikan informasi bagi peneliti untuk meningkatkan kualitas produk biodiesel sehingga kandungan impurities penyebab terjadinya korosi dapat dihilangkan serta dapat dikembangkan metode pencegahan korosi yang ditimbulkan pada pemakaian biodiesel dengan bahan baku minyak goreng bekas

2. METODOLOGI

Sintesis biodieselawali dengan tahap perlakuan awal umumnya ditujukan untuk mengurangi kandungan air dan asam lemak bebas di dalam bahan baku minyak. Untuk menghilangkan kandungan air di dalam minyak dapat dilakukan pemanasan pada suhu 100 °C. tahap selanjutnya dilakukan filtrasi untuk memisahkan pengotor yang tersuspensi di dalam minyak jelantah sehingga diperoleh minyak goreng yang jernih dan transparan. Sintesis biodiesel dilakukan mereaksikan 1,5 gr NaOH (Merck) dengan 100 ml metanol (Merck) agar terbentuk larutan natrium metoksida. Larutan trigliserida selanjutnya direaksikan dengan larutan metoksida pada rasio molar 6:1 disertai dengan pengadukan pada 200 rpm dan pemanasan pada suhu 60 °C selama 2 jam. campuran dipindahkan ke dalam corong pisah kemudian didiamkan selama 24 jam sehingga akan terbentuk lapisan gliserol dan lapisan biodiesel. Setelah proses tersebut selesai dilanjutkan dengan memisahkan lapisan biodiesel dan gliserol. Biodiesel yang terbentuk dicuci dengan aquadest untuk memisahkan sisa NaOH dan sabun yang merupakan hasil samping dari reaksi transesterifikasi. Melakukan filtrasi pada biodiesel dengan kertas saring untuk memisahkan pengotor dilanjutkan dengan menguapkan sisa air yang terdistribusi dalam biodiesel pemanasan pada suhu 105 °C. Melakukan metode yang sama dengan sebelumnya namun dengan waktu transesterifikasi selama 3 jam.

Biodiesel yang telah disintesis dari minyak goreng bekas dan telah mengalami transesterifikasi selanjutnya dianalisis beberapa karakteristiknya seperti densitas dan serta kandungan FAME nya dengan menggunakan GC-MS. Pengujian korosi dilakukan menggunakan metode uji celup berdasarkan ASTM G-31. Dalam pengujian ini plat baja dipotong dengan dimensi 15 x 15 x 1 mm. Sebelum dilakukan uji pencelupan potongan logam tersebut diabrasi dengan menggunakan kertas gosok berukuran 600 grit untuk membersihkan kotoran dan kerak korosi pada permukaan logam uji tersebut. Selanjutnya setelah diabrasi logam uji dibersihkan dan dibilas dengan acetone. Setelah dicuci logam uji dikeringkan di dalam oven untuk menghilangkan sisa pelarut dengan suhu pengeringan 60 °C selama 3 jam dilanjutkan dengan penimbangan. Setelah logam uji ditimbang dilanjutkan dengan pencelupan logam uji pada biodiesel dalam wadah beaker glass 600 ml selama waktu 30 hari dengan variasi suhu sebesar 30 °C dan 70 °C. Setelah uji pencelupan dilakukan pembersihan dan penimbangan untuk mengetahui besarnya massa yang hilang akibat korosi. Besarnya laju korosi dihitung dengan persamaan berikut:

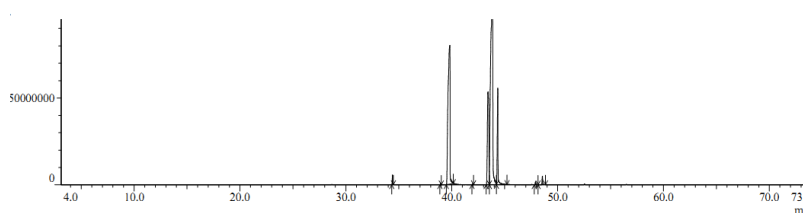
$$CR(mmy) = 8,76 \frac{\Delta m}{\rho TS} \quad (1)$$

Dimana CR dinyatakan dalam mpy, Δm adalah berat yang hilang (g), ρ adalah densitas (g/cc), T adalah waktu celup (h) dan A adalah luas area logam uji (m²).

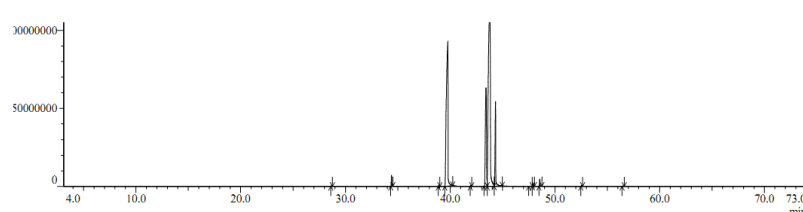
Morfologi dari logam uji setelah mengalami korosi di uji dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) Phenom Dekstop. Produk korosi pada permukaan baja dianalisa dengan XRD (*X-ray Diffraction*) Philips 30mA, X-ray 40 kV.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksperimen menunjukkan bahwa biodiesel dapat disintesis dengan menggunakan bahan baku minyak goreng bekas rasio molar antara trigliserida dan metanol sebesar 1:6 dengan menggunakan katalis berupa NaOH. Berdasarkan uji densitas menunjukkan bahwa biodiesel yang disintesis dengan waktu reaksi 2 jam dan 3 jam masing-masing memiliki densitas sebesar 0,879 g/ml dan 0,867 g/ml. Dari pengujian sample biodiesel dengan menggunakan GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectroscopy) pada gambar 1 dan menunjukkan bahwa biodiesel mengandung komponen Fatty Acid Metil Ester (FAME) yang ditandai dengan munculnya peak pada waktu retensi 39,82 menit, 43,43 menit, 43,85 menit, dan 44,34 menit untuk waktu reaksi 2 jam. Pada gambar 2 sedangkan pada waktu transesterifikasi selama 3 jam komponen FAME muncul pada waktu retensi 39,78 menit, 43,41 menit, 43,8 menit, dan 44,32 menit. Perbedaan waktu retensi menunjukkan bahwa setiap komponen FAME dalam biodiesel memiliki kecepatan difusi yang berbeda sehingga komponen FAME dengan kecepatan difusi lebih besar akan terdeteksi terlebih dahulu. Selain itu hasil analisa dengan Mass Spectroscopy menunjukkan bahwa komponen biodiesel tersusun dari FAME yang terdiri dari metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat dengan komposisi yang dapat diamati pada table 1.



Gambar 1 Kromatogram biodiesel pada waktu transesterifikasi selama 2 jam



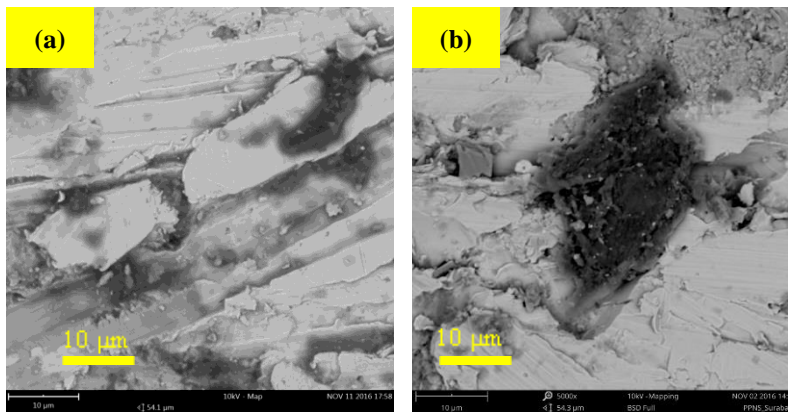
Gambar 2 Kromatogram biodiesel pada waktu transesterifikasi selama 3 jam

Tabel 1. Komponen FAME dalam biodiesel

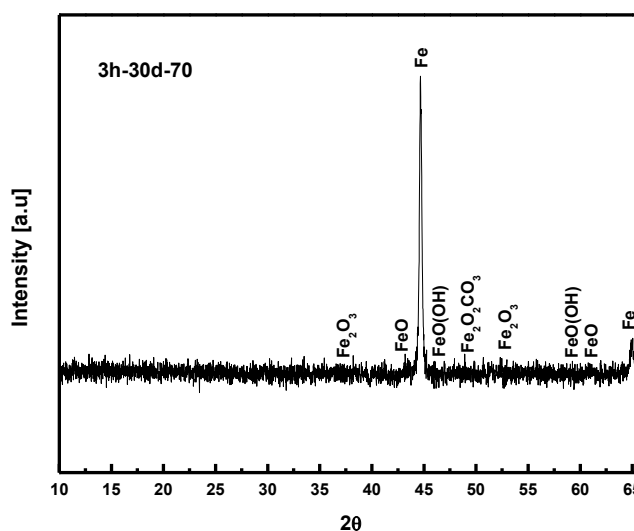
Komponen FAME	Kandungan FAME (% wt)	
	Transesterifikasi 2 jam	Transesterifikasi 3 jam
Metil palmitat	30,08	31,31
Metil linoleat	14,64	14,3
Metil oleat	46,11	45,54
Metil stearat	7,91	7,2

Kandungan total FAME pada biodiesel yang disintesis dengan menggunakan waktu reaksi 2 jam dan 3 jam masing-masing sebesar 98,74 % dan 98,41% dengan komponen penyusun terbesar berupa metil oleat. Perbedaan ini disebabkan meningkatnya waktu reaksi hingga mencapai waktu transesterifikasi 3 jam menyebabkan terjadinya reaksi reversible dari esterifikasi bergeser ke arah kiri sehingga akan menurunkan konversi dan menurunkan produk biodiesel yang telah terbentuk.

Tingkat korosivitas dari biodiesel yang telah terbentuk melalui waktu reaksi selama 2 jam dan 3 jam di uji dengan menggunakan teknik immersi dengan menggunakan logam berupa baja karbon. Dari hasil uji immersi diperoleh bahwa laju korosi pada baja karbon yang tercelup dalam biodiesel dengan waktu esterifikasi 2jam-30d-30°C sebesar 0,0212 mpy sedangkan laju korosi dalam biodiesel dengan waktu esterifikasi 2jam-30d-70°C sebesar 0,790 mpy. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa meningkatnya suhu biodiesel akan meningkatkan laju korosi pada baja karbon. Hal ini disebabkan pada suhu yang tinggi proses oksidasi dari komponen pada biodiesel, oksigen, dan atom oksigen yang ada pada biodiesel mengarah menuju terbentuknya oksida metal (Li dan Fang, 2009)

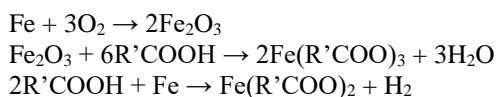


Gambar 3. Morfologi baja karbon (a) setelah kontak dengan biodiesel 2H pada 30d-30°C (b) setelah kontak dengan biodiesel 3H pada 30d-70°C



Gambar 4 XRD baja karbon setelah kontak dengan biodiesel 3H pada 30d-70°C

Gambar 3. Menunjukkan SEM dari permukaan baja karbon yang terserang korosi akibat kontak dengan biodiesel. Serangan korosi pada baja karbon tersebut tersebar secara merata pada seluruh permukaan baja ditandai dengan terbentuknya lubang (pit) yang berwarna gelap akibat proses korosi. Meningkatnya temperature fluida akan mengarah pada meningkatnya ukuran lubang (pit) pada baja karbon. Hal ini disebabkan laju korosi baja karbon semakin meningkat apabila suhu ditingkatkan semakin. Selain itu, sebagian produk oksidasi berupa ion Fe akan larut ke dalam biodiesel atau terdeposit pada permukaan logam sehingga akan bereaksi dengan asam lemak bebas dalam biodiesel membentuk garam asam lemak pada permukaan logam baja. Berikut reaksi yang terjadi selama proses korosi baja karbon



Oleh karena itu, berdasarkan reaksi diatas memungkinkan berat logam akan berkurang setelah uji immersi. Hal ini disebabkan sebagian ion logam akan terlarut pada biodiesel sehingga menyebabkan warna biodiesel akan berubah dari kuning jernih menjadi kecoklatan. Adanya senyawa oksida yang terbentuk dari korosi dapat ditunjukkan dari grafik XRD pada gambar 4 yang menunjukkan adanya senyawa FeO, Fe₂O₃, FeO(OH) dan Fe₂O₂CO₃ sebagai akibat dari korosi.

4. KESIMPULAN

Biodiesel mengandung komponen Fatty acid metil ester (FAME) yang berpotensi menyebabkan korosi pada logam baja karbon. Tingkat korosivitas dari baja karbon di dalam biodiesel terutama sangat dipengaruhi oleh faktor suhu dari biodiesel. Dengan meningkatnya suhu biodiesel menyebabkan laju korosi pada baja karbon akan semakin tinggi. Besarnya laju korosi pada baja karbon pada biodiesel dengan waktu esterifikasi reaksi 2 jam- 30d-30°C yaitu 0,0212 mpy sedangkan pada biodiesel dengan waktu esterifikasi reaksi 3 jam- 30d-70°C sebesar 0,79

mpy. Hasil XRD menunjukkan bahwa produk korosi baja karbon oleh biodiesel berupa FeO, Fe₂O₃, FeO(OH) dan Fe₂O₂CO₃

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang telah mendanai penelitian ini melalui skema DIPA PPNS tahun 2016.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Charpe, T.W., Rathod, V.K., .2011. Biodiesel production using waste frying oil, *Waste Management* ,31, pp. 85–90
- Fazal MA, Jaceria MR, Haseeb ASMA,. 2014. Effect of copper and mild steel on the stability of palm biodiesel properties: a comparative study, *J. Ind Crops Prod*, 58, pp. 8-14
- Haseeb ASMA, Fazal M.A. 2011. Jahirul MI, Masjuki HH. Compatibility of auto-motive materials in biodiesel: a review. *J. Fuel*, 90, pp. 922-931
- Jain S, Sharma MP, .2011. Correlation development for effect of metal contaminantson the stability of *Jatropha curcas* biodiesel, *J. Fuel*, 90, pp. 2045-2050
- Jin, Dingfeng., Zhou, Xuehua., Wu, Panpan., Jiang, Li., Ge, Hongliang. 2015. Corrosion behavior of ASTM 1045 mild steel in palm biodiesel, *J. Renewable Energy*,81, pp. 457-463
- Liu J, Fang Y. 2009. The dissolved oxygen on the corrosion of 20R steel by biodiesel. *J. Corrosion Protection* 2009, 30, pp. 711-3
- Sibuea dan Posman. 2003. Pengembangan Industri Biodisel Sawit, www.kcm.com, 10 Oktober 2007

Halaman ini sengaja dikosongkan

Smart PV Solar Tracking System Menggunakan Metode BP-NN (*Back Propagation Neural Network*)

R. Y. Adhitya, Sryang T. Sarena, Rachmad A. Atmoko, Dana Hartono

Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS
Sukolilo, Surabaya 60111
ryanyudhaadhitya@gmail.com

Abstrak

Dengan rendahnya efisiensi konversi energi pada sel surya, *solar tracking* menjadi sangat esensial untuk memaksimalkan penangkapan cahaya matahari pada panel surya. Pada penelitian ini, telah dirancang dan dibangun prototipe sistem *solar tracker*. Masukan terhadap sistem ini berupa data intensitas cahaya yang diperoleh dari *Light Dependent Resistor* (LDR). Pergerakan dari *solar tracker* ini berdasarkan dari selisih pembacaan sensor untuk memutuskan arah putaran dan kecepatan yang didapat menggunakan metode *Back Propagation Neural Network*. Sebagai perbandingan, keluaran dari prototipe ini dibandingkan dengan keluaran dari panel surya yang stasioner. Hasil dari penelitian ini terbukti mampu memaksimalkan penangkapan cahaya matahari yang berpengaruh dalam produksi energi listrik. Prototipe ini menghasilkan keluaran 6,79 % lebih banyak dibandingkan dengan panel surya stasioner.

Kata kunci: *Solar tracker, PV, BP-NN*

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global semakin nyata. Temperatur permukaan bumi yang terus meningkat, mulai terjadi secara drastis sejak terjadinya revolusi industri (J.Hansen dkk., 2010). Para peneliti menemukan bahwa penyebab utama pemanasan global adalah emisi gas rumah kaca atau *green house gases* (GHG) oleh manusia (National Geographic, 2016). Karena sebagian besar GHG berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan, pabrik dan pembangkitan listrik, maka pemakaian energi terbarukan dalam membangkitkan listrik adalah salah satu cara untuk menurunkan emisi GHG.

Salah satu energi terbarukan yang banyak digunakan untuk membangkitkan listrik adalah cahaya matahari, terutama pada sel surya atau *photovoltaic* (PV). Indonesia merupakan lokasi yang sangat strategis untuk pemakaian PV, karena secara geografis berada tepat pada garis katulistiwa sehingga mendapat sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun. Bentuk negara Indonesia yang berupa negara kepulauan semakin menegaskan kebutuhan akan penggunaan energi terbarukan untuk membangkitkan listrik, karena secara ekonomi dan keamanan, interkoneksi pembangkit listrik konvensional antar pulau-pulau kecil dan terpencil sangat tidak efisien.

Pada umumnya, sel surya memiliki efisiensi sebesar 11-15%. Pada tahun 2015, efisiensi sel surya maksimum yang telah tercapai pada penelitian di lab adalah sebesar 46% (Z.H. Kafafi dkk., 2015). Nilai efisiensi ini menunjukkan rasio antara keluaran berupa besarnya energi listrik yang didapat terhadap masukan sel surya berupa cahaya & panas dari matahari. Dapat terlihat bahwa energi listrik yang dihasilkan akan menjadi semakin kecil jika cahaya matahari yang mengenai sel surya tidak maksimal, karena kedua hal tersebut berbanding lurus. Untuk memaksimalkan penangkapan cahaya matahari pada panel surya (modul yang berisi beberapa sel surya), digunakan alat yang disebut *solar tracker*. Alat ini akan mengarahkan panel surya menuju pancaran cahaya matahari terkuat berdasarkan data intensitas cahaya yang diterima.

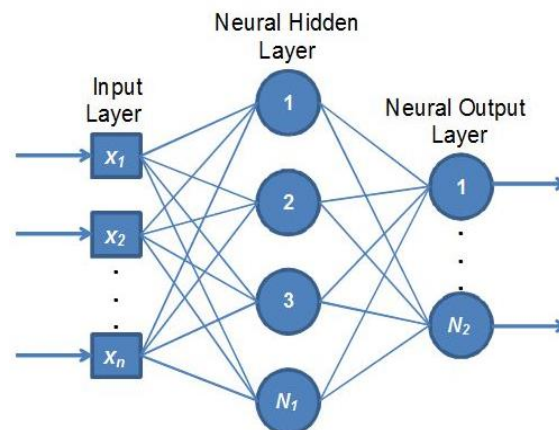
Pada penelitian ini, dirancang dan dibangun prototipe sistem solar tracker. Masukan terhadap sistem ini berupa data intensitas cahaya yang diperoleh dari *Light Dependent Resistor* (LDR). Arah pergerakan dan kecepatan dari *solar tracker* ini berdasarkan dari selisih pembacaan sensor yang diproses menggunakan metode *Back Propagation Neural Network*. Sebagai perbandingan, keluaran dari prototipe ini akan dibandingkan dengan keluaran dari panel surya yang stasioner. Penelitian ini merupakan awal dari penelitian jangka panjang dalam rangka memaksimalkan produktifitas sel surya.

2. JARINGAN SYARAF TIRUAN (NEURAL NETWORK)

Jaringan syaraf tiruan merupakan bagian dari teknologi *artificial intelligence*. Jaringan syaraf tiruan adalah sebuah mesin yang dirancang untuk mempolakan cara kerja otak menggunakan sebuah fungsi tertentu. Untuk mendapatkan hasil yang baik, jaringan syaraf tiruan menggunakan hubungan yang besar antara sel-sel komputasi yang disebut sebagai neuron. Pengetahuan dibutuhkan jaringan dari lingkungannya melalui proses pembelajaran (Hossein Ranjbar dkk., 2015).

Jaringan syaraf tiruan dikarakteristikan dengan pola koneksi antar neuron yang disebut arsitektur, metode penentuan bobot pada setiap koneksinya (yang disebut *training* atau *learning*, algoritma) dan fungsi aktivasinya. Jaringan syaraf terdiri dari elemen pemroses sederhana yang dinamakan *neuron*, *unit*, *sel* atau *node*. Jaringan syaraf dapat diaplikasikan untuk masalah yang sangat luas, seperti penyimpanan dan pemanggilan kembali data atau pola, mengklasifikasikan pola, menampilkan pemetaan secara umum dari pola input menjadi pola output, mengelompokkan pola yang sama, atau menemukan solusi optimal dari suatu masalah. Setiap neuron mempunyai fungsi aktivasi atau level aktivitas, yang merupakan fungsi dari input yang telah diterima. Neuron mengirimkan aktivasinya sebagai sebuah sinyal ke beberapa neuron yang lain. Ciri utama yang dimiliki oleh jaringan syaraf tiruan adalah kemampuannya untuk belajar. Belajar (*learning*) pada jaringan syaraf tiruan dapat diartikan sebagai proses penyesuaian parameter pembobot karena keluaran yang diinginkan tergantung pada harga pembobot interkoneksi yang dimiliki oleh sel (Irina A. Belova dkk., 2015).

Proses belajar akan dihentikan jika nilai kesalahan atau MSE (*Mean Square Error*) / RMSE (*Root Mean Square Error*) sudah dianggap cukup kecil untuk semua pasangan data *training*. Prosedur yang digunakan untuk menampilkan proses pembelajaran disebut algoritma pembelajaran dimana fungsinya memodifikasi bobot sinapsis pada jaringan dalam sebuah cara yang teratur untuk mencapai rancangan objek yang diinginkan. Kemampuan JST untuk belajar dan memperbaiki dirinya telah menghasilkan banyak algoritma atau aturan belajar alternatif yang dapat digunakan, dari sekian banyak aturan yang ada, yang paling sering digunakan adalah aturan belajar *backpropagation* (BP) yang termasuk kategori *supervised learning* yang dapat digunakan memperbaiki kinerja jaringan syaraf tiruan. Gambar 1 adalah struktur utama jaringan syaraf tiruan yang terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*.



Gambar 1. Struktur Jaringan Syaraf Tiruan

3. METODOLOGI

Untuk mendapatkan cahaya matahari yang lebih optimum pada penelitian ini dirancang suatu sistem solar tracker sehingga sel surya dapat digerakkan sesuai dengan arah berjalannya matahari. Arah berjalannya matahari ditentukan melalui pembacaan sensor, karena variabel kendali adalah intensitas cahaya maka sensor yang digunakan adalah *Light Dependent Resistor* LDR. LDR menghasilkan tegangan analog yang sesuai atau linear dengan intensitas cahaya yang diterima, tegangan analog yang dihasilkan diterminasikan dengan fasilitas ADC (*Analog to Digital Converter*) pada mikrokontroler. Untuk selanjutnya pembacaan sensor ini dipakai sebagai masukan struktur BP-NN yang telah tertanam pada mikrokontroler. Struktur BP-NN menghasilkan keluaran berupa arah dan kecepatan yang harus ditempuh sel surya untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari yang optimum.

Pada penelitian ini menggunakan panel surya dengan kapasitas 10WP, struktur penyangga solar tracker dibangun dengan material plat besi dengan ketebalan 1 mm, penggerak utama menggunakan motor DC 12 volt, 2 buah sensor LDR untuk sistem umpan balik pada motor. Untuk mendapatkan pembacaan sensor LDR dengan resolusi yang sesuai dengan fasilitas ADC pada mikrokontroler diperlukan rangkaian tambahan. Rangkaian tersebut berupa *pull down* resistor dengan nilai hambatan $10k\Omega$ untuk masing – masing sensor. Sementara untuk mengatur kecepatan motor pada penelitian ini menggunakan driver motor IBT2, teknik pengendalian motor dapat dilakukan dengan mengatur lebar pulsa atau pwm (*pulse width modulation*). Melalui pengaturan lebar pulsa maka tegangan sumber motor dapat diatur, karena tegangan dan kecepatan motor berbanding lurus sehingga untuk mengatur kecepatan motor dapat dilakukan hanya dengan memberikan pulsa tegangan dari mikrokontroler ke driver motor.

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data tegangan dan arus, oleh karena itu pada sistem hardware menggunakan sensor efek hall ACS712 dengan kapasitas pembacaan arus hingga 5 Ampere dan sensor tegangan yang menggunakan prinsip pembagi tegangan dengan kapasitas pembacaan hingga 25 VDC. Untuk sistem catu daya motor dan mikrokontroler menggunakan catu daya eksternal dengan bantuan DC *power supply* 220VAC/12VDC, sedangkan catu daya mikrokontroler diambil dari USB PC (*personal computer*). Sehingga melalui penggunaan catu daya eksternal, pengisian baterai dapat dioptimalkan tanpa adanya gangguan dari beban yang bersifat dinamis. Baterai yang digunakan memiliki kapasitas 12 VDC dengan arus keluaran hingga 6 ampere. Berikut solar tracker yang telah dirancang pada penelitian ini:



Gambar 2. Prototipe solar tracker

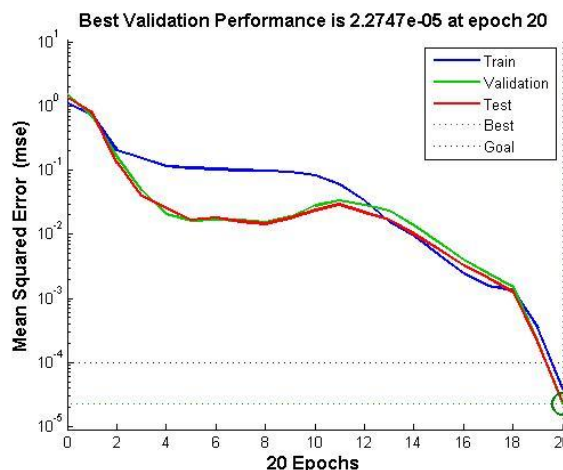
Metode neural network terlebih dahulu dilatih dengan menggunakan bantuan software MATLAB. Data *training* yang digunakan adalah data pembacaan sensor LDR 1 dan LDR 2 terhadap pergerakan motor dari berbagai kondisi. Asumsi yang digunakan, jika pembacaan nilai ADC sensor adalah sama maka posisi matahari tepat berada di titik pusat panel surya. Dan apabila terjadi selisih maka akan dilihat terlebih dahulu, apakah nilai ADC sensor LDR 1 lebih kecil dari sensor LDR 2, jika sensor LDR 1 lebih kecil maka motor akan bergerak berlawanan jarum jam (ccw). Cepat atau lambatnya pergerakan motor bergantung pada selisih pembacaan sensor semakin besar selisih maka kecepatan motor bertambah, sebaliknya semakin sedikit selisihnya maka putaran motor lambat. Hal ini juga berlaku pada kondisi jika nilai sensor LDR 2 lebih kecil, maka motor akan berputar searah jarum jam (cw).

Total keseluruhan data training adalah 121 data, sebelum tahap training dilakukan terlebih dahulu keseluruhan data dinormalisasi menggunakan metode *minmax normalization*.

$$x_n = x_n = \frac{x_0 - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \text{ dimana :}$$

- Xn = nilai data normal.
- Xo = nilai data sekarang / aktual
- Xmin = nilai minimum data aktual
- Xmax = nilai maksimum data aktual

Normalisasi merupakan metode untuk merubah kisaran data asli ke dalam kisaran -1 sampai dengan, dimana kisaran data tersebut sesuai dengan kisaran data yang digunakan jaringan syaraf tiruan. Proses training menggunakan bantuan software matlab menunjukkan dari total 1000 iterasi yang telah ditentukan, kondisi performa yang diinginkan tercapai pada saat iterasi ke - 20, dengan akar kuadrat kesalahan rata – rata 2.2747×10^{-5} , pada gambar 3 menunjukkan proses iterasi awal hingga kondisi yang diinginkan tercapai.



Gambar 3. Best Validation Performance

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini pengujian performa alat dilakukan dengan membandingkan antara *smart solar tracker* dengan *static solar panel*. Pengambilan data dilakukan pada hari Selasa tanggal 15 November 2016 mulai pukul 07.00 sampai dengan 09.00. Lokasi pengujian di gedung M lantai 4 Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Data yang disimpan adalah nomor sampling, tanggal, waktu, daya *smart solar tracker* (V1,I1,P1) dan daya *static solar panel* (V2,I2,P2). Interval sampling data adalah 1 detik. Data hasil pengujian untuk kedua panel surya ditampilkan pada tabel 2, kemudian mean dari data dicari untuk menentukan perbedaan kapasitas daya yang dihasilkan. Pada tabel 1 berikut adalah tabel mean data untuk setiap variabel.

Tabel 1. Mean Data

	V1	I1	P1	V2	I2	P2
mean	20.175842	0.099945	2.017077	19.87049	0.095075	1.888782

Tabel 2. Hasil Data Akhir

no	tanggal	waktu	V1	I1	P1	V2	I2	P2
1	15-Nov-16	07.07.54	20.8	0.33	6.864	20.43	0.01	0.2043
2	15-Nov-16	07.07.55	20.8	0.15	3.12	20.43	0.22	4.4946
3	15-Nov-16	07.07.56	20.8	0.09	1.872	20.38	0.01	0.2038
4	15-Nov-16	07.07.57	20.82	0.09	1.8738	20.41	0.09	1.8369
5	15-Nov-16	07.07.58	20.8	0.17	3.536	20.41	0.22	4.4902
6	15-Nov-16	07.07.59	20.77	0.04	0.8308	20.41	0.01	0.2041
7	15-Nov-16	07.08.00	20.77	0.44	9.138801	20.38	0.09	1.8342
8	15-Nov-16	07.08.01	20.77	0.01	0.2077	20.41	0.04	0.8164
9	15-Nov-16	07.08.02	20.82	0.09	1.8738	20.41	0.04	0.8164
10	15-Nov-16	07.08.03	20.8	0.15	3.12	20.38	0.07	1.4266
11	15-Nov-16	07.08.04	20.72	0.07	1.4504	20.38	0.2	4.076
12	15-Nov-16	07.08.05	20.75	0.28	5.81	20.41	0.12	2.4492
13	15-Nov-16	07.08.06	20.75	0.09	1.8675	20.38	0.01	0.2038
14	15-Nov-16	07.08.08	20.77	0.01	0.2077	20.33	0.12	2.4396
15	15-Nov-16	07.08.09	20.77	0.07	1.4539	20.36	0.04	0.8144
16	15-Nov-16	07.08.10	20.8	0.28	5.824	20.38	0.12	2.4456
17	15-Nov-16	07.08.11	20.75	0.04	0.83	20.36	0.01	0.2036
18	15-Nov-16	07.08.12	20.75	0.17	3.5275	20.41	0.09	1.8369
19	15-Nov-16	07.08.13	20.75	0.09	1.8675	20.36	0.09	1.8324
20	15-Nov-16	07.08.14	20.75	0.12	2.49	20.33	0.09	1.8297
...
7045	15-Nov-16	09.10.09	19.79	0.04	0.7916	19.26	0.01	0.1926

Dari hasil perhitungan rata – rata data untuk setiap variabel dapat dilihat *smart solar tracker* lebih dominan dalam hal kapasitas daya yang dihasilkan yaitu 2,017077 Watt/s atau 7,261478 kW/h. Sedangkan *static solar panel* menghasilkan kapasitas daya rata – rata 1,888782 Watt/s atau setara 6,799616 kW/h. Dengan persentase perbedaan kapasitas daya rata-rata perjam adalah 6,79 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa *smart solar tracker* lebih efisien 6,79% dari *static solar panel*.

Perbedaan yang cukup signifikan juga dapat diamati dari standar deviasi atau simpangan yang dihasilkan dari populasi data yang ada.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_1 - X_2)^2}{n}}, \text{ dimana}$$

S = standar deviasi untuk populasi data

X₁ = data smart solar tracker

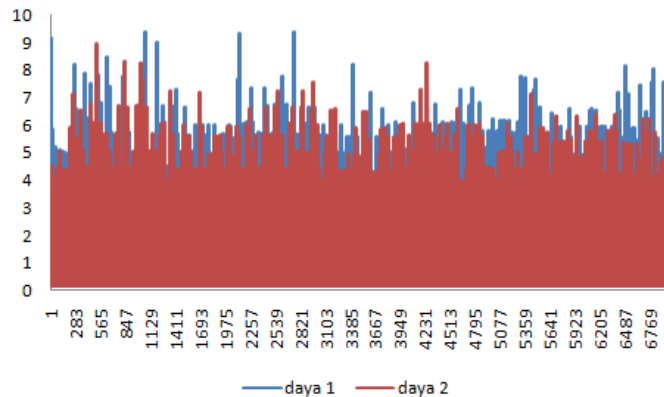
X₂ = data static solar panel

N = jumlah sampling data

Tabel 3. Standar Deviasi Daya

	tegangan	arus	Daya
sd	0.347739	0.10356	2.076736

Selisih yang signifikan dapat dilihat pada tabel 3, deviasi atau simpangan data antara *smart solar tracker* dan *static solar panel* adalah 0,347739 volt, 0,10356 ampere dan 2,076736 watt untuk setiap sampling data. Berikut pada Gambar 4 adalah grafik komparasi antara *smart solar tracker* dan *static solar panel*.



Gambar 4. Grafik Komparasi Daya

Secara visual melalui pengamatan grafik, pola sebaran data smart solar tracker (daya1/grafik biru) lebih mendominasi jika dibandingkan dengan grafik static solar panel (daya2/grafik merah).

5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dibuat suatu sistem solar tracker. Aplikasi jaringan syaraf tiruan telah berhasil diterapkan untuk kendali pergerakan *smart solar tracker* dengan tingkat efisiensi kapasitas daya rata – rata yang dihasilkan 6,79 % lebih optimal jika dibandingkan dengan *static solar panel*. Parameter standar deviasi daya dengan perbedaan 2,076736 watt antar kedua alat serta dominasi sebaran pola data yang sangat dominan menjadikan teknologi *smart solar tracker* sangat berpotensi untuk dikembangkan di tahun berikutnya. Perbaikan perlu dilakukan dalam hal mekanik untuk pemilihan motor supaya pergerakan panel lebih presisi sehingga kapasitas daya rata – rata dapat ditingkatkan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Unit P3M PPNS atas dana DIPA PPNS 2016.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Hossein Ranjbar. et al, 2015. *Neural Network based Global Maximum Power Point Tracking under partially shaded condition*. 23rd Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE).
- Irina A. Belova. et al, 2015. *Neural Network Control Algorithm for StandAlone Solar Cell Electrical Energy Conversion System*. 16th International Conference on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015.
- J. Hansen, R. Ruedy, M. Sato, dan K. Lo, 2010. *Global surface temperature change*, Reviews of Geophysics American Geophysical Union, Paper number 2010 RG000345
- National Geographic, 2016. *Causes of Global Warming* [Online] Available at: <http://environment.nationalgeographic.com/environment/global-warming/gw-causes/>, [Accessed 25 April 2016]
- Z. H. Kafafi, R. J. Martín-Palma, A. F. Nogueira, D. M. O’Carroll, J. J. Pietron, I. D. W. Samuel, F. So, N. Tansu dan L. Tsakalacos, 2015. *The role of photonics in energy*, Journal of photonics for energy.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemanfaatan Limbah Kertas Bekas untuk Produksi Biodegradable Selulosa Asetat

Novi Eka Mayangsari^{1*} dan Adhi Setiawan²

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja,

²Program Studi Teknik Pengolahan Limbah

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*novimayangsari@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya perkembangan teknologi dibidang material telah membawa kemajuan pada peradaban manusia. Salah satunya yaitu penggunaan plastik berbasis petrokimia tetapi penggunaannya saat ini membawa masalah bagi lingkungan. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang sulit diuraikan oleh lingkungan. Alternatif yang dapat digunakan yaitu mengganti plastik tersebut dengan plastik yang dapat terurai atau plastik biodegradable. Plastik biodegradable ini dapat dibuat dengan memanfaatkan bahan-bahan yang terdapat di alam. Salah satunya yaitu sisa-sisa kertas yang tidak terpakai karena kertas terbuat dari kayu yang merupakan biomassa dengan kandungan selulosa yang tinggi. Dengan kandungan selulosa yang tinggi maka akan dapat menghasilkan selulosa asetat yang merupakan bahan baku utama pembuatan plastik biodegradable. Pembuatan selulosa asetat ini menggunakan metode asetilasi. Setelah terbentuk selulosa asetat ditambahkan plasticizer untuk membuat sifat plastisnya. Berdasarkan hasil analisa XRD dan FTIR, peak yang ada menunjukkan bahwa sudah terbentuknya selulosa asetat. Sedangkan dari hasil analisis terhadap ketahanan basa pada berbagai konsentrasi menunjukkan bahwa meningkatnya waktu rendam selulosa asetat dalam NaOH menyebabkan tingkat degradasi dari selulosa asetat semakin besar yang ditandai dengan meningkatnya massa yang hilang.

Kata kunci: *Biodegradable, Selulosa, Selulosa asetat, Asetilasi,*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya perkembangan teknologi dibidang material telah membawa kemajuan pada peradaban manusia saat ini. Berbagai jenis material telah diproduksi baik dari logam, keramik, polimer, dan komposit untuk memenuhi kebutuhan manusia. Bahkan dengan meningkatnya industri berbasis petrokimia mendorong produksi material polimer secara besar-besaran. Dengan meningkatnya polimer atau plastik yang berbasis petrokimia membawa masalah bagi lingkungan jika produksinya tidak terkontrol. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang tidak dapat diuraikan oleh lingkungan atau non-biodegradable. Oleh karena sifatnya yang relatif stabil maka menyebabkan sumber polusi bagi lingkungan serta membahayakan kehidupan saat terdispersi di alam. Sebagai contohnya bungkus plastik non-biodegradable membahayakan kehidupan ekosistem laut (Narayan, 2001). Salah satu alternative untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah dengan menggantikan plastik non-biodegradable dengan plastik biodegradable. Penggunaan plastik biodegradable dapat membuat kontribusi besar terhadap recovery material, reduksi landfill, dan penggunaan sumber daya terbarukan (David dan Song, 2006). Penggunaan bio-plastik saat ini sangat gencar dikembangkan dan dipromosikan oleh negara-negara maju. Pada tahun 2012, bio-plastik dengan jenis *poly-lactic acid* (PLA) dan *starch-based polymers* cukup mendominasi sebagai produk bio-plastik komersial dengan jumlah masing-masing 47% dan 41% dari total pemakaian polimer biodegradable (Petrova dan Garner, 2014). Jenis plastik yang lainnya seperti PHA (Poly-Hidroxy Alkanoat) juga telah dikembangkan sebelumnya sebagai plastik biodegradable (Ying dkk, 2014). PHA telah dipasarkan sebagai bioplastik yang ramah lingkungan dengan sedikit emisi CO₂ dan keberlanjutannya sebagaimana tidak tergantung pada sumber petroleum (Chen dan Patel, 2012).

Biodegradable plastik berbasis selulosa asetat (CA) telah dipelajari dan diproduksi selama beberapa tahun terakhir. Plastik CA memiliki kelebihan diantaranya dapat terdekomposisi di dalam lingkungan air atau tanah, dapat di daur ulang, atau di incenerasi tanpa menghasilkan residu (Alexander, 1993). Selain itu telah dipelajari sifat penting dari CA antara lain kekuatan mekanik, ketangguhan, transparansi, *colorability*, kemudahan fabrikasi, *moldability*, dan kekuatan dielektrikunya (Jinhua dkk, 2009). Plastik alam umumnya diproduksi dalam bentuk cairan sehingga

mudah dibentuk dan tidak memerlukan energy yang cukup besar bila dibandingkan dengan plastik konvensional yang disimpan dalam bentuk granula dan membutuhkan energy yang besar dalam pembentukannya melalui molding, injeksi, atau ekstrusi (Xiaoyun dan Shuwen, 2013).

Beberapa peneliti menggunakan asetilasi serat selulosa tanaman, tepung gandum, tepung beras untuk memproduksi CA. proses asetilasi dapat dilakukan dengan metode fluida CO₂ superkritik atau ionic liquid dan juga asam fosfotungsid atau iodine atau asam asetat (Cheng dkk, 2010). Oleh karena bahan baku memiliki pengaruh yang cukup besar pada biaya produksi bioplastik maka penggunaan bahan baku selulosa yang murah menjadi cukup menarik untuk dipertimbangkan terlebih untuk industri CA. *Flax* (rami) pada zaman dahulu di mesir digunakan sebagai bahan baku pembuatan serat tekstil yang diproduksi sekitar 7000 ton/tahun (agricultural Egyptian Government, 2011). Serat tersebut memiliki kandungan selulosa 92%. Selain itu *cotton linter* merupakan bahan baku yang digunakan untuk produksi kertas, untuk konversi menjadi turunan produk selulosa dan regenerasi fiber. *cotton linter* memiliki kandungan selulosa sekitar 94% (Textile Learner, 2012).

Pada penelitian ini difokuskan pada penggunaan bahan baku selulosa yang murah untuk produksi CA terutama dari limbah berbasis selulosa seperti kertas yang digunakan untuk produksi bioplastik CA. Selain itu akan diinvestigasi dan dievaluasi CA yang telah diproduksi mengenai struktur kristalnya, kemampuan biodegradable, ketahanan terhadap kondisi asam, basa, dan garam.

2. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan menghilangkan warna, debu, dan lemak yang ada pada kertas menggunakan *bleaching agent* (5% NaOCl dan 5% NaOH) dan kemudian dikeringkan. Selanjutnya mencampurkan asetat anhidrat, asam asetat glasial, dan asam sulfat pada suhu 7°C. Setelah itu, menambahkan kertas pada larutan sebelumnya, kemudian melakukan proses pengadukan untuk memperoleh selulosa asetat. Selulosa asetat (cairan kental) yang diperoleh kemudian dilakukan proses hidrasi dengan asam asetat (99,8%) dan asam sulfat (98%) selama 15 jam. Hasil yang diperoleh kemudian dipisahkan dengan proses sentrifugasi. Kemudian menambahkan *plasticizer* (polietilen glikol 400) sebanyak 15% dan 25% dari volume selulosa asetat dengan dilakukan pengadukan. Selanjutnya, sebelum dibentuk perlu ditambahkan aseton untuk membuat permukaannya lebih halus. Produk akhir tersebut dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C hingga beratnya konstan dan siap digunakan. Analisa yang dilakukan yaitu *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan uji ketahanan basa.

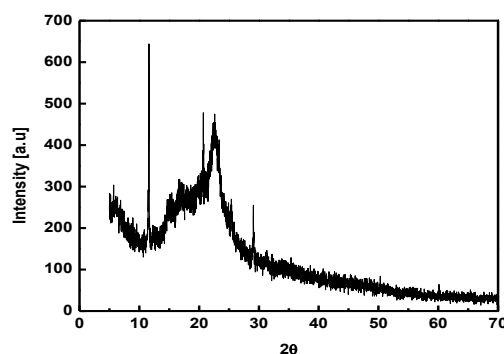
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Plastik biodegradable merupakan plastik ramah lingkungan yang terbuat dari biomassa, seperti kertas. Kertas mempunyai kandungan selulosa yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan selulosa asetat (CA) dengan proses asetilasi. Sebelum proses asetilasi dilakukan proses bleaching dengan larutan yang terdiri dari NaOCl dan NaOH untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada kertas, seperti warna, debu, dan minyak/lemak. Setelah proses asetilasi, ditambahkan *plasticizer* berupa polietilen glikol 400 (PEG 400) yang bertujuan untuk memberikan sifat plastik.

A. Karakterisasi Selulosa Asetat

1. X-Ray Diffraction

Gambar 1 (a) dan (b) menunjukkan hasil analisa XRD dari CA yang dihasilkan dari kertas. XRD dari CA terlihat pada karakteristik peak yang muncul pada sudut sekitar 14,86°, 16,89°, dan 22,63° dengan sedikit perbedaan intensitas terutama pada peak yang muncul pada sudut 22,63°.

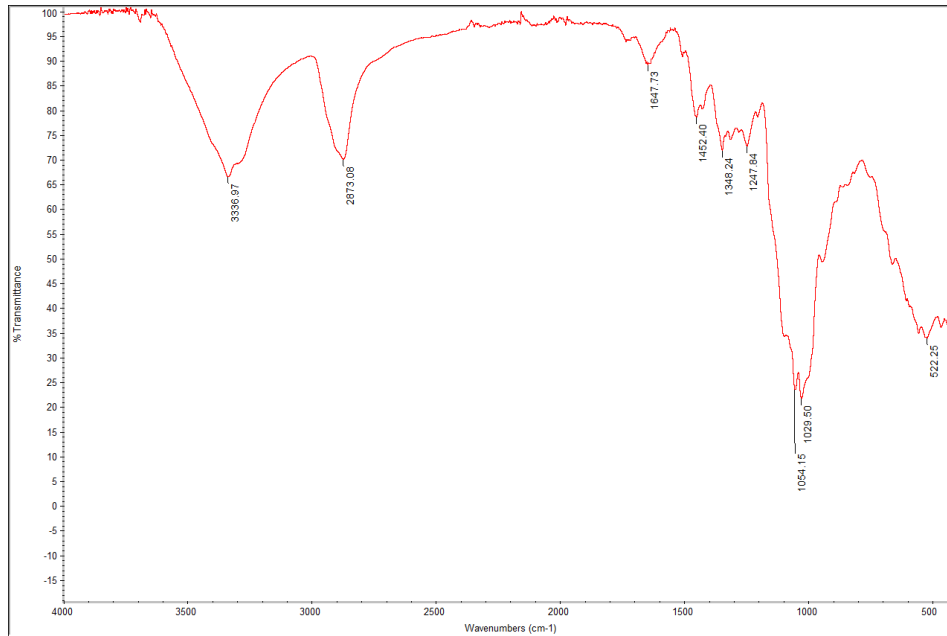


Gambar 1. Hasil analisa XRD dari CA

Peak yang muncul pada sudut tersebut dapat menunjukkan tipikal dari kisi kristal selulosa asetat β . Selain itu dari hasil XRD tersebut kedua kristal CA menunjukkan sifat amorf. Sudut difraksi pada sudut sekitar 22,63° menunjukkan lebar yang sempit hal ini disebabkan adanya proses delignifikasi dan menghasilkan peningkatan derajat kristalinitas CA.

2. FT-IR

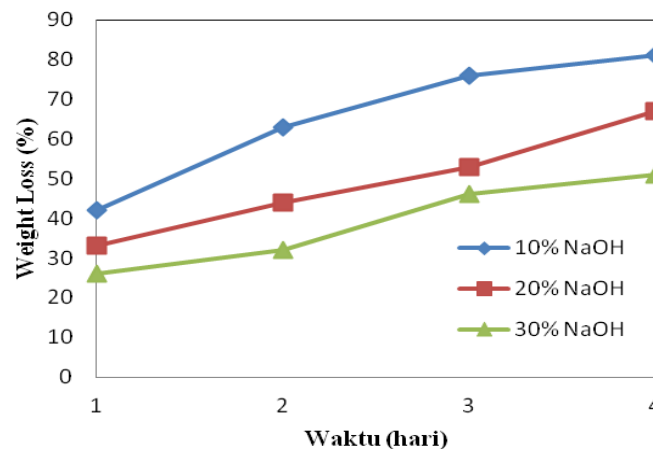
Gambar 2 (a) dan (b) menunjukkan hasil analisa FTIR dari CA yang dihasilkan dari kertas. Dari hasil analisa ini, dapat terlihat bahwa karakteristik dari peak menunjukkan bahwa dua sampel tersebut adalah CA, dimana masing-masing sampel menunjukkan gugus fungsional dari CA. Peak yang paling dominan 3336,97 dan 2873,08 cm^{-1} , dimana masing-masing peak ini menunjukkan gugus $-\text{OH}$ dan $\text{C}-\text{H}$ dalam $-\text{CH}_2$. Selain itu juga terdapat peak 1647,73 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan β -glikosidik pada glikogen. Ikatan $\text{C}=\text{O}$ dan $\text{C}-\text{H}$ pada gugus $-\text{O}(\text{C}=\text{O})-\text{CH}_3$, dan $\text{CO}-$ dari gugus asetil ditunjukkan pada peak 1647,73; 1452,40; dan 1247,84 cm^{-1} . Pengamatan dari beberapa peak ini menunjukkan hasil dari proses asetilasi.



Gambar 2. Hasil analisa FTIR dari CA

B. Pengaruh Alkali pada Selulosa Asetat

Gambar 3 menunjukkan hasil uji ketahanan selulosa asetat terhadap suasana basa dengan menggunakan larutan NaOH. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa meningkatnya waktu rendam selulosa asetat dalam NaOH menyebabkan tingkat degradasi dari selulosa asetat semakin besar yang ditandai dengan meningkatnya massa yang hilang. Adanya massa yang hilang (weight loss) ini disebabkan adanya material selulosa asetat yang larut selama proses perendaman.



Gambar 3. Pengaruh perbedaan konsentrasi NaOH terhadap weight loss dari CA

Besarnya massa total selulosa asetat yang hilang selama periode perendaman selama 4 hari pada variasi konsentrasi NaOH 10%, 20%, dan 30% wt masing-masing yaitu 75%, 55%, dan 35% dari massa mula-mula selulosa asetat. Perbedaan hasil tersebut disebabkan ketika pada konsentrasi NaOH yang tinggi tingkat deasetilasi selulosa asetat oleh NaOH menjadi alkali selulosa menjadi lebih cepat (Yamashita dan Endo, 2003). Dengan proses

terbentuknya alkali selulosa tersebut menyebabkan selulosa asetat lebih sulit larut dalam air sehingga lebih sulit terdegradasi dibandingkan pada NaOH pada konsentrasi rendah

4. KESIMPULAN

Plastik biodegradable dapat dibuat dengan memanfaatkan biomassa yang ada di alam, seperti selulosa yang diolah menjadi selulosa asetat (CA) melalui proses asetilasi. Setelah CA terbentuk pada proses ini, dilakukan analisa XRD, FTIR, dan uji ketahanan basa. Dari hasil analisa XRD menunjukkan peak yang muncul pada sudut sekitar $14,86^\circ$, $16,89^\circ$, dan $22,63^\circ$ dapat menunjukkan tipikal dari kisi kristal selulosa asetat 1β dan bersifat amorf. Hasil analisa FTIR menunjukkan peak yang muncul menggambarkan gugus dan ikatan yang ada merupakan CA. Sedangkan hasil analisa uji ketahanan basa menunjukkan bahwa meningkatnya waktu rendam selulosa asetat dalam NaOH menyebabkan tingkat degradasi dari selulosa asetat semakin besar yang ditandai dengan meningkatnya massa yang hilang.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada pemberi dana hibah DIPA PPNS 2016.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, A., 1993. Biodegradable plastics based on cellulose acetate. Battelle- Institute E.V., Frankfurt, Germany. *J. Macromol. Sci., Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3, pp. 733–740.
- Chen, G., Patel, M., 2012. Plastics derived from biodegradable sources: present and future: a technical and environmental review. *Journal of Chemical Reviews*, 112, pp. 2082–2099.
- David, G., Song, J.H., 2006. Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. *Journal of Industrial Crops and Products*, 23, pp. 147–161.
- Jinghua, Y., Doug, D., Nancy, M., Ray, J., 2009. Characterization of cellulose acetate films: Formulation effects on the thermochemical properties and permeability of free films and coating films. *Journal of Pharmaceutical Technology*, 33, pp. 88–100.
- Narayan R, 2001, Drivers for biodegradable/compostable plastics and role of composting in waste management and sustainable agriculture, *Journal of Orbit*, 1, pp. 1–9.
- Petrova, M., Garner, J., 2014. Scientists Use ACS Sci-Mind: Case Study to Examine Biopolymers Industry Posted by a_viverito in Career Development. American Chemical Society.
- Xiaoyun, Q., Shuwen, H., 2013. “Smart” materials based on cellulose: a review of the preparations, properties, and applications, *Journal of Materials*, 6, pp. 738–781.
- Yamashita, Y, Endo, T. 2003. Deterioration Behavior of Cellulose Acetate Films in Acidic or Basic Aqueous Solutions. *J. of Applied Polymer Science*. 91. Pp. 3354–3361

Preparasi Komposit ZnO/TiO₂/Al₂O₃ Sebagai Bahan Pigmen Anti Korosi pada Baja Karbon

Agung Nugroho^{1*}, Tina Ardliana² dan Adhi Setiawan³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*akhagung28@gmail.com

Abstrak

Korosi merupakan masalah yang serius karena dapat menimbulkan berbagai macam kerugian. Salah satu metode yang banyak dipakai dalam proteksi korosi adalah dengan metode coating. Sebagai material anti korosi dan non-toxik umumnya digunakan material ZnO sebagai bahan campuran coating. Beberapa kelebihan yang dimiliki ZnO sebagai material coating antara lain tidak beracun, ramah lingkungan, murah serta memiliki ketahanan korosi yang tinggi. Namun penggunaan ZnO pada lingkungan yang sangat korosif seperti lingkungan air laut dan kondisi dengan tingkat keasaman yang tinggi memiliki keterbatasan sehingga ketahanan korosinya dapat ditingkatkan dengan penambahan material TiO₂ dan Al₂O₃ sehingga membentuk komposit dengan material ZnO. Kandungan TiO₂ dan ZnO pada material coating ternyata juga mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan proses *fouling* sehingga dapat diaplikasikan sebagai coating di bidang perkapalan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit ZnO serta mengetahui pengaruh penambahan Al₃(PO₄)₃ dan TiO₂ terhadap kinerja ZnO dalam mengendalikan korosi pada baja karbon. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode sol-gel, adapun peralatan yang digunakan terdiri dari peralatan hot plate stirrer, pengaduk, sentrifugal, dan mixer. Mula-mula Zn(NO₃).6H₂O dengan metode sol-gel menggunakan larutan NaOH sehingga terbentuk koloid ZnO yang mengendap pada dasar larutan. Selanjutnya ZnO tersebut dipisahkan dan dikeringkan sehingga diperoleh bubuk ZnO yang selanjutnya dicampur dengan material TiO₂ dan Al₂O₃ dengan rasio tertentu. Hasil pencampuran tersebut selanjutnya dilarutkan pada epoxy untuk dicoating dengan material baja karbon. Dari penelitian didapatkan bahwa sintesis nanopartikel ZnO dengan metode presipitasi menunjukkan morfologi berbentuk jarum. Hasil eksperimen juga menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi NaOH maka cenderung menghasilkan partikel dengan ukuran yang lebih besar serta tingkat aglomerasi partikel produk yang diperoleh semakin meningkat. Dari hasil SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel ZnO yang disintesis pada konsentrasi NaOH sebesar 2 M, 1 M, dan 0,5 M masing-masing sebesar 158 nm, 148 nm, dan 40 nm. Pengujian laju korosi menunjukkan bahwa coating dengan komposit ZnO/Al₂O₃/TiO₂ mampu melindungi baja karbon dari korosi dengan sangat baik dimana penambahan TiO₂ lebih berpengaruh dibandingkan penambahan Al₂O₃ terhadap penurunan laju korosi.

Kata kunci: korosi, coating, metode sol-gel

1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan masalah yang serius dalam dunia material dan sangat merugikan karena korosi dapat mengurangi kemampuan suatu konstruksi dalam memikul beban, usia bangunan konstruksi menjadi berkurang dari waktu yang sudah direncanakan. Tidak hanya itu apabila tidak diantisipasi lebih awal maka akan mengakibatkan kerugian-kerugian yang lebih besar antara lain bisa menimbulkan kebocoran, mengakibatkan berkurangnya ketangguhan, robohnya suatu konstruksi, meledaknya suatu pipa/bejana bertekanan dan mungkin juga dapat membuat pencemaran pada suatu produk.

Kondisi alam yang beriklim tropis, dengan tingkat humiditas dan dekat dengan laut adalah faktor yang dapat mempercepat proses korosi. Sekitar 20 Triliun rupiah diperkirakan hilang percuma setiap tahunnya karena proses korosi. Angka ini setara 2-5 persen dari total gross domestic product (GDP) dari sejumlah industri yang ada. Besarnya angka kerugian yang dialami industri akibat korosi yang seringkali disamakan dengan perkaratan logam berdasar perhitungan data statistik dari sejumlah perbandingan di beberapa negara (Ahmad, 2006).

Masalah korosi yang dihadapi dalam industri sebagai hasil sifat material, lingkungan, kondisi pemakaian. Korosi mungkin tidak memiliki efek merusak material secara cepat namun dapat mempengaruhi kekuatan, operasi mekanik, penampilan fisik dan dapat menyebabkan masalah operasional serius (Ahmad, 2006; Bardal, 2004).

Korosi merupakan proses elektrokimia yang terjadi secara spontan dan tidak dapat dicegah namun hanya diperlambat lajunya. Beberapa metode yang digunakan untuk mengendalikan laju korosi antara lain metode coating, penambahan inhibitor, serta proteksi katodik (Ramezanzadeh dan Attar, 2011a). Salah satu metode yang banyak dipakai dalam proteksi korosi adalah dengan metode coating. Organik coating sebagaimana lapisan anorganik telah banyak digunakan untuk melindungi sampel baja galvanis terhadap lingkungan korosif. Telah ditemukan bahwaketahanan korosidari baja galvanis sampel dapat secara signifikan ditingkatkanmenggunakan epoxy, akrilik, alkid, fosfat dan coating berbasis kromat (Ramezanzadeh dan Attar, 2011b).

Coating organik dapat menghambat permeasi elektrolit ke antarmuka lapisan / logam karena adanya lapisan penghalang (barrier). Sifat penghalang dari lapisan organik dapatdipengaruhi kepadatan cross-linking dan hambatan ionik. Coating Epoxy, memiliki ketahanan korosi yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi baja.Ketahanan korosi yang tinggi dari lapisan epoksi dapatdikaitkan dengan tingginya kepadatan cross-linking serta sifat penghalang lapisan ini (Ramezanzadeh dan Attar, 2011a).

Bahan yang seringkali digunakan sebagai coating anti korosi adalah material Zn cromate.Namun penggunaan material Zn cromate ternyata membawa dampak yang berbahaya bagi lingkungan karena material tersebut memiliki kandungan ion chromium (IV)yang bersifat toxic dan karsinogenik (penyebab kangker).Oleh karena itu penggunaan dari material Zn cromate harus dibatasi (Jařková dan Kalendova, 2012). Alternatif untuk menggantikan penggunaan senyawa kromat adalah dengan menggunakan material ZnO. Beberapa kelebihan yang dimiliki ZnO sebagai material coating antara lain tidak beracun, ramah lingkungan, murah serta memiliki ketahanan korosi yang tinggi (Mahdavian dan Attar, 2006).

Pada aplikasinya ZnO merupakan filler partikel inorganic yang digunakan sebagai pembentuk phase kedua yang meningkatkan kinerja, integritas, serta ketahan dari coating karena partikel tersebut tersebar secara merata mengisi rongga ataupun celah diantara lapisan coating (Shangyi dan Yu, 2014). Rammezanzadeh dkk telah meneliti bahwa kandungan partikel ZnO dapat memperbaiki adhesi coating organik pada baja karbon dan memperpanjang kinerja dari coating Zn-rich primer. Shangyi dan yu telah menemukan bahwa penambahan partikel ZnO dapat memperbaiki ketahanan korosi pada material AZ91D (jenis paduan Mg) serta meningkatkan kinerja dari Mg-rich epoxy primer. Selain penggunaan material ZnO pada proses coating dapat meningkatkan resistensi degradasi cahaya dengan memblokir dan menyerap radiasi UV.

Pada penelitian diatas hanya terbatas pada penggunaan material ZnO sebagai bahan utama anti korosi. Ketahanan korosi coating ZnO dapat ditingkatkan dengan paduan material Al_2O_3 dan TiO_2 . Dengan penambahan kedua material tersebut dapat memperbaiki ketahanan coating ZnO menjadi lebih baik terutama pada kondisi lingkungan yang cukup ekstrem seperti laut dengan kondisi kadar garam yang cukup tinggi. Adanya kandungan TiO_2 dan ZnO pada material coating selain sebagai bahan anti korosi ternyata mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan proses fouling sehingga dapat diaplikasikan sebagai coating di bidang perkapalan (Olsen, 2009). Dari uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan adalah bagaimanakah mensintesis komposit ZnO sebagai aplikasi coating anti korosi dan anti fouling dengan metode sol-gel sederhana serta mengetahui pengaruh penambahan Al_2O_3 dan TiO_2 terhadap kinerja ZnO dalam mengendalikan korosi. Prekursor ZnO yang digunakan dalam penelitian adalah $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ yang dihasilkan menggunakan metode sol-gel sedangkan material yang akan dicoating adalah baja karbon sehingga penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit ZnO serta mengetahui pengaruh penambahan Al_2O_3 dan TiO_2 terhadap kinerja ZnO dalam mengendalikan korosi pada baja karbon. Adapun metode sintesis ZnO adalah dengan metode sol-gel. ZnO yang dihasilkan dengan metode tersebut akan dipadukan dengan Al_2O_3 dan TiO_2 untuk membentuk komposit ZnO yang memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan ZnO. Selanjut material komposit ZnO tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan coating anti korosi dan antifouling pada campuran cat terutama dalam aplikasinya di industri perkapalan dan industri coating. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui komposisi coating terbaik yang memiliki ketahanan korosi yang tinggi, yang diharapkan mampu mengendalikan laju korosi pada baja karbon sehingga pada akhirnya dapat memperpanjang usia pemakaian dari suatu logam di dalam suatu design dan dapat menekan biaya penggantian material akibat korosi.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini yang dilakukan pertama kali adalah mensintesis atau membuat ZnO dengan metode sol-gel. Bahan prekursor yang digunakan adalah larutan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, NaOH, etanol, dan aquadest. ZnO yang terbentuk selanjutnya dicampur dengan Al_2O_3 dan TiO_2 untuk membentuk komposisi ZnO dengan perbandingan tertentu. Langkah-langkah metode sol-gel adalah sebagai berikut :

1. Melarutkan Zink nirate pada aquadest dengan konsentrasi 0,5 M sebanyak 100 ml.
2. Membuat larutan NaOH 1 M sebanyak 100 ml kemudian larutan dipanaskan hingga suhu 70 °C dengan hot plate

3. Meneteskan secara perlahan larutan Zn nitrate pada larutan NaOH diatas dengan pengadukan 500 rpm didalam beaker glass
4. Setelah 100 menit reaksi, endapan didasar beaker dipisahkan dan dicuci dengan menggunakan etanol kemudian dilanjutkan dengan pencucian dengan aquadest
5. Selanjutnya ZnO yang terbentuk disentrifugasi dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam pada suhu 100 °C
6. Material ZnO yang terbentuk selanjutnya bersama dengan Al₂O₃ dan TiO₂ dicampur dengan perbandingan tertentu hingga homogen sehingga terbentuk komposit ZnO
7. Bahan epoxy selanjutnya diblending dengan komposit ZnO yang selanjutnya dilakukan coating pada baja karbon
8. Uji ketahanan korosi dilakukan dengan menggunakan alat EIS (Electrochemical Impedance Spectrofotometry)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Kristal Zn(NO₃)₂.6H₂O p.a. E.merck, D-6100 Darmstadt, F.R.Germany 99,5%.
2. Larutan etanol absolut Merck KGaA 64271 Darmstadt, Germany.
3. Kristal NaOH Merck KGaA 64271 Darmstadt, Germany 98%.
4. Kristal Al₂O₃ dan TiO₂ teknis
5. Kertas saring
6. Aquadest
7. Epoxy resin
8. Pelat baja karbon
9. Larutan H₂O₂ teknis

Variabel penelitian yang digunakan sebagai berikut:

1. Konsentrasi larutan NaOH (2M; 1 M dan 0,5M)
2. Mol Rasio (%) [ZnO/Al₂O₃/TiO₂] sebesar (1:1:1), (1:1:2), (1:2:1), (1:2:2)

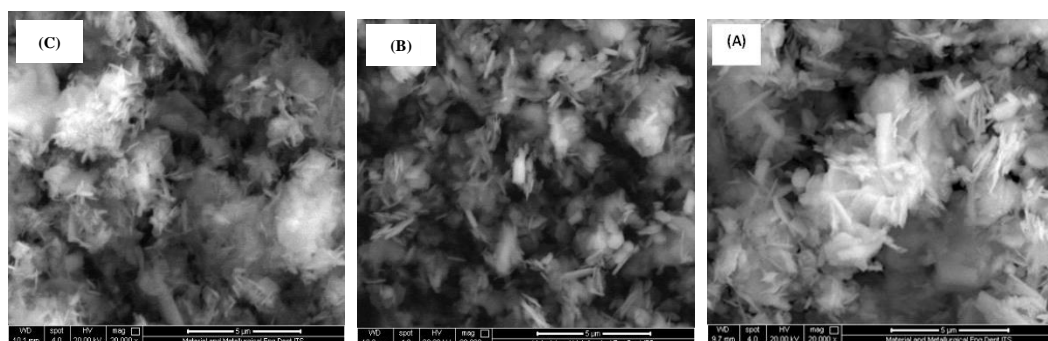
Analisa penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

Morfologi partikel yang dihasilkan diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) Zeiss Evo MA LS series, Cambridge, England. Spektrum luminisens direkam dengan spektrofotometer. XRD (*X-ray Diffraction*) Philips 30mA, X-ray 40 kV, Netherland untuk menganalisis derajat kristalnya. Sifat termal dari komposit dianalisa dengan meenggunakan TG-DTA Shimadzu 60 H.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Morfologi Partikel ZnO

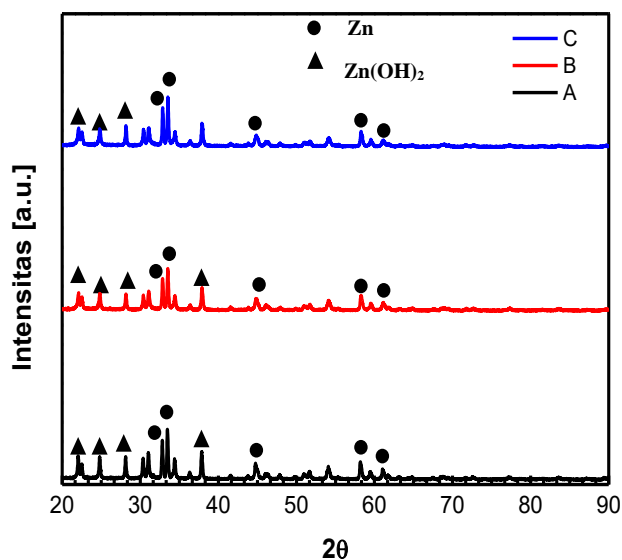
Karakteristik material secara makroskopis juga ditentukan oleh sifat-sifat partikel penyusunnya. Sifat suatu material dapat berubah ketika ukurannya juga berubah (makin kecil). Morfologi partikel ZnO penting diketahui untuk melihat apakah ada pengaruh antara kualitas coating dengan ukuran partikel ZnO. Untuk mengetahui morfologi dari partikel ZnO dapat dilakukan dengan menggunakan analisa foto SEM (**Scanning Electron Microscopy**). Hasil SEM dari ZnO ditunjukkan pada **gambar 1**. Dari SEM tersebut dapat ditunjukkan bahwa proses presipitasi akan menghasilkan partikel ZnO dengan morfologi yang berbentuk seperti jarum serta teraglomerasi. Dari hasil SEM menunjukkan bahwa ukuran rata partikel yang disintesis dengan konsentrasi NaOH 2 M, 1 M, dan 0,5 M antara lain 158 nm, 148 nm, dan 40 nm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH maka partikel ZnO produk semakin besar hal ini disebabkan dengan meningkatnya konsentrasi akan meningkatkan reaksi antara ZnCl₂ dan NaOH. Selain itu meningkatnya konsentrasi akan meningkatkan tumbukan antar partikel sehingga meningkatkan laju pertumbuhan partikel yang meningkatkan aglomerasi partikel.



Gambar 1. SEM ZnO nano partikel yang disintesis pada konsentrasi NaOH :
(A) 2 M, (B) 1 M, (C) 0,5 M

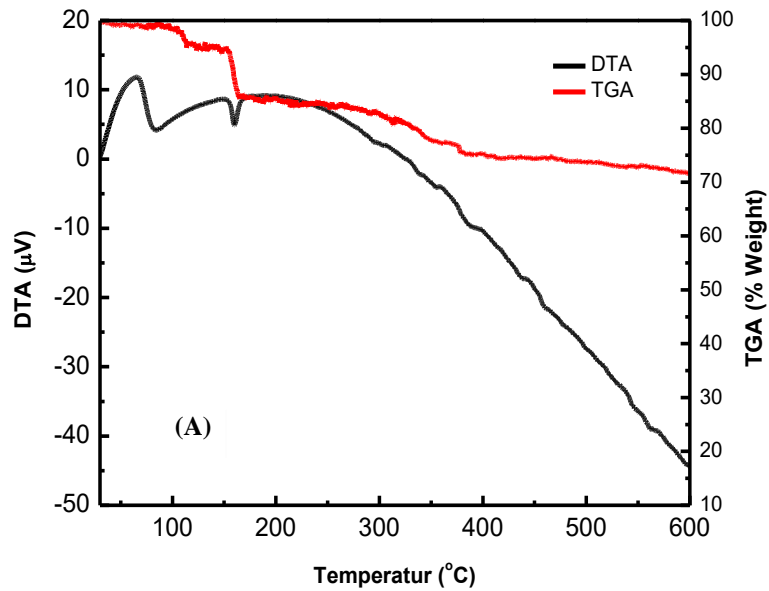
Analisis Properti Termal ZnO

Untuk memahami karakteristik partikel ZnO sebagai bahan coating diperlukan juga informasi termal yang berkaitan dengan pengaruh perubahan suhu terhadap sifat fisik dan kimia partikel ZnO. Untuk mengetahui sifat termal dari partikel ZnO dengan menggunakan analisa XRD dan TG-DTA. Hasil XRD dari partikel ZnO yang disintesis dengan metode presipitasi dan telah melalui proses pengeringan dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam ditunjukkan pada **gambar 2**. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa ZnO yang dihasilkan memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi hal ini ditunjukkan dengan munculnya peak dengan intensitas yang tinggi. Semua peak difraksi didasarkan pada referensi ZnO wurtzite (JCPDS no 36-1451). Selain itu hasil XRD untuk ketiga sample yang disintesis dengan konsentrasi NaOH yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dari tingkat kristalinitas produk hal ini disebabkan suhu preparasi serta pemanasan dari ketiga sample sama sehingga laju pertumbuhan kristal ZnO diperkirakan sama untuk semua sample. Selain itu pada grafik XRD juga ditemukan adanya fasa Zn(OH)₂, hal itu disebabkan adanya melekul air yang masih terikat dengan ZnO akibat proses pengeringan yang dilakukan hingga suhu 100 °C.

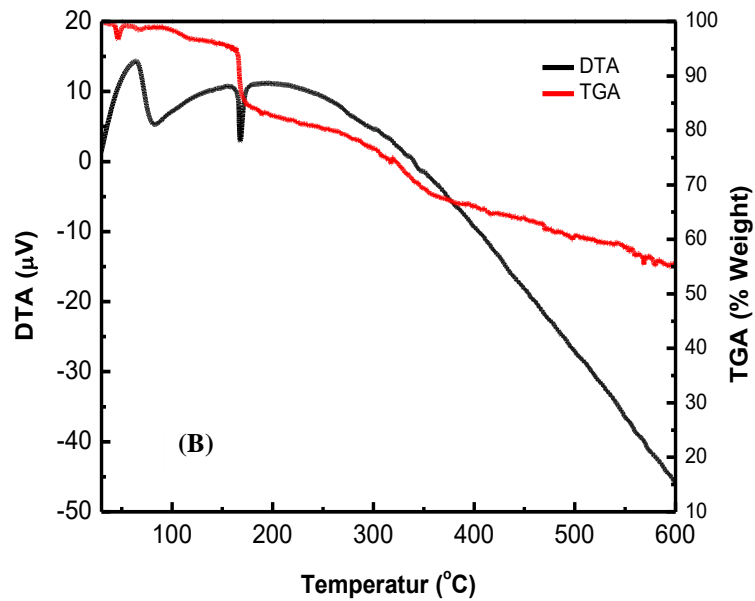


Gambar 2. XRD ZnO nano partikel yang disintesis pada konsentrasi NaOH
(a) 2 M (b) 1 M dan (c) 0,5 M

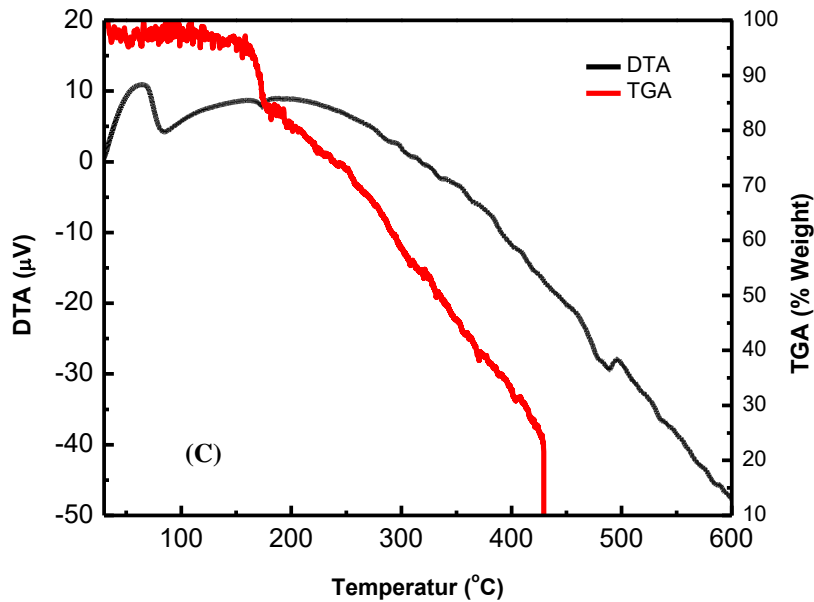
Hasil uji TG-DTA dilakukan dengan menggunakan atmosfer gas nitrogen yang dialirkan pada laju 50 ml/menit pada suhu antara 30 °C hingga 600 °C. Uji TGA ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan termal sample ZnO akibat pemanasan atau kenaikan suhu. Pemanasan menyebabkan sample mengalami penurunan massa akibat proses penguapan pelarut yang masih tersisa di dalam sample serta dekomposisi partikel produk. Grafik TG-DTA pada **gambar 3** sampai dengan **gambar 5** menunjukkan untuk ketiga sample ZnO. Dari ketiga sample tersebut menunjukkan bahwa pada suhu 100 °C-150 °C terjadi penguapan sisa H₂O yang masih tersisa di dalam sample ZnO sehingga terjadi penurunan massa menjadi sekitar 80% dari massa awal sample. Sedangkan pada suhu 400°C mulai terjadi dekomposisi kandungan anorganik seperti Cl₂ dari ZnCl₂ yang masih tersisa di dalam sample. Dari grafik tersebut dapat diamati bahwa semakin besar konsentrasi NaOH maka kestabilan termal ZnO semakin baik hal ini ditunjukkan bahwa NaOH yang disintesis dengan konsentrasi 2 M mengalami penurunan massa sample sebesar 28%.



Gambar 3. TG-DTA ZnO nano partikel yang disintesis pada konsentrasi NaOH 2 M



Gambar 4. TG-DTA ZnO nano partikel yang disintesis pada konsentrasi NaOH 1 M



Gambar 5. TG-DTA ZnO nano partikel yang disintesis pada konsentrasi NaOH 0,5 M

Analisis Laju Korosi Komposit ZnO/Al₂O₃/TiO₂

Untuk mengetahui performance komposit sebagai bahan coating pada baja karbon dilakukan uji laju korosi dengan menggunakan alat EIS (Electrochemical Impedance Spectrofotometry). Pada prinsipnya korosi adalah peristiwa elektrokimia dimana reaksi redoks pada anoda dan katoda akan mengasilkan arus listrik. Dengan mengukur kuat arus listrik yang dihasilkan maka dapat diukur pula laju korosi pada logam. Alat EIS dapat mengukur kuat arus yang dihasilkan dari reaksi redoks pada saat terjadinya korosi sehingga kita dapat mengukur atau menghitung laju korosi logam sampel. Pada penelitian ini baja karbon di coating dengan epoxy yang telah dicampur dengan komposit ZnO/Al₂O₃/TiO₂. Selanjutnya diuji dengan alat EIS. Ada 4 sampel yang diuji dengan komposisi (ZnO/Al₂O₃/TiO₂) seperti pada tabel 1. Dari hasil pengujian dengan alat EIS didapatkan kuat arus yang selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung laju korosi dengan menggunakan persamaan :

$$R_M = \frac{M}{nF\rho} i_{corr}$$

Dimana :

- M = Berat Molekul Baja Karbon , g/mol
- n = Bilangan oksidasi
- F = konstanta Faraday = 96.485 C/mol
- ρ = densitas, g/cm³
- i_{corr}* = corrosion current, A
- R_M = laju korosi, mm/year

Untuk masing-masing sampel yang diuji *i_{corr}* adalah kuat arus yang nilainya didapatkan dari tafel slope yang hasilnya seperti tampak pada tabel 1. Pada penelitian ini sampel adalah baja karbon dengan M=56 g/mol, n=2 dan ρ= 7.86 g/cm³ sehingga hasil perhitungan laju korosinya tampak pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Laju Korosi

SAMPLE	Perbandingan molar (ZnO/Al ₂ O ₃ /TiO ₂)	<i>i_{corr}</i> (µA)	RM (mm/year)
1	1:1:1	0.0013	0.047
2	1:2:1	0.00086	0.031
3	1:1:2	0.00032	0.011
4	1:2:2	0.00051	0.018

Dari hasil perhitungan laju korosi menunjukkan bahwa komposit ZnO/Al₂O₃/TiO₂ yang digunakan sebagai bahan tambahan pada proses coating baja karbon menghasilkan proteksi atau perlindungan korosi yang sangat baik, hal ini ditunjukkan dengan nilai laju korosi yang berkisar antara 0.1 - 0.4 mm/tahun. Sampel 3 menunjukkan

laju korosi terkecil atau proteksi terbaik. Jika dibandingkan sampel satu dengan sampel 2 dan 3 menunjukkan bahwa penambahan jumlah Al_2O_3 atau TiO_2 saja (komponen lain tetap) pada komposit dapat meningkatkan kemampuan proteksi terhadap korosi, hal ini ditandai dengan turunnya laju korosi. Akan tetapi jika Al_2O_3 atau TiO_2 secara bersama-sama dinaikkan jumlahnya (sampel 4) penurunan laju korosinya masih lebih baik sampel 3. Artinya penambahan jumlah TiO_2 lebih berpengaruh pada peningkatan kemampuan proteksi terhadap korosi dibandingkan dengan penambahan jumlah Al_2O_3 .

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan metode presipitasi dapat disintesis nanopartikel ZnO dengan morfologi berbentuk jarum.
2. Dari hasil eksperimen menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH berpengaruh terhadap ukuran dari partikel produk ZnO. Semakin besar konsentrasi NaOH maka cenderung menghasilkan partikel dengan ukuran yang lebih besar serta tingkat aglomerasi partikel produk yang diperoleh semakin meningkat.
3. Dari hasil SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel ZnO yang disintesis pada konsentrasi NaOH sebesar 2 M, 1 M, dan 0,5 M masing-masing sebesar 158 nm, 148 nm, dan 40 nm. Selain itu dari uji XRD menunjukkan bahwa tingkat kristalinitas partikel ZnO yang diperoleh relatif tinggi untuk ketiga konsentrasi diatas sedangkan dari uji TG-DTA menunjukkan bahwa ketahanan termal dari partikel yang disintesis pada konsentrasi NaOH 2 M adalah yang terbaik karena pada pemanasan hingga suhu 600 °C menunjukkan penurunan massa sebesar 28%.
4. Pengujian laju korosi menunjukkan bahwa coating dengan komposit ZnO/ Al_2O_3 / TiO_2 mampu melindungi baja karbon dari korosi dengan sangat baik.
5. Penambahan TiO_2 lebih berpengaruh dibandingkan penambahan Al_2O_3 terhadap penurunan laju korosi.

5. DAFTAR NOTASI

M	= Berat Molekul Baja Karbon [g/mol]
n	= Bilangan oksidasi
F	= konstanta Faraday [C/mol]
ρ	= densitas [g/cm ³]
i_{corr}	= corrosion current [μA]
R_M	= laju korosi [mm/year]

6. DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, E, Diamantino, TC, de Sousa, O, 2007, "Marine Paints: The Particular Case of Antifouling Paints." *Prog. Org. Coat.*, 592–20
- Amir Mostafaei, Farzad Nasirpour, 2013, "Preparation and characterization of a novel conductingnanocomposite blended with epoxy coating for antifouling and antibacterial applications", *J. Coat. Technol. Res.*, 15, 733.
- B. Ramezanzadeh, M.M. Attar, 2011, "Studying the effects of micro and nano sized ZnO particles on the corrosion resistance and deterioration behavior of an epoxy-polyamide coating on hot-dipgalvanized steel", *Progress in Organic Coatings*, 71, 314–328.
- Kristensen, JB, Meyer, RL, Laursen, BS, Shipovskov, S, Besenbacher, F, Poulsen, CH, 2008, "Antifouling Enzymes and the Biochemistry of Marine Settlement." *Biotechnol. Adv.*, 26, 471–481
- Olsen, SM, Pedersen, LT, Hermann, MH, Kiil, S, Dam-Johansen, K, 2009, "Inorganic Precursor Peroxides for Antifouling Coatings." *J. Coat. Technol. Res.*, 6, 187–199
- Shangyi Shen, Yu Zuo, 2014, "The improved performance of Mg-rich epoxy primer on AZ91D magnesium alloy by addition of ZnO", *Corrosion Science*, 87, 167-178.
- T. O. Siyanbola, K. Sasidhar, B. Anjaneyulu, K. P. Kumar, B. V. S. K. Rao, Ramanuj Narayan, O. Olaofe, E. T. Akintayo, K. V. S. N. Raju, 2013, "Anti-microbial and anti-corrosive poly (ester amide urethane) siloxane modified ZnO hybrid coatings from *Thevetia peruviana* seed oil". *J Mater Sci*. 48, 8215-8227.
- Veronika Jasková, Andréa Kalendová, 2012, "Anticorrosive coatings containing modified phosphates", *Progress in Organic Coatings.*, 75, 328–334.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemanfaatan Kekayaan Laut Branta Pesisir, Pamekasan untuk Kesejahteraan Masyarakat Pesisir

Yesica Novrita Devi¹, Ristanti Akseptori², Norromadani Yuniati³

¹Program Studi Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111. Telp (031)5947186, Fax. (031) 5942887

Abstrak

Beraneka ragam kekayaan laut masyarakat pesisir masih sangat kurang dimaksimalkan potensinya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat. Begitu pula yang terjadi di desa Branta Pesisir, Pamekasan. Tujuan kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah untuk memberikan pengetahuan dan pemahaman tentang manfaat ikan untuk peningkatan kualitas gizi keluarga, memberikan ketrampilan tentang pengolahan ikan untuk memberikan *added value*, dan ketrampilan pengemasan tanpa bahan pengawet sehingga dapat dikembangkan menjadi usaha yang potensial. Program kegiatan ini dilakukan dengan pendekatan pada kepala desa dan Ibu-Ibu kelompok pengajian desa Branta Pesisir, Pamekasan. Kegiatan pengabdian diawali dengan melakukan survey lapangan, sosialisasi, pemberian pelatihan pembuatan aneka abon ikan dan proses pengemasan hasil olahan. Pelaksanaan kegiatan melibatkan ibu kepala desa, dan ibu-ibu kelompok pengajian sejumlah 24 orang. Praktek pembuatan aneka abon ikan dan cara pengemasan yang sesuai untuk hasil olahan tanpa menggunakan bahan pengawet mendapat respon yang baik dari masyarakat setempat. Namun diperlukan pemahaman kedadaran lebih mendalam kepada masyarakat untuk mengembangkan pengetahuan dan praktek yang diperoleh melalui pelatihan menjadi usaha yang berkembang dan dikelola untuk kesejahteraan masyarakat.

Kata kunci: *pengabdian masyarakat, masyarakat pesisir, aneka abon ikan*

1. PENDAHULUAN

Desa Branta Pesisir merupakan salah satu desa nelayan yang terdapat di Kecamatan Tlanakan, Kabupaten Pamekasan, Madura, Jawa Timur. Desa ini terdiri dari tujuh dusun, yaitu Dusun Tinjang, Dusun Lunas, Dusun Tengah Satu, Dusun Tengah Dua, Dusun Gilin, Dusun Bandaran, dan Dusun Mayang. Penduduk Branta Pesisir berjumlah sekitar 5000 jiwa. 50% penduduk desa Branta Pesisir bermata pencaharian sebagai nelayan. 50% yang lainnya adalah pedagang, perawat, polisi, dan sopir. Di sepanjang pantai, tinggal masyarakat nelayan dengan mayoritas aktivitas sehari-hari berlayar di laut.

Aktivitas berlayar para nelayan terbagi menjadi dua. Nelayan berlayar di pagi hari dan pulang membawa hasil tangkapan sekitar pukul 14.00. Periode selanjutnya adalah berlayar pada sore hari dan pulang membawa hasil tangkapan pada pukul 22.00 – 23.00. Nelayan tidak pergi melaut pada hari Jumat. Nelayan Desa Branta Pesisir melaut dengan menggunakan alat tangkap kardan dan pukot harimau.

Beberapa jenis ikan hasil tangkapan Desa Branta Pesisir diantaranya adalah ikan layur, tongkol/ kalan, cumi-cumi/ nus, kerapu, ikan kembung, ikan mas/ kreseh, ikan kakap, ikan pari, dan mongseng/ hiu kecil. Setelah para nelayan pulang melaut, hasil tangkapan mereka biasanya dijual di pasar sekitar daerah Madura khususnya yang berdekatan dengan kabupaten Sampang dan Pamekasan, karena desa ini merupakan daerah perbatasan yang menghubungkan kedua kabupaten yaitu Sampang dan Pamekasan. Adapun hasil tangkapan dengan kualitas baik biasanya dijual kepada pengepul untuk selanjutnya dikirim ke berbagai restoran, depot, swalayan dan toko-toko pengolah ikan di luar Madura, sedangkan ikan yang tidak laku terjual diolah oleh para istri nelayan menjadi ikan asin dengan cara dikeringkan secara manual. Beberapa istri nelayan juga mengolah kulit ikan laponte menjadi krupuk rambak, membuat krupuk ikan dan membuat petis. Namun olahan ikan yang dilakukan sejauh ini dikerjakan secara tradisional, kapasitas produksi kecil, penjualan hanya untuk daerah sekitar, minimnya saluran distribusi dan hanya menggunakan sistem pemasaran konvensional. Produk olahan ikan yang dikembangkan masyarakat desa ini memiliki varian yang terbatas, dan hanya mengandalkan pengepul untuk memasarkannya. Di daerah sekitar juga belum ditemukan penjualan atau toko yang menjual ikan dan produk olahannya. Berdasarkan hasil survey dan wawancara secara sampling dengan masyarakat setempat dan perangkat desa diketahui bahwa hal ini dikarenakan masih kurangnya pengetahuan masyarakat setempat mengenai produk olahan ikan, proses pengemasan dan design produk, pengelolaan saluran distribusi yang luas dan modern.

Hasil tangkapan nelayan Desa Branta Pesisir pada dasarnya beragam. Hal ini merupakan potensi kekayaan yang dapat dimaksimalkan demi meningkatkan taraf hidup masyarakatnya. Hanya saja, kurangnya pengetahuan dan ketrampilan membuat penduduk Desa Branta Pesisir hanya menjual hasil ikan dengan harga murah.

Masyarakat setempat memiliki taraf hidup menengah bawah, tingkat pendidikan juga tidak merata dan didominasi oleh lulusan SMP dan SMA.

Mengingat besarnya potensi kekayaan yang dimiliki oleh Desa Branta Pesisir dan keterbatasan Sumber Daya Manusia, kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Branta Pesisir tentunya akan sangat membantu masyarakat dalam memberikan *added value* demi peningkatan kesejahteraan masyarakat. Banyak hal yang dapat dilakukan dalam kegiatan pengabdian masyarakat di desa ini. Pemberian ilmu dan ketrampilan mengenai pengolahan ikan menjadi produk yang *marketable* pastinya menjadi langkah awal yang baik untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat desa setempat.

2. METODOLOGI

2.1 Persiapan

Tahap persiapan yang dilakukan dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah:

1. Melakukan pendekatan kepada Ibu Kepala Desa untuk meminta ijin tentang sosialisasi pentingnya menjaga kelestarian laut dengan penangkapan ikan yang tepat kepada masyarakat Desa Branta Pesisir
2. Membentuk kelompok dari Ibu-Ibu Pengajian untuk diberikan *training* pengolahan abon ikan.

2.2 Survey Kelayakan

Sebagai survey kelayakan, tim pengabdian masyarakat melakukan observasi ke dermaga pantai Branta Pesisir untuk mengetahui kegiatan para nelayan dan masyarakat sekitar. Tim pengabdian masyarakat melakukan interview dengan beberapa ibu ibu yang sedang melakukan kegiatan pemilahan ikan, melakukan interview dengan ibu sekretaris desa untuk mengetahui kegiatan rutin ibu ibu desa. Tim juga menemui ibu kepala desa untuk meminta ijin kelak melakukan kegiatan pengabdian masyarakat tentang pembuatan abon ikan.

2.3 Tahapan Teknik Implementasi

Tahapan teknik implementasi dalam kegiatan pengabdian masyarakat adalah:

Tabel 3.1 Tahapan Teknik Implementasi

No	Tahapan Teknik Implementasi
1.	Survei lapangan dan pendekatan pada Perangkat Desa untuk mengetahui kondisi desa sasaran program dan dukungan/ijin kegiatan yang direncanakan
2.	Sosialisasi kegiatan kepada seluruh masyarakat tentang pentingnya menjaga kelestarian biota laut dengan cara melakukan penangkapan ikan dengan alat yang tepat.
3.	Memberikan training tentang pengolahan ikan menjadi abon ikan sebagai produk yang <i>marketable</i> dan memiliki <i>added value</i> .
4.	Memberikan pelatihan proses pengemasan dan membantu menyalurkan produk melalui saluran distribusi di daerah sekitar yang dinilai potensial.
5.	Pembuatan laporan dan publikasi program kegiatan

2.4 Sosialisasi dan Pelatihan

Proses sosialisasi dan pelatihan dilakukan dengan tahapan:

1. Pelatihan pembuatan aneka abon ikan.
2. Pelatihan proses pengemasan dan membantu menyalurkan produk melalui saluran distribusi di daerah sekitar yang dinilai potensial.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan dengan beberapa tahapan dan menghasilkan, hasil sebagai berikut :

1. Melakukan sosialisasi kepada Kepala Desa dan ibu ibu kelompok pengajian desa Branta Pesisir mengenai potensi hasil laut nelayan masyarakat setempat, dan peluangnya untuk membangun usaha dari hasil tangkapan para nelayan. Telah dijelaskan bahwa hasil tangkapan ikan para nelayan dapat dimanfaatkan para ibu ibu kelompok pengajian untuk diolah menjadi produk yang bergizi dan bernilai jual sehingga dapat dikembangkan menjadi usaha bersama untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat.



Gambar 1 Pembukaan acara sosialisasi Desa Branta Pesisir

2. Menyerahkan alat berupa kompor gas, blender, vacuum sealer, dan bahan-bahan yang diperlukan dalam pengemasan hasil olahan menggunakan vacuum sealer kepada Kepala desa Branta Pesisir. Alat ini kemudian dikelola oleh pengurus yang ditunjuk oleh Kepala desa untuk melayani masyarakat yang melakukan pinjaman alat.



Gambar 2 Serah terima peralatan pengabdian masyarakat Desa Branta Pesisir



Gambar 3 Peralatan yang diberikan kepada masyarakat Desa Branta Pesisir

3. Menjelaskan kepada masyarakat sistem pinjam-meminjam alat yang telah kami serahkan kepada pengurus Desa Branta Pesisir.
4. Memberikan pelatihan tentang pengolahan ikan menjadi produk aneka abon. Pelatihan ini dilakukan di Balai Desa Branta Pesisir dengan peserta sejumlah 24 orang, terdiri dari ibu-ibu dan remaja. Beberapa diantaranya menjalankan usaha kerupuk ikan dan bakso.

Pelatihan pembuatan aneka abon dilaksanakan pada hari Sabtu dan Minggu, tanggal 17 – 18 September 2016, pukul 09.00 – 12.00 WIB.



Gambar 4 Pelatihan membuat aneka abon ikan

5. Memberikan pelatihan cara pengemasan produk hasil olahan ikan berupa aneka abon dengan sistem pengepresan kedap udara.



Gambar 5 Pelatihan cara pengemasan menggunakan vacum sealer

6. Memberikan pengetahuan tentang sistem pengawetan tanpa menambahkan bahan pengawet tambahan pada makanan hasil olahan.



Gambar 6 Hasil aneka abon ikan tanpa menggunakan bahan pengawet pada bahan makanan

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan Pengabdian Masyarakat ini adalah:

1. Kegiatan serupa hal ini perlu terus dilakukan untuk menyadarkan masyarakat tentang pentingnya memanfaatkan hasil laut nelayan setempat untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.
2. Kegiatan berjalan lancar dengan dukungan dari kepala desa dan ibu-ibu pengajian.

Saran yang dapat diberikan dari hasil kegiatan Pengabdian Masyarakat ini adalah:

1. Perlu range waktu yang lebih panjang untk pelaksanaan program kegiatan sehingga tuntas sampai ke kegiatan pendampingan untuk diketahui hasil dari kegiatan pelatihan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- DJP, 1975. Standar Statistik Perikanan. *Ketentuan Kerja Pengumpulan Pengolahan dan Penyajian Data Statistik Perikanan*. DJP. Jakarta, Indonesia, Direktorat Jenderal Perikanan. Buku 1: 207.
- Info manfaat terkini, 2015. Manfaat Ikan Kerapu untuk Kesehatan, Ekonomi dan Kuliner, (online), (<http://manfaat.co.id/manfaat-ikan-karapu> diakses 03 maret 2016)
- Organisasi. 2016. Isi Kandungan Gizi Ikan Lemuru dan Komposisi Nutrisi Bahan Makanan, (online), (<http://www.organisasi.org/1970/01/isi-kandungan-gizi-ikan-lemuru-komposisi-nutrisi-bahan-makanan.html>, diakses 03 maret 2016)
- Republik Indonesia, 2008. Undang-Undang No. 20 Tahun 2008 tentang Usaha Mikro Menengah. Jakarta : Sekretariat Negara
- Warta Ekspor edisi Juni, 2012. *Ikan Tuna Indonesia trade with remarkable Indonesia*. DGNEG. Jakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Komposting Limbah Ikan

Vivin Setiani S.T., M.Eng., M.T

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*vivinsetiani@gmail.com

Abstrak

Salah satu sumber Gas Rumah Kaca (GRK) berkontribusi dari kegiatan komersial seperti peningkatan timbulan sampah. Komposting merupakan alternatif pengolahan sampah organik yang dapat mengurangi GRK. Salah satu sampah organik yang berkontribusi besar adalah limbah ikan. Studi ini tentang komposting limbah ikan yang dihasilkan dari perikanan. Output yang diharapkan adalah hasil kompos limbah ikan dapat memenuhi kualitas kompos yang baik dan akan menyuburkan tanah.

Kata kunci: kompos, limbah ikan

1. PENDAHULUAN

Perikanan merupakan salah kegiatan produksi ikan laut yang berkontribusi meningkatkan gas rumah kaca (GRK). Emisi gas rumah kaca berkaitan dengan produksi ikan laut untuk menghasilkan dalam mulai penangkapan ikan sampai dengan pembuangan hasil produksi limbah ikan. Proses produksi ikan mulai dari penangkapan, pengangkutan, proses, *retailing* dan makanan ikan, konsumsi dan pembuangan dan akuakultur. Tahapan-tahapan produksi ikan tersebut berkontribusi dalam emisi GRK. Ikan laut merupakan salah satu banyak komoditas perdagangan makanan secara global (Seafish, 2014). Pembuangan limbah ikan di tanah menyebabkan masalah dalam pengembangbiakan hewan. Komposting limbah ikan dapat menyediakan sumber karbon yang baik dalam komunitas dan pertumbuhan sayuran di Alaska. Oleh karena jenis penyediaan sumber karbon (jerami, gambut) secara local dapat bercampur optimal dengan komposting limbah ikan (Van Oss, 2009).

Alternatif dalam pengolahan limbah ikan dengan menggunakan bioteknologi seperti kompos. kompos limbah ikan memiliki kelebihan yaitu memiliki kandungan nutrient yang terdiri dari potassium, kalsium dan magnesium. Selain itu, kompos limbah ikan berfungsi menjaga kualitas kompos tetap higienis dan bebas kontaminan seperti logam berat dan senyawa pytotoxic (R.E. Kinnunen et al., 2005). Komposting merupakan metode pengolahan limbah organik yang mudah dan tidak mahal untuk membuat kondisi tanah menjadi subur. Sampah ikan dapat diolah dengan menggunakan teknik komposting. Keunggulan dari pengolahan sampah ikan dengan teknik komposting adalah teknik komposting dapat mengatasi masalah pembuangan limbah ikan menjadi produk yang berpotensi memiliki nilai jual dan ramah lingkungan. Selain itu, hasil kompos dapat meningkatkan kesuburan tanah (Mathur, 1991). Komposting merupakan proses efektif dalam mengolah limbah ikan dan rumput laut untuk memulihkan bahan organik dan sumber nutrient dan untuk menghasilkan pupuk organik dalam menyuburkan tanah di bidang pertanian (Vives et al., 2015). Gas metana yang dihasilkan sistem kompos skala rumah tangga lebih rendah daripada sistem kompos rumah skala terpadu. Gas ammonia yang dihasilkan dari sistem kompos skala rumah tangga sangat rendah karena suhu rendah dalam komposting (Ermolaev et al., 2014).

2. PEMBAHASAN

Limbah ikan merupakan limbah organik yang mudah terurai. Hal ini didukung dalam hasil penelitian Mosquera et al., 2011, menunjukkan bahwa proses komposting ikan dapat terurai secara cepat. Campuran kompos ikan dengan limbah organik lainnya akan memiliki rasio C/N maksimal sebesar 20 (SNI 19-7030-2004). Pada sudi ini, kompos campuran antara daging ikan dengan serbuk kayu, serbuk kayu, buah dan sayuran akan menghasilkan pupuk kompos yang memiliki kualitas kompos yang baik untuk meningkatkan kesuburan tanah. Hal ini dapat dilihat dari karakteristik limbah ikan, serbuk kayu, buah dan sayuran memiliki rasio C/N masing-masing 3.63; 500; 4.72 (Laos, F et al., 2002) dan 40 dan 13.4 (Asquer et al., 2013). Karakteristik C/N rasio tersebut menunjukkan bahwa jika dilakukan pengumposan dari material tersebut akan menghasilkan kualitas kompos yang baik. dalam menyuburkan tanah. Menurut Mosquera et al., 2011, pupuk kompos limbah ikan digunakan sebagai penyubur tanah karena mengandung nutrisi dalam tanah (Nitrogen, Pospor dan Kalium) yang tinggi. Hal ini, dapat digunakan sebagai pupuk organik. Hasil kompos daging ikan, rumput laut, dan kulit pinus memiliki rasio C/N sebesar 22.56 ± 1.24 dan kandungan salinitas tinggi. Selain itu, menurut Laos, F et al., 2002, kompos daging ikan dengan serbuk kayu, biosolid dan sampah kebun memiliki ratio TOC/TN sebesar 21 pada musim panas. Hal ini didukung oleh penelitian Liao et al., 1995, daging ikan dengan serbuk kayu menghasilkan rasio C/N sebesar 26.

Pupuk kompos limbah ikan sangat cocok digunakan untuk pertanian. Hal ini dikarenakan kandungan nutrient yang sangat tinggi dalam kompos limbah ikan sehingga dapat menghasilkan tanaman yang berkualitas baik. Hal tersebut didukung dalam hasil penelitian Vives et al., 2015 dan Mosquera et al., 2011. Menurut Vives et al., 2015 kompos campuran antara limbah ikan dan serbuk kayu dapat menyuburkan tanah dan mempercepat pertumbuhan tanaman.

3. KESIMPULAN

Kompos campuran limbah ikan dengan serbuk kayu, lumpur organik dan sayuran akan menghasilkan kualitas kompos yang baik. Kualitas kompos yang baik akan mengandung parameter fisik, kimia dan biologi yang memenuhi standar kualitas kompos menurut SNI 19-7030-2004. Selain itu, pupuk kompos limbah ikan akan menyuburkan tanah dan mempercepat pertumbuhan tanaman.

4. DAFTAR PUSTAKA

- Asquer, Carla, Agata Pistis, dan Efisio Antonio Scano. 2013. *Characterization Of Fruit And Vegetable Wastes As A Single Substrate For The Anaerobic Digestion*. Environmental Engineering and Management Journal 12 (2013), S11, Supplement, 89-92.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Evgheni Ermolaev, Cecilia Sundberg, Mikael Pell, Håkan Jönsson .2014. *Greenhouse Gas Emissions from Home Komposting in Practice*. Bioresource Technology 151 (2014) 174–182.
- Kementerian kelautan dan perikanan.2014. *Laporan kinerja*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Laos,F, M.J. Mazzarino,I.Walter,L.Roselli, P.Satti and S.Moyano.2002. *Composting Of Fish Offal And Biosolid In Northwestern Patagonia*. bioresource technology 81 (2002) 179-186.
- Liao, P. H., May, A. C. & Chieng, S. T. (1995). *Monitoring process efficiency of a full-scale in-vessel system for composting fisheries wastes*. Biores. Technol., 54, 159-163.
- Mathur SP. 1991. *Komposting processes*. London: Elsevier Science Publishers Ltd, 147±183.
- M. Illera-Vivesa, S. Seoane Labandeirab, L.M. Britoc, A. López-Fabala,M.E. López-Mosquera. 2011. *Evaluation of compost from seaweed and fish waste as a fertilizer forhorticultural use*. Scientia Horticulturae 186 (2015) 101–107.
- Mosquera, Maria Elvira López , Emilio Fernández-Lema, Rubén Villares, Rafael Corral, Begoña Alonso, dan Concepción Blanco. *Composting Fish Waste And Seaweed To Produce A Fertilizer For Use In Organic Agriculture*. Environmental Sciences 9 (2011) 113 – 117.
- R.E. Kinnunen, M.C. Gould, and P. Cambier. 2005. *Composting Commercial Fish Processing Waste from Fish Caught in the Michigan Waters of the Great Lakes*. Michigan State University Extension : USA
- Seafish,.2014. *The Seafish Guide To Greenhouse Gas Emissions in Seafood*. Origin Way, Europarc.; Seafish.
- The United States Department of Agriculture (USDA). 2000. *Komposting-Environmental Engineering National Engineering Handbook*. United States: United States Department of Agriculture.
- Vives a, M. Illera, S.Seoane Labandeira b ,L.M. Brito c ,A. López-Fabal a M.E.López Mosquera .2015. *Evaluation Of Compost From Seaweed And Fish Waste As A Fertilizer For Holticultural Use*. Scientia Horticulturae 186 (2015) 101–107
- Van Oss, James.2009. *Ocean Earth Compost*. Alaska: Ocean Earth Producer.



RISTEKDIKTI



PPNS

POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA



www.master.ppns.ac.id



9 772548 150011

ISSN : 2548-1509