



Volume 1 | No. 2 | November 2018

p-ISSN : 2620-4916

e-ISSN : 2620-7540



# JURNAL

## TEKNOLOGI MARITIM

Diterbitkan Oleh :

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**

Email : p3m@ppns.ac.id

<http://journal.ppns.ac.id/index.php/teknologimaritim>

# JURNAL

# TEKNOLOGI MARITIM

## DEWAN REDAKSI

### PENGARAH

Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA  
(Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya)

### PENANGGUNG JAWAB

Ir. Arie Indartono, M.MT.  
(Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat)

### MITRA BESTARI

Dr.rer.pol. Heri Kuswanto M.Si., S.Si (ITS)  
Dr.Eng. Trika Pitana S.T., M.Sc (ITS)  
Dr. Eng. Rosa Andrie Asmara, ST, MT (Politeknik Negeri Malang)  
Dr.Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg (Politeknik Negeri Bali)

### Ketua Penyunting

Dr. Moh. Anis Mustaghfirin, S.T., MT  
Budi Prasojo, S.T.,M.T

### Penyunting Ahli

Adi Wirawan Husodo, S.T., M.T  
Projek Priyonggo Simangun L. ST.,M.T  
Mardi Santoso, S.T., M.Eng.Sc.  
Dr. Eng. I. Putu Sindhu Asmara, ST., MT  
Dr. I Putu Arta Wibawa, S.T.,M.T  
Dr. Mohammad Abu Jami'in, S.T., M.T  
Dr. Mat Syai'in, ST., MT.  
Dr. Eng. Imam Sutrisno, ST., MT  
Yugowati Praharsi, Ph.D

### Penyunting Pelaksana

Abdul Gafur, S.T., M.T  
Afif Zuhri Arfianto, S.T., M.T  
Tarikh Azis Ramadani, ST, MT  
Alma Vita Sophia, ST, MT

### Pelaksana Tata Usaha

R.A Wijayani K, S.Sos, M.Si

# JURNAL

## TEKNOLOGI MARITIM

Terbit satu tahun dua kali, pada bulan Mei dan November

### DAFTAR ISI

#### Vol. 1, Nomer 2 - November 2018

PERANCANGAN PROTEKSI KEBAKARAN OTOMATIS PADA KAPAL BERBASIS ARDUINO <b>Dody Hidayat</b> .....	1
ANALISA TEKNIS PEMBANGUNAN SHIP RECYCLING YARD DI INDONESIA <b>Siti Fariya</b> .....	9
PENGELOLAAN PELABUHAN CARTAGENA SPANYOL SEBAGAI KERANGKA OPTIMALISASI PELABUHAN DI NEGERI SENDIRI <b>Hadi Prasutiyon, RO Saut Gurning</b> .....	17
ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES PADA PENGGERINDAAN BAJA PERKAKAS UNTUK KOMPONEN PERMESINAN SISTEM PENGGERAK KAPAL <b>Fipka Bisono, Tri Andi Setiawan</b> .....	27
PENERAPAN METODE TIME HISTORY UNTUK FENOMENA WATER HAMMER <b>Pekik Mahardhika</b> .....	37
KOMUNIKASI DATA BLUETOOTH UNTUK PERANGKAT INFORMASI PERSEBARAN IKAN (PORTABLE VIRTUAL ASSISTANT) PADA KAPAL NELAYAN TRADISIONAL <b>Trio Andika Putra, Afif Zuhri Arfianto, Mohammad Basuki Rahmat, Muhammad Khoirul Hasin, Dian Asa Utari, Muhamad Nasir, Dody Hidayat</b> .....	43

## PERANCANGAN PROTEKSI KEBAKARAN OTOMATIS PADA KAPAL BERBASIS ARDUINO

**Dody Hidayat**

D3 Manajemen Informatika Universitas Harapan Medan

Jl. H.M Jhoni No 70 C Medan Sumatera Utara

email: hidayatdody91@gmail.com

diterima tanggal : 8 Agustus disetujui 13 November 2018

### **Abstrak**

*Kebakaran dapat terjadi dimana saja salah satunya dapat terjadi di alat transportasi air yakni kapal. Kebakaran selalu menyebabkan hal-hal yang tidak diinginkan baik kerugian material maupun ancaman keselamatan jiwa manusia. Seiring dari kejadian tersebut musibah kecelakaan kapal yang disebabkan oleh bahaya kebakaran sangatlah mungkin terjadi. Salah satu yang dapat mencegah kejadian kebakaran pada kapal haruslah dapat mendeteksi dini kebakaran tersebut. Untuk mendeteksi dini terjadinya kebakaran dikapal maka dirancanglah sebuah alat proteksi kebakaran otomatis berbasis adruino. Dimana Arduino merupakan board yang memiliki sebuah mikrokontroller sebagai otak kendali sistem. Sistem otomatisasi atau controller tidak akan terlepas dengan apa yang disebut dengan 'sensor'. Sensor adalah sebuah alat untuk mendeteksi atau mengukur sesuatu yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. sistem yang dirancang ini dilengkapi dengan beberapa sensor diantaranya adalah sensor apiUV-Tron R2868, sensor asap MQ-2 dan kemudian sensor suhuDS18B20. Mikrokontroller sebagai pengendali akan merespon input yang berupa sensor tersebut ketika data yang dibaca oleh sensor mendeteksi kebakaran diantaranya mendeteksi adanya asap, kemudian api dan suhu. Sebagai output dari sistem berupa racun api (fire extinguisher)dimana kandungan yang ada pada racun api tersebut berupa Dry Chemical Powder dan Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) yang fungsinya digunakan untuk memadamkan api serta dilengkapi buzzer sebagai alarm peringatan jika terjadi kebakaran.*

**Kata kunci :** *Arduino, Sensor Temperature DS18B20, Sensor Asap MQ-2, Sensor ApiUV-Tron R2868*

### **Abstract**

*Fires can occur anywhere, one of which can occur in water transportation, namely ships. Fires always cause undesirable things, both material losses and threats to the safety of the human soul. As a result of this incident, a ship accident caused by a fire hazard is very likely to occur. One that can prevent fire events on ships must be able to detect the fire early. To detect the occurrence of a fire on board, an arduino-based automatic fire protection device was designed. Where Arduino is a board that has a microcontroller as a system control brain. The automation system or controller will not be separated from what is called a 'sensor'. A sensor is a device for detecting or measuring something that is used to change mechanical, magnetic, heat, light and chemical variations into electrical voltages and currents. The system designed is equipped with several sensors including UV-Tron R2868 fire sensor, MQ-2 smoke sensor and then DS18B20 temperature sensor. Microcontroller as a controller will respond to inputs in the form of sensors when the data read by the sensor detects a fire including detecting smoke, then fire and temperature. As an output of the system in the form of fire extinguisher where the content in the fire poison is in the form of Dry Chemical Powder and Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) whose function is used to extinguish the fire and equipped the buzzer as a warning alarm in the event of a fire.*

**Keyword:** *Arduino, Sensor Temperature DS18B20, Sensor Asap MQ-2, Sensor ApiUV-Tron R2868*

---

## 1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan suatu bencana yang senantiasa menimbulkan banyak hal yang tidak diinginkan dan dapat berakibatkan pada kerugian baik kerugian materi maupun bahaya terhadap keselamatan jiwa manusia. Pada perancangan alat ini studi kasus yang akan dilakukan yakni pada kapal. Dimana kapal merupakan alat transportasi air yang sangat banyak digunakan oleh manusia. Dalam penanggulangan masalah kebakaran banyak ditemukan kesulitan-kesulitan diantaranya sukarnya menemukan sumber api sehingga api dapat menjalar ketempat lain dan sulit untuk dipadamkan sehingga berakibat fatal yang berdampak pada keselamatan manusia dan faktor keselamatan merupakan salah satu prioritas sebagai penyedia alat transportasi.

Untuk mengantisipasi dan meminimalkan terjadinya daerah kebakaran yang luas maka diperlukan suatu alat yang mampu memproteksi bahaya kebakaran dengan system otomatisasi, tujuannya adalah untuk memadamkan api dengan cepat bila terjadi kebakaran. Perancangan alat ini dikendalikan oleh board Arduino dimana didalamnya terdapat sebuah mikrokontroler sebagai otak pengendali sistem dengan perangkat pendukung berupa inputan sensor dan output adalah sebuah pemadam api (Fire Extinguisher).

## 2. METODE

### 2.1. Arduino

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, dirancang untuk memudahkan pengguna elektronik dalam berbagai bidang. Hardware dalam Arduino memiliki prosesor Atmega AVR dan menggunakan software dan Bahasa sendiri[1].

Tabel 1. Index Board Arduino

Mikrokontroler	ATMega 328
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	50 mA

Memori Flash	32 Kb
SRAM	2 Kb
EEPROM	1 Kb
Clock Speed	16 MHz



Gambar 1. Arduino

### 2.2 Mikrokontroler

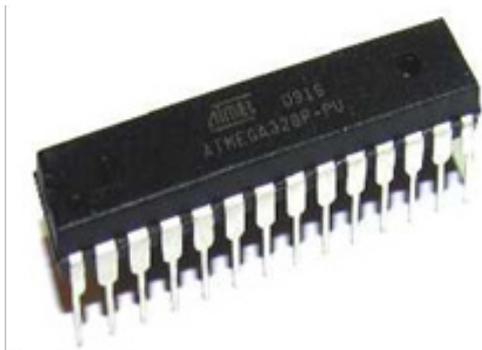
Mikrokontroler merupakan suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer yang hadir untuk memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor. Adapun kelebihan dari mikrokontroler adalah sebagai berikut :

1. Penggerak pada mikrokontroler menggunakan Bahasa pemrograman assembly dengan berpatokan pada kaidah digital dasar sehingga pengoperasian system menjadi sangat mudah dikerjakan sesuai dengan logika system.
2. Mikrokontroler tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan control system.
3. Pada mikrokontroler tersedia fasilitas tambahan untuk pengembangan memori I/O yang disesuaikan dengan kebutuhan system.
4. Harga relative lebih murah dan terjangkau.

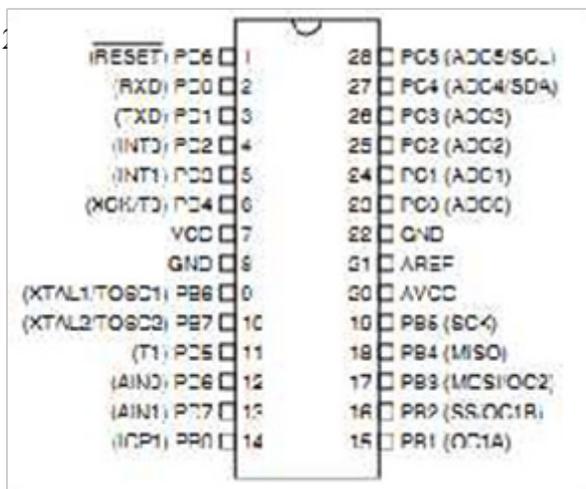
#### 2.2.1 Mikrokontroler ATmega 328

Mikrokontroler ATmega 328 adalah sebuah komputer kecil ("special purpose computers") didalam satu IC yang berisi CP, memori, timer, saluran komunikasi serial dan parallel, Port input/output, ADC[2]. Mikrokontroler untuk suatu tugas dan menjalankan program. Mikrokontroler

ATMega 328 merupakan sebuah micro controller keluaran Atmel yang anggota dari keluarga AVR 8-bit. Mikrokontroler ini memiliki kapasitas flash (program memori) sebesar 32 Kb (32.768 bytes), memori (static RAM) 2 Kb (2.048 bytes), dan EEPROM (non-volatile memory) sebesar 1024 bytes. Kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah 20 MHz. ATMega 328 terdapat 20 pin Input/Output (21 pin bila pin reset tidak digunakan, 23 pin bila tidak menggunakan oksilator eksternal), dengan 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai pin ADC (analog-to-digital converter). Dan 6 lainnya memiliki fungsi PWM (pulse width modulation).



Gambar 2. Atmega 328  
 (Sumber www.atmel.com)



Gambar 3. Konfigurasi Pin ATMega 328  
 (Sumberwww.atmel.com)

ATMega 328 memiliki 28 Pin seperti dilihat pada gambar 3, yang masing-masing pinnya memiliki fungsi yang berbeda-beda baik sebagai port maupun fungsi yang lainnya. Berikut akan dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATMega 328 yaitu sebagai berikut :

- a. VCC  
 Merupakan supply tegangan digital
- b. GND  
 Merupakan ground semua komponen yang membutuhkan grounding.
- c. Port B (PB7...PB0)  
 Didalam Port B terdapat XTAL1, XTAL2, TOSC1, TOSC2. Jumlah Port B adalah 8 buah pin, mulai dari pin B.0 sampai dengan B.7. tiap pin dapat digunakan sebagai input maupun output. Port B merupakan sebuah 8-bit directional I/O dengan internal pull-up resistor . sebagai input, pin-pin yang terdapat pada port B yang secara eksternal diturunkan. Maka akan mengeluarkan arus jika pull-up resistor diaktifkan. Khusus PB.6 dapat digunakan sebagai input Kristal (inverting oscillator amplifier) dan input ke rangkaian clock internal, bergantung pada pengaturan Fuse bit yang digunakan untuk memilih sumber clock. Sedangkan PB.7 dapat digunakan sebagai output Kristal (output oscillator amplifier) bergantung pada pengaturan Fuse bit yang digunakan untuk memilih sumber clock.
- d. Port C (PC7...PC0)  
 Port C merupakan sebuah 7-bit bi-directional I/O port yang di dalam masing-masingpin terdapat pull-up resistor. Jumlah pin nya hanya 7 buah mulai dari pin C.0 sampai dengan pin C.6. Sebagai keluaran/ output port C memiliki karakteristik yang sama dalam hamenyerap arus (sink) ataupun mengeluarkan arus (source).
- e. Port D (PD7...PD0)  
 Port D merupakan 8-bit bi-directional I/O dengan internal pull-up resistor Fungsi dari port ini sama dengan port-port yang lain. Hanya saja pada port ini tidak terdapat kegunaan-kegunaan yang lain Pada port ini hanya berfungsi sebagai masukan dan keluaran saja atau biasa disebut dengan I/O.
- f. RESET/PC6  
 Jika RSTDISBL Fuse diprogram, maka PC.6 akan berfungsi sebagai pin I/O. Pin ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan pin-pin yang terdapat pada port C lainnya.

Namun jika RSTDISBL Fuse tidak diprogram, maka pin ini akan berfungsi sebagai input reset. Dan jika level tegangan yang masuk ke pin ini rendah dan pulsa yang ada lebih pendek dari pulsaminimum, maka akan menghasilkan suatu kondisi reset meskipun clock-nya tidak bekerja.

g. AVcc

Pin ini berfungsi sebagai supply tegangan untuk ADC. Untuk pin ini harus dihubungkan secara terpisah dengan VCC karena pin ini digunakan untuk

analog saja. Bahkan jika ADC pada AVR tidak digunakan tetap saja disarankan untuk menghubungkannya secara terpisah dengan VCC. Jika ADC digunakan, maka AVcc harus dihubungkan ke VCC melalui low pass filter.

h. AREF

Merupakan pin referensi jika menggunakan ADC

### 2.3 Sensor Asap MQ-2

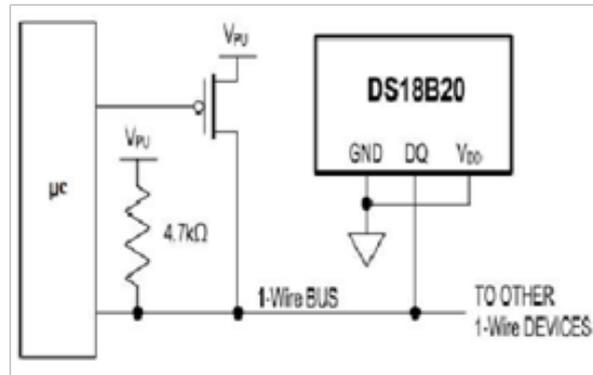
Sensor asap MQ-2 (pada gambar 4) merupakan sensor yang diproduksi oleh Hanwai Electronics Semiconductor yang difungsikan untuk mengamati tingkat kontaminasi udara yang disebabkan oleh asap rokok, asap pembakaran, dan gas gas lainnya yang mempunyai konsentrasi rendah seperti halnya Amonika, gas H<sub>2</sub>S yang disebabkan dari asap hasil pembakaran material. Pada sensor MQ-2 mempunyai tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan gas[3].

### 2.4 Sensor Temperature DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor suhu dimana sensor ini memiliki output keluaran berupa bentuk digital. DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang baik, yaitu 0,5 oC pada rentang suhu -10 oC sampai +85 oC. Sensor suhu pada umumnya membutuhkan ADC dan beberapa pin port pada mikrokontroler, namun sensor DS18B20 ini tidak membutuhkan ADC untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler dan hanya membutuhkan 1 wire saja sebagai data[4].



Gambar 4. Sensor Asap MQ-2



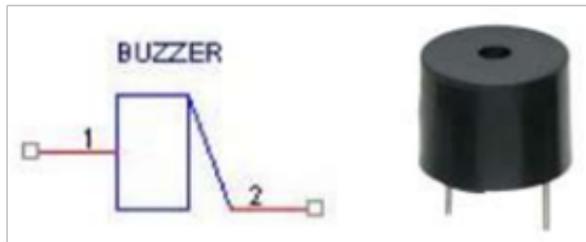
Gambar 5. Skematik Diagram Sensor



Gambar 6. Sensor DS18B20

(Sumber [www.mikroavr.com](http://www.mikroavr.com))

Pada gambar 5 ditunjukkan skematik diagram sensor DS18B20 bahwa pin ground dan Vdd dihubungkan dengan Vcc, sedangkan pin DQ sebagai data dihubungkan dengan pin I/O pada mikrokontroler. Data yang dikeluarkan pada sensor tersebut berupa data digital dengan nilai ketelitian 0,5 oC. dapat dilihat pada gambar 6 bentuk dari sensor DS18B20.



Gambar 7. Buzzer

## 2.5 Buzzer

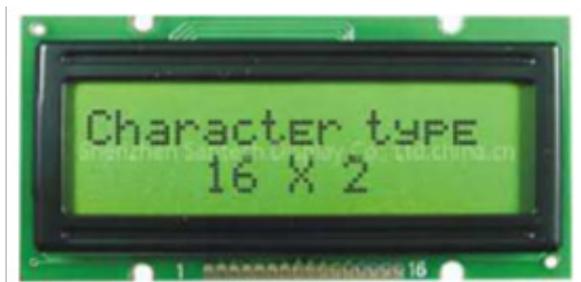
Buzzer merupakan suatu alat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Buzzer dapat dilihat pada gambar 7, pada umumnya buzzer digunakan sebagai alarm, karena penggunaannya sangat mudah yaitu dengan memberikan tegangan input maka buzzer akan mengeluarkan bunyi dengan frekuensi yang dikeluarkan oleh buzzer yaitu antara 1-5 KHz[5].

## 2.6 Motor Stepper

Motor stepper adalah sebuah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan pada stator motor stepper akan menjadi gerak rotasi pada rotornya[6].



Gambar 8. Motor Stepper



Gambar 9. LCD



Gambar 10. Sensor Api UV-Tron R2868

## 2.7 LCD

LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik [7]. Pada umumnya tampilan LCD dapat dilihat pada gambar 9 dimana LCD yang sering dilihat dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya. LCD mempunyai pin data, control catu daya dan juga pengatur kontras tampilan.

## 2.8 Sensor Api UV Tron R2868

Sensor api Hamamatsu UV Tron R2868 adalah detector ultraviolet yang menggunakan efek fotolistrik dari logam dan pelipat gandaan efek gas. Cara ini menghasilkan sensitivitas yang sangat sempit 185-260 nm [8].

Bentuk fisik UV Tron R2868 dapat dilihat pada gambar 10. Meskipun ukurannya kecil, R2868 memiliki sensitivitas lebar sudut dan memiliki respon cepat untuk mendeteksi ultraviolet dengan radiasi lemah yang dipancarkan dari api pada jarak lebih dari 5m. R2868 cocok untuk digunakan dalam detektor api, alarm api dan juga pada deteksi fenomena pelepasan (discharge) yang tak nampak seperti pelepasan karena tegangan tinggi pada jalur transmisi.

## 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

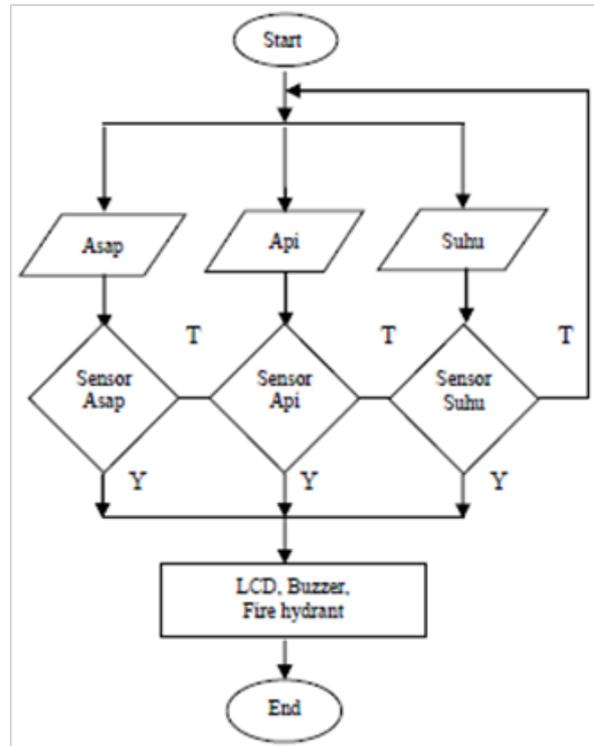
Pada tahap perancangan sistem dibutuhkan sebuah analisis agar perancangan alat yang dibuat menghasilkan suatu rancangan alat yang bekerja secara optimal sesuai dengan yang diharapkan. Tujuan dibuatnya alat ini adalah untuk mencegah bahaya kebakaran yang meluas akibat dari suatu

percikan api yang mana dapat menimbulkan bahaya yang besar pada alat transportasi kapal. Kebakaran ini dapat menimbulkan efek yang sangat berbahaya jika terjadi kebakaran pada kapal yang mengakibatkan kerugian baik material maupun keselamatan jiwa manusia. Perancangan proteksi kebakaran otomatis pada kapal ini berbasis Arduino. Perancangan alat ini dilengkapi sebuah pengendali sistem yakni mikrokontroler ATmega 328 yang fungsinya sebagai otak kendali sistem. Selain itu sistem ini juga menggunakan inputan beberapa sensor yang saling berhubungan dengan output yang berupa racun api (fire extinguisher), buzzer serta LCD.

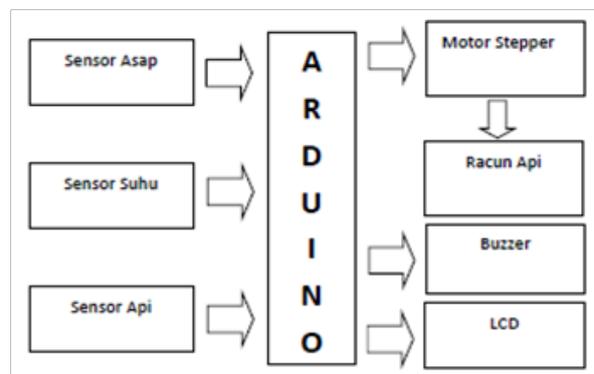
Mikrokontroler sebagai pengendali sistem tentunya membutuhkan instruksi-instruksi agar dapat bekerja sesuai perintah yang di berikan. Dibutuhkan program yang akan ditanamkan didalam chip mikrokontroler yang dibuat dalam bentuk Bahasa pemrograman C. Adapun spesifikasi dari perancangan sistem ini adalah sebagai berikut :

- Mikrokontroler ATmega 328 sebagai otak kendali sistem
- Sensor asap MQ-2 digunakan untuk mendeteksi asap yang timbul karena adanya kebakaran pada kapal
- Sensor Temperature DS18B20 adalah sebuah sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi tingkat suhu yang ada di kapal
- Sensor api UV Tron R2868 digunakan untuk mendeteksi titik api jika terjadi kebakaran pada kapal
- Motor Stepper digunakan untuk memutar kran pracun api.
- LCD digunakan sebagai output tampilan temperature suhu pada kapal
- Buzzer digunakan sebagai alarm pertanda terjadinya kebakaran
- Sebagai pemadam api bila terjadi kebakaran dibutuhkan racun api (fire extinguisher) dimana didalamnya terkandung zat kimia Dry Chemical Powder dan Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) yang fungsinya untuk memadamkan api.

Adapun flowchart pada perancangan proteksi kebakaran otomatis pada kapal berbasis Arduino dapat dilihat pada gambar 11 berikut :



Gambar 11. Flowchart Sistem



Gambar 12. Blok Diagram

### 3.1 Blog Diagram

Diagram blok pada perancangan proteksi kebakaran otomatis pada kapal berbasis Arduino dapat dilihat pada gambar 12.

Pada gambar 12 dapat dilihat prinsip kerja dari keseluruhan rangkaian yang akan dibuat. Sistem kerja dari keseluruhan blok rangkaian yang saling berhubungan antara input proses dan output yang mana membentuk sistem otomatisasi. Pada perancangan proteksi kebakaran otomatis pada kapal berbasis Arduino ini terdiri dari

3 buah inputan yakni sensor yang digunakan untuk mendeteksi kebakaran diantaranya adalah sensor asap MQ-2, sensor api UV-Tron R2868 dan sensor temperature DS18B20. Ketiga sensor tersebut dihubungkan ke Arduino. Arduino dilengkapi dengan mikrokontroler ATmega 328 yang digunakan sebagai penengdali sistem yang memproses data-data yang dikirim melalui sensor untuk diteruskan ke output sistem yang berupa LCD sebagai tampilan indikator suhu, buzzer sebagai alarm peringatan jika terjadi kebakaran dan motor stepper digunakan untuk memutar kran racun api untuk mengeluarkan cairan pemadam yang berupa zat kimia Chemical Powder dan Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>).

#### **4. KESIMPULAN**

Dari analisis dan pembahasan dapat dibuat suatu kesimpulan bahwa perancangan proteksi kebakaran otomatis pada kapal berbasis Arduino diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penanggulangan dini terhadap bahaya kebakaran yang terjadi di kapal.

Perancangan alat yang akan dibuat menggunakan sistem kontrol berbasis Arduino. dimana board Arduino dilengkapi dengan sebuah mikrokontroler yang berfungsi sebagai otak kendali sistem. Beberapa perangkat tambahan yang dinilai sebagai output untuk pemadaman api adalah racun api (Fire Extinguisher). Perancangan alat ini digunakan untuk memadamkan api secara otomatis dengan tujuan menggantikan sistem manual dengan sistem otomatis sehingga sistem keselamatan terprioritaskan dan lebih efisien.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B. Tri, W. Utomo, And D. S. Saputra, "Simulasi Sistem Pendeteksi Polusi Ruangan Menggunakan Sensor Asap Dengan Pemberitahuan Melalui Sms ( Short Message Service ) Dan Alarm Berbasis Arduino," Vol. 10, No. 1, Pp. 56–68, 2016.
- [2] Atmel Inc."Data Sheet ATmega 328", diakses pada 07 November 2018 dari <http://www.atmel.com>.USE
- [3] L. H. Santoso And S. R. Hasanah, "Rancang Bangun Sistem Alarm Kebakaran Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Cahaya Dan Sensor Gas Di Teaching Factory Stt Texmaco," Pp. 39–48, 2017.
- [4] M. Ramdhani, A. Rizal, F. T. Elektro, And U. Telkom, "Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor Ds18b20 Untuk Penyandang Tunanetra ( Design Digital Thermometer Based On Sensor Ds18b20 For Blind," Vol. 4, No. 3, Pp. 3294–3301, 2017.
- [5] L. M. Sipayung, "Rancangan Sistem Deteksi Kebakaran dan Pemadam Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535, Universitas Sumatera Utara, 2017.
- [6] F.Syafaruddin, B.Anto,"Rancang Bangun Saklar Pindah otomatis Berpenggerak Motor Stepper Variabel Reluctance Dengan Pengendali Mikrokontroler ATmega 8535," Vol. 4, No. 2, 2017.
- [7] O. M. Sinaulan, "Perancangan Alat Ukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan Atmega 16," 2015.
- [8] A. Pracoyo, "Analisis dan Desain Library Penginderaan Sensor Api Hamamatsu UV Tron R2868". Jurnal ELTEK, Vol 10, No.02, ISSN 1693-4042, 2012.

Halaman ini sengaja dikosogkan

## ANALISA TEKNIS PEMBANGUNAN SHIP RECYCLING YARD DI INDONESIA

Siti Fariya

Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Surabaya, Indonesia

email: sitinaival@itats.ac.id

diterima tanggal : 10 Agustus 2018 disetujui tanggal : 13 November 2018

### **Abstrak**

*Perencanaan pengembangan konektivitas melalui penerapan tol laut memunculkan gagasan untuk menambah dan meremajakan armada kapal nasional. Salah satu target diterapkan pada kapal tua yang perlu diganti dengan yang baru. Kapal yang pada kondisi masa akhir operasi dan pada akhirnya tidak digunakan lagi dalam kegiatan operasi pelayaran dapat dilakukan kegiatan daur ulang. Dimana kegiatan daur ulang kapal adalah kegiatan pemotongan dan penghancuran kapal yang tidak digunakan lagi dengan aman dan berwawasan lingkungan (Green Ship Recycling). Kondisi kekinian industri daur ulang kapal nasional perlu dikembangkan karena masih menggunakan fasilitas sederhana yang tidak ramah lingkungan dan tidak memperhatikan keselamatan pekerja. Untuk melakukan pengembangan Ship Breaking Yard menjadi Green Ship Recycling Yard, yang sesuai dengan aturan IMO diperlukan pengembangan dalam hal: fasilitas dan teknologi penanganan material dan layout. Pemilihan fasilitas dan teknologi dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy AHP sedangkan pemodelan layout dengan mempertimbangkan aturan IMO dan juga kondisi existing dari ship breaking yard. Hasil dari penelitian ini: potensi pasar Ship Recycling di Indonesia sangat besar. Hal ini dapat dilihat dari jumlah kapal dengan lifetime diatas 25 tahun sebanyak 1.404 unit dari 6.663 unit yang terdaftar di BKI, jumlah kapal ini seharusnya harus tidak beroperasi lagi. Sedangkan untuk pemilihan teknologi ship recycling yard sebagai berikut: docking menggunakan slipway dengan Interval Value 0,3933; Deacoating menggunakan Dry Ice dengan Interval Value 0,3351; Cutting dengan Oxy-acetylene dengan Interval Value 0,5487 dan Material Handling dengan Cawler crane dengan Interval Value 0,5512. Sedangkan untuk layout didesain untuk kapal dengan kapasitas 2.500 GT berlokasi di Kamal – Kabupaten Bangkalan, Madura. Aktivitas pemisahan bahan berbahaya dan tempat pembuangan-nya dalam layout ship recycling yard menjadi hal yang harus diutamakan, karena hal ini sangat kurang diperhatikan pada ship recycling yard di Indonesia.*

**Kata kunci :** Ship Recycling Yard, fuzzy AHP, layout.

### **Abstract**

*Planning the development of connectivity through the application of toll sea increase the ideas for adding and renovation the national fleet. One of the targets is applied to old ships that need to be replaced with the new ones. Old ships and eventually not used again can be recycled. Where ship recycling activities are cutting activities carried out in a less safe and environmentally friendly manner (Green Ship Recycling). The existing conditions of the national ship recycling industry need to be developed because they still use non-environmentally friendly facilities and work safety. Development of Ship Breaking Yard become a Green Garden Recycling Yard, based on IMO regulations requires development: facilities and material handling technology and layout. The selection of facilities and technology is done by using the fuzzy AHP method and layout by considering the material flow. The result: The market potential of ship recycling in Indonesia is high, this can be seen from the number of ships with a lifetime of more than 25 years of 1,404 of 6,663 units registered in BKI, the the vessel must be recycled. Whereas selection of ship recycling technology as follows: docking using slipway with a Value Interval of 0.3933; Deacoating using Dry Ice with a Value Interval of 0.3351; Cutting with Oxy-acetylene with 0.5487 Value Interval and Material Handling with Cawler crane with 0.5512 Value Interval. While the layout is*

---

*designed for ship with capacity 2,500 GT located in Kamal - Bangkalan Regency, Madura. The activity of separating hazardous materials and their disposal sites into layouts must be prioritized, because this is not considered by ship breaker in Indonesia.*

**Keyword :** *Ship Recycling Yard, fuzzy AHP, layout*

---

## I. PENDAHULUAN

Kapal mempunyai masa operasi lebih kurang 25 - 30 tahun, biaya yang dikeluarkan untuk proses maintenance membuat kapal-kapal tua tersebut tidak ekonomis lagi dan digantikan oleh kapal baru sehingga proses bisnis tetap berlangsung serta mengurangi resiko kerusakan dan kecelakaan. Salah satu cara untuk membuat kapal bekas mempunyai nilai ekonomis adalah dengan melakukan proses recycling atau daur ulang dengan mengambil dan mengolah kembali material kapal bekas tersebut. Kapal dibangun dari berbagai jenis material dan 90% nya adalah baja. Sisanya terbuat dari komponen lainnya yang di dalamnya terdapat bahan yang berbahaya bagi lingkungan. Limbah dari aktifitas pembongkaran kapal bekas (ship dismantling) dan daur ulang kapal bekas (ship recycling) kini menjadi perhatian dunia. Limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) itu, bisa berasal dari berbagai elemen badan kapal, antara lain dari cat yang dipakai, bahan anti karat, dan sebagainya. Bisa pula dari sisa bahan bakar atau muatan kapal, serta dari bahan-bahan yang dipergunakan dalam pekerjaan itu sendiri. International Maritime Organization (IMO), sebagai salah satu organisasi yang menaungi industri maritim dunia di bawah Perserikatan Bangsa - Bangsa (PBB), telah membuat IMO Guidelines On Ship Recycling yang dikeluarkan pada tahun 2009 melalui Hong Kong International Convention untuk memastikan bahwa kapal yang sedang didaur ulang setelah mencapai akhir hidup operasional mereka, tidak menimbulkan risiko yang tidak diinginkan pada keselamatan dan kesehatan manusia atau lingkungan hidup [1]. Tiap tiap bagian dari ship recycling guidelines ini menyanggupi untuk memberikan efek penuh dan lengkap untuk mencegah, mengurangi, meminimalkan dan sejauh dapat dilaksanakan, mengurangi kecelakaan, luka, dan lain - lain yang merugikan kesehatan manusia maupun lingkungan

yang disebabkan oleh ship recycling. Adanya ketentuan tersebut maka diperlukan sebuah galangan khusus ship recycling yang ada di Indonesia yang memenuhi ketentuan-ketentuan secara internasional maupun nasional. Mengingat potensi pasar ship recycling di Indonesia.

Berdasarkan data dari INSA - Indonesia National Shipowners Association, sejumlah 5.000 dari 13.000 unit kapal niaga nasional didominasi oleh kapal kontainer dan kapal tanker minyak mulai dari 3.000 dwt hingga 50.000 dwt dan 50% nya berada di kisaran 10.000 sampai 30.000 dwt, jika diasumsikan bahwa 50% dari kapal harus didaur ulang dalam waktu 5 tahun itu berarti ada sekitar 1.250 kapal tua sebagai pasar oleh karena itu permintaan untuk daur ulang kapal atau scrapping cukup menjanjikan. Di Indonesia telah terdapat beberapa industri penutuhan kapal (Ship Breaking) namun belum mengutamakan keselamatan pekerja dan lingkungan, sehingga pada penelitian ini penulis akan membahas tentang pengembangan industri penutuhan kapal (ship breaking) menjadi industri daur ulang kapal (ship recycling) yang sesuai dengan kondisi di Indonesia. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah potensi pasar ship recycling, pemilihan teknologi ship recycling yard dan layoutnya.

## II. TUNJAUAN PUSTAKA

### A. Green Ship Recycling

Green Ship Recycling adalah Proses pengambilan material sisa kapal untuk diolah menjadi material yang dapat digunakan kembali, dengan memperhatikan keselamatan, kesehatan pekerja dan lingkungan sekitarnya maka Termasuk didalamnya mooring, beaching, dismantling, recovery of material dan reprocessing (IMO "Guidelines on Ship Recycling, Resolution A.962-23"). Sementara pengertian dari Ship Recycling Yard adalah Tempat/fasilitas daur ulang kapal yang mendapat izin dari pihak yang

berwenang dimana galangan itu berada (IMO, Ship recycling Guideline, 2003). Proses daur ulang kapal (ship recycling) dapat dilaksanakan dengan mengandaskan (beaching) atau menyandarkan (mooring) kapal dengan tetap memperhatikan keselamatan dan kesehatan orang yang terlibat didalamnya dan dampak terhadap lingkungan sekitar.

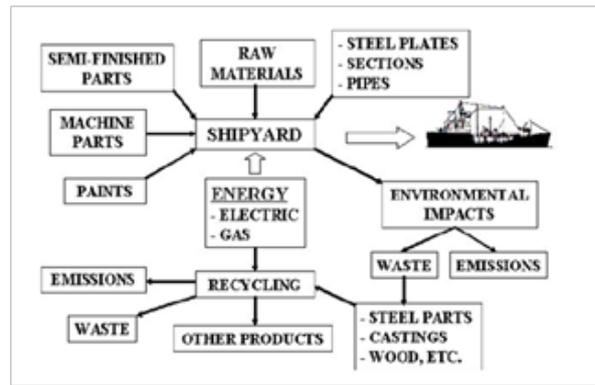
Kapal dibangun dari berbagai jenis material dan 90% nya adalah baja. Sisanya terbuat dari komponen lainnya yang di dalamnya terdapat bahan yang berbahaya bagi lingkungan. Dalam penanganan material berbahaya dibutuhkan penilaian terhadap fungsi dari masing - masing material. Penilaian tersebut menentukan metode pengelolaan lanjutan yang dibutuhkan material. Metode pengelolaan yang dimaksud terbagi menjadi :

Reuse : Material dapat digunakan kembali dengan melihat kondisi dan kegunaan yang masih layak. Maintenance sederhana mungkin dibutuhkan.

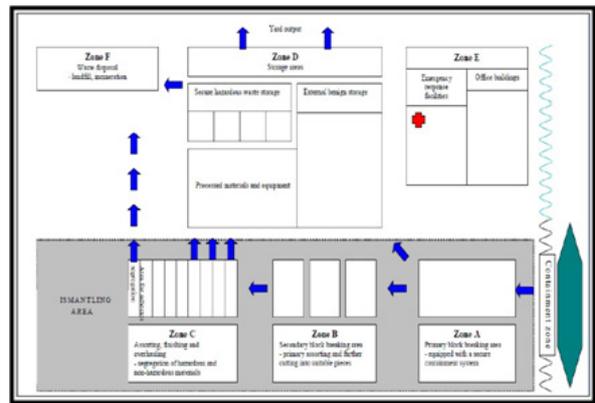
Recycle : Material dapat digunakan kembali apabila dilakukan daur ulang terlebih dahulu.

Disposal : Material tidak memiliki nilai ekonomis sehingga hanya perlu dilakukan pembuangan.

Proses dari life cycle kapal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses life cycle kapal



Gambar 2. Model Layout The Basel Convention

Model ship recycling yard menurut Basel Convention seperti pada Gambar 2 di atas.

Didalam setiap zona terdapat aktifitas-aktifitas pada saat awal proses (input) sampai akhir proses (output), aktifitas tersebut terlihat pada tabel berikut :

Tabel I. Aktifitas Pada Ship Recycling Yard

Zona	Aktifitas	Dampak Lingkungan	Dampak Kesehatan dan Keselamatan
Zona A	Pemindahan minyak sisa dan cairan di kapal	Pencemaran BBM dan pelumas	Asbestos
	Pengambilan peralatan layak pakai	Pencemaran minyak sisa dan ballast kotor	Gas beracun, seperti CO2.
	Pemotongan kapal menjadi beberapa bagian besar	Cat dan coating	Resiko kebakaran
	Pemindahan asbestos dan batteries	Heavy metal	Radiasi
	Pengosongan sistem pemadam kebakaran dan CFC dari pendingin	PCB	

### B. Aturan mengenai Green Ship Recycling

Beberapa standar peraturan mengenai green ship recycling adalah Basel Convention. United Nations Envirometal Programme (UNEP) di dalam Basel Convention tahun 2003 juga mengembangkan model Ship Breaking Yard beserta aktifitas di setiap zona, fungsi utama dari model ship breaking yard sesuai dengan aturan Basel Convention ini adalah :

- Membatasi material-material berbahaya
- Tempat pemisahan lanjut dari komponen-komponen kapal
- Penampungan sementara material metal dan material berbahaya
- Fasilitas tempat pembuangan terdekat

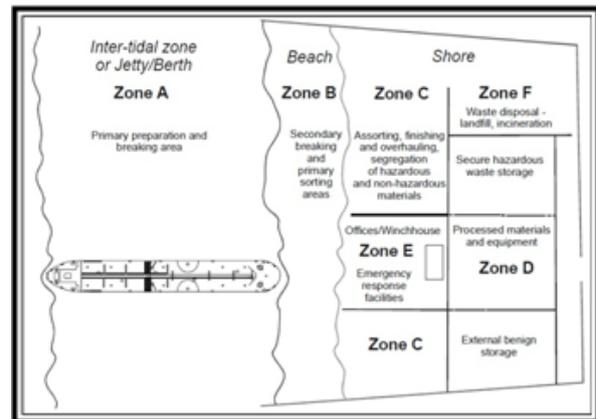
Zona B	Area penyortiran utama komponen	Cat dan coating	Asbestos
	Pemotongan lanjut menjadi bagian yang lebih kecil	PCB	Gas beracun
Zona C	Penyortiran akhir komponen dan peralatan	Pencemaran BBM dan pelumas	Asbestos
	Pemisahan material composite	PCB	Gas beracun
	Penyiapan material yang dijual		Resiko ledakan
	Perbaikan material yang masih layak pakai		
Zona D	Pencatatan material yang dihasilkan	Pencemaran BBM dan pelumas	Asbestos
		PCB	Resiko ledakan
Zona E	Kerja administrasi		
	Tempat pemberian pertolongan kecelakaan		
Zona F	Penimbunan sampah	Kebocoran cairan beracun	Cairan beracun
	Pembakaran		Asbestos
	Pengolahan air		

### C. Pemodelan Layout Ship Breaking Yard Berdasarkan International Labour Organization (ILO)

ILO yang merupakan organisasi perburuhan dunia dibawah Perserikatan Bangsa – Bangsa, mengatur tentang perlindungan pekerja dalam lingkungan ship recycling. Mengingat bahwa pekerjaan dan lingkungan kerja ship recycling sangat berbahaya dan memiliki tingkat kecelakaan yang cukup tinggi.

International Labour Organization dalam aturan Safety and Health in Shipbreaking 2004 telah mengembangkan Model Layout Ship Breaking Yard berdasarkan konfigurasi zona fasilitas pemotongan kapal yang ada atau topography lokasi baru yang akan dibangun. pada Gambar 3 merupakan layout berdasarkan zona secara umum.

Sebagai tambahan dari zona yang sudah diidentifikasi, zona baru untuk “Pengangkutan/ Penanganan material” di setiap area telah ditambahkan dalam daftar sebagai zona T. Keterangan seperti terdapat dalam tabel 2.



Gambar 3. Model Layout ILO

Tabel 2. Zona Dalam Ship Recycling Yard

Zona	Deskripsi
Zona A	Area persiapan awal dan pemotongan
Zona B	Area-area peilahan utama dan pemotongan lanjutan
Zona C	Pemilahan, penyelesaian dan perbaikan, pemisahan material berbahaya
Zona D	Peralatan dan material yang telah diproses
Zona E	Fasilitas untuk merespon keadaan darurat, perkantoran, dan gudang
Zona F	Pembungan sampah, landfill, incineration
Zona T	Pengangkut/ Penanganan material

### III. METODE PENELITIAN

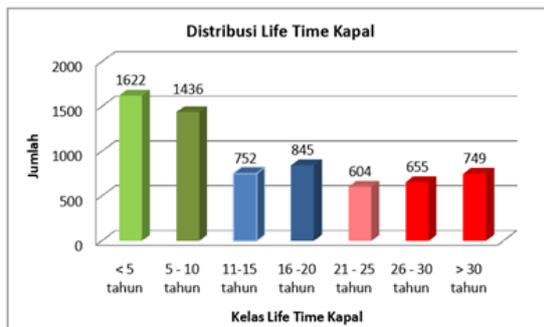
Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pengembangan Ship Breaking Yard menjadi Green Ship Recycling Yard dari segi metode, teknologi, dan layout. Serta melakukan analisis kelayakannya dari sisi ekonomis. Dimana metode yang digunakan untuk merencanakan pengembangannya adalah pemilihan fasilitas dan teknologi dengan menggunakan AHP, dan penyusunan layout berdasarkan material flow. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



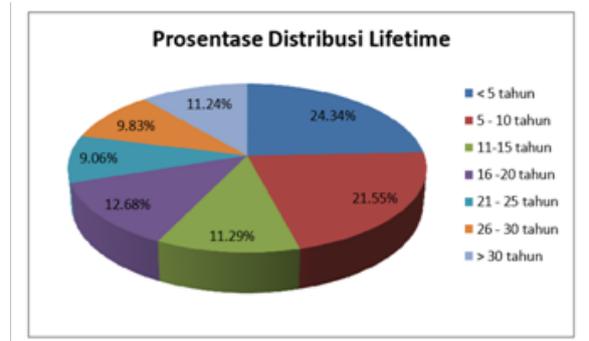
Gambar 4. Flowcart.

A. Potensi Pasar Ship Recycling di Indonesia

Kapal – kapal yang berbendera Indonesia dengan ukuran panjang antar garis tegak depan dan belakang 20 meter atau lebih atau tonase kotor GT.100 atau lebih atau yang digerakkan dengan tenaga penggerak utama 250 PK atau lebih dan kapal berbendera asing yang berubah menjadi bendera Indonesia, wajib diklaskan pada Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Jumlah kapal yang teregister di BKI sampai dengan akhir maret 2011 kurang lebih sebanyak 11,837 kapal, 6,663 Kapal (56,29 %) dengan berstatus aktif (sumber: CD Register BKI tahun 2011), 4,267 kapal (36,05 %) dengan berstatus pencabutan klas dan 907 Kapal mengalami penangguhan klas (sumber : BKI). Distribusi Jumlah kapal bersasarkan lifetime kapal dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini:



Gambar 5: Distribusi Lifetime kapal di Indonesia



Gambar 6: Prosentase Distribusi Lifetime

Dari sebaran jumlah kapal diatas, berdasarkan tahun pembuatan dan pengurangan dilakukan pada tahun 2015. Maka untuk kapal dengan tahun pembuatan dibawah tahun 1985 atau berumur  $\geq 25$  tahun berjumlah 1.404 kapal atau sebesar 21.07 % dari total kapal aktif. Jumlah ini merupakan suatu potensi yang besar kapal-kapal tua yang akan masuk tahapan recycling. Berikut adalah prosentase kapal kapal yang aktif di Indonesia berdasarkan lifetime adalah sebagai berikut pada Gambar 6 di atas.

Secara keseluruhan tipe kapal yang terdaftar pada BKI dibagi atas 7 (tujuh) kelompok besar dengan rincian 1. Kelompok Passanger & Ferry, 2. Cargo Ship, 3. Bulk Carrier, 4. Container Ship, 5. Tankers, 6. Barges, 7. Other. Disetiap kelompok kapal terdistribusi berdasarkan type, GT dan tahun pembuatan, jumlah kapal terbanyak disetiap kelompok dapat dilihat dalam Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Jumlah Kapal Berdasarkan Kelas Umur Kapal

No	Umur Kapal	Jumlah Kapal							
		Passenger Ferry	Cargo Ship	Bulk Carrier	Container ship	Tanker	Barges	Others	Total
1	< 5 tahun	45	20	0	24	18	844	671	1622
2	5-10 tahun	45	22	0	12	17	656	684	1436
3	11-15 tahun	25	23	3	18	36	315	332	752
4	16-20 tahun	68	63	3	20	73	316	302	845
5	21-25 tahun	52	226	8	14	77	106	121	604
6	26-30 tahun	41	244	19	28	86	67	170	655

7	> 30 tahun	43	209	34	33	56	109	265	749
Total		391	807	67	149	363	2413	2545	6663

### B. Teknologi Daur Ulang Kapal yang Sesuai dengan Kondisi di Indonesia

Dari Pengolahan data menggunakan metode AHP, didapat Teknologi yang dapat direkomendasikan dalam ship recycling antara lain Docking system yaitu Slipway, Cutting System yaitu Oxy-acetylene, Material Handling System yaitu Crawler crane. De-coating System yaitu Dry Ice. Dengan perangkaian sebagai berikut :

Tabel 4. Pemilihan Teknologi Daur Ulang Dengan Metode AHP

Process	Alternative Technology	Integral Value	Rank
Docking	Slipway	0,3933	1
	Dry Dock	0,3925	2
	Wet Basin	0,3837	3
Decoating	Dry Ice	0,3351	1
	Soda blasting	0,3337	2
	Hydro blasting	0,3129	3
Cutting	Oxy-acetylene	0,5487	1
	Water jet	0,5478	2
	Mobile shear	0,5424	3
Material handling	Cawler crane	0,5512	1
	Mobile crane	0,5324	2
	Fix crane	0,5237	3

Kriteria dan sub-kriteria pemilihan teknologi Ship Recycling Yard menggunakan hasil penelitian yang dilakukan oleh beberapa institusi/ kelompok antara lain: University of Strathclyde, University of Patras, Naftosol SA, Marine and Industrial Construction, Leyal of Turkey, Ship Dismantling & Recycling. Deskripsi Kriteria dan Sub Kriteria adalah sebagai berikut :

Kriteria Resiko terhadap Keselamatan dan Kesehatan

Sub Kriteria Pengaruh Material Berbahaya

Sub Kriteria Accident/ Incident

Sub Kriteria Ergonomics

Kriteria Resiko terhadap Lingkungan

Sub Kriteria Pengurangan Pencemaran Udara

Sub Kriteria Pengurangan Pencemaran air laut/ permukaan

Sub Kriteria Pengurangan Pencemaran soil/ sedimen

Sub Kriteria Kontrol HAZMAT

Kriteria Biaya dan Pendapatan

Sub Kriteria Pendapatan

Sub Kriteria Biaya operasi + perawatan

Sub Kriteria Biaya Investasi

Sub Kriteria Biaya dampak dari lingkungan

Kriteria Internalities

Sub Kriteria Kemampuan dan keahlian personil

Sub Kriteria Training

Sub Kriteria Pengetahuan akan teknologi

Kriteria Externalities

Sub Kriteria Image Perusahaan

Sub Kriteria Pemenuhan Aturan

### C. Perencanaan Layout Green Ship Recycling Yard

Lokasi Ship recycling yard yang dipilih di Kamal-Kabupaten Bangkalan, Madura. Lokasi tersebut merupakan industri pemotongan kapal terbesar di Indonesia. Berdasarkan hasil data yang diperoleh ukuran kapal yang terbesar yang pernah di-scrap di tempat tersebut adalah 2.350 GT dengan rata-rata ukuran utama kapal: LOA: 104 m, B: 15 m, H: 9 m dan T: 7 m.

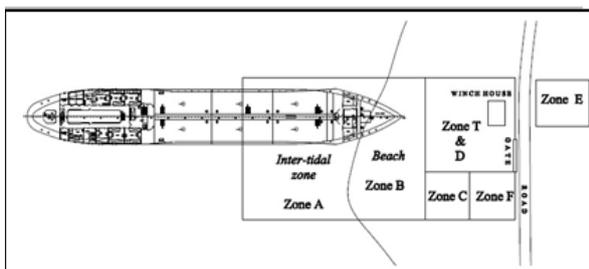
Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara yang dilakukan, proses pemotongan kapal di Kamal-Kabupaten Bangkalan-Madura dapat dibagi menjadi beberapa langkah berikut: (1) kedatangan kapal, kapal langsung ditarik ke pantai dengan menggunakan crane, untuk memudahkan penarikan air ballast kapal langsung dibuang ke laut. (2) Pemotongan, pemotongan kapal dibagi menjadi dua lokasi, di atas kapal dengan ukuran besar dan di darat (pemotongan kedua) dengan ukuran lebih kecil. Pemotongan dimulai dari ceruk haluan atas, tiang depan kapal, ceruk haluan bawah, penutup palkah dan lambung kapal di atas garis air, bangunan atas dan navigation deck, bagian kamar mesih dan buritan kapal dan terakhir adalah bagian lambung dibawah garis air dimana kapal ditarik ke darat untuk dipotong

pada bagian double bottom. (3) Penyortiran bahan yang bisa dipakai, sampah dan material yang berbahaya, dilakukan bersamaan pada saat pemotongan, helper membersihkan perabotan yang masih menempel seperti kayu, triplek, dan lain-lain langsung dibuang ke laut melalui jendela. Sedangkan untuk tangki bahan bakar dan pelumas dikosongkan untuk dijual, apabila jumlah bahan bakar sedikit, maka akan dibuang langsung ke laut. Untuk material yang tidak diperlukan dan berbahaya, ship recycling yard tidak memiliki tempat khusus. (4) pengangkutan dan penanganan material untuk di bawa ke pabrik.

Oleh karena penanganan air ballast, sampah dan bahan bakar, atau pelumas dan material berbahaya lainnya tidak ada perlakuan khusus, maka layout ship recycling yard dititikberatkan pada zona C dan F pada aturan IMO tentang layout ship recycling yard. Layout tersebut dapat dilihat pada gambar 7 berikut.

Ukuran lahan layout 45 m x 40 meter, dengan kapasitas maksimum kapal yang potong adalah 2.500 GT. Dimana zonasi dari layout sebagai berikut:

- Zone A, area pasang surut air laut sebagai area persiapan awal dan pemotongan, ukurannya 36 m x 40 m
- Zone B, area penyortiran utama dan pemotongan lanjut, ukurannya 16 m x 40 m.
- Zone C, area pemilahan, penyelesaian dan perbaikan, pemisahan material berbahaya, ukurannya 12,5 m x 13,5 m.
- Zone F, area penimbunan sampah, pembakaran, dan pengolahan air yang berbahaya untuk lingkungan, ukurannya 12,5 m x 13,5 m.
- Zona D dan T, area pencatatan material yang dihasilkan (D) dan pengangkutan dan penanganan material untuk dibawa ke pabrik besi (F).
- Zona E, fasilitas klinik darurat, perkantoran dan gudang.



Gambar 7. Layout ship recycling yard

## V. KESIMPULAN

Potensi pasar Ship Recycling dapat dilihat dari jumlah kapal dengan lifetime diatas 25 tahun sebanyak 1.404 unit dari 6.663 unit yang terdaftar di BKI, jumlah kapal ini seharusnya harus dipensiunkan, sehingga permintaan untuk galangan pemotongan kapal akan terus meingkat. Sedangkan untuk pemilihan teknologi ship recycling yard adalah: docking menggunakan slipway dengan interval Value 0,3933; Deacoating menggunakan Dry Ice dengan interval Value 0,3351; Cutting dengan Oxy-acetylene dengan interval value 0,5487 dan material handling dengan Cawler crane dengan interval Value 0,5512. Layout didesain untuk kapal dengan kapasitas 2.500 GT berlokasi di Kamal – Kabupaten Bangkalan, Madura. Aktivitas pemisahan bahan berbahaya dan tempat pembuangan-nya dalam Layout ship recycling yard menjadi hal yang harus diutamakan, karena hal ini sangat kurang diperhatikan pada ship recycling yard di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guidelines for the Development of the Ship Recycling Plan, adopted by Resolution MEPC.196(62), IMO, 2011
- [2] Asolekar, S.R., 2012. Greening of ship recycling in India: upgrading facilities in Alang. In: The Proceedings of "7th Annual Ship Recycling Conference" Organized by Informa Maritime Events and Lloyd's List, UK and Held in Londonduring 19th & 20th June, 2012.
- [3] Basha, S., Gaur, P.M., Thorat, R.B., Trivedi, R.H., Mukhopadhyay, S.K., Anand, N., Desai, S.H., Mody, K.H., Jha, B. Heavy metal content of suspended particulate matter at World's largest ship-breaking yard, Alang-Sosiya, India. 2007
- [4] Draft Guidelines for safe and environmentally sound ship recycling. Part 1, submitted by Japan. 2013
- [5] Guidelines for the Development of the Inventory of Hazardous Material, adopted by Resolution RESOLUTION MEPC.269 (68), IMO, 2015
- [6] Guidelines for Safe and Environmentally Sound Ship Recycling, adopted by Resolution

MEPC.210(63), IMO, 2012

- [7] Guidelines for the Authorization of Ship Recycling Facilities, adopted by Resolution MEPC.211(63), IMO, 2012
- [8] Hadjistassou, C.K., International Maritime Organization: Rethinking Marine Environmental Policy. Unpublished Master Thesis. Massachusetts Institute of Technology. 2004

## PENGELOLAAN PELABUHAN CARTAGENA SPANYOL SEBAGAI KERANGKA OPTIMALISASI PELABUHAN DI NEGERI SENDIRI

Hadi Prasutiyon<sup>1</sup>, RO Saut Gurning<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah, Surabaya 60111, Indonesia  
email: hadi.prasutiyon@hangtuah.ac.id

<sup>2</sup>Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
60111, Indonesia  
email: Sautgurning1@yahoo.com

diterima tanggal : 5 September 2018 disetujui tanggal : 13 November 2018

### **Abstrak**

*Dampak ekonomi dari pengembangan Pelabuhan Cartagena sangat pesat dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan Product Domestic Regional Bruto(PDRB) sektor kelautan dengan Gross Value Added(GVA) dari nilai 1,1% menjadi 3,81% dan nilai 0,1% menjadi 2,11% untuk sektor tenaga kerja. Dengan metode Regional Input-Output Tables(R-IOT) dan metode pendekatan Input-Output(I-O) didapat data dan angka – angka yang bisa memberikan beberapa terobosan pengembangan dari sektor forex pelabuhan maupun sektor pariwisata maritim, sehingga Pelabuhan Cartagena sebagai pemberi impact terbesar ke 5 dari 28 pelabuhan yang ada di Spanyol dan menempatkan Spanyol menduduki peringkat 2 dalam hal kedatangan turis dengan kapal pesiar di Eropa setelah Italia.*

*Indonesia juga mencontoh dengan strategi yang sama sektor-sektor yang mempengaruhi PDRB, tenaga kerja pada sektor kelautan, keringanan bidang pajak, kemudahan bidang tenaga kerja, jaminan keamanan bagi investor yang menanam modalnya disektor kelautan, dengan didukung oleh akses-akses transportasi yang mudah, cepat, dan simpul-simpul kemacetan ditiadakan. Seluruh akses yang menuju kepusat-pusat ekonomi kelautan diperbaiki, industri pendukung baik dari sektor swasta maupun Badan Usaha Milik Negara(BUMN) juga berbenah. Indonesia mulai memandang laut sebagai masa depan, tidak lagi membelakangi laut, seluruh aktifitas dan kebijakannya bersifat sustainable .Potensi kelautan yang demikianlah yang dapat menjamin masa depan generasi mendatang menjadi lebih baik.*

**Kata Kunci:** *Dampak ekonomi pelabuhan, tabel keluar masuk wilayah, dampak, efek langsung dan tidak langsung, Pelabuhan Cartagena Spanyol*

### **Abstract**

*Economic impact of the development of the Port Cartagena very rapidly within the last 10 years. it is shown in the presence of an increase product domestic gross regional (GDP) Marine sector with gross value added (GVA) of the value of 1,1% to 3,81% and the value of 0,1% to 2,11% for the sector labor. Method regional input-output tables (R-iot) and the approach input-output (I -o) obtained data and figures - numbers can give you some breakthrough development of the sector Forex Port and tourism sector maritime, so the Port Cartagena as giver impact largest to 5 of 28 Port that is in Spain and put the Spanish rank 2 in the case of the arrival of tourists with the cruise ship in Europe after Italia.*

*Indonesia also modeled with the same strategy sectors that affect the GDP, labor on Marine sector, relief field tax, ease of the field of labor, security for investors growing their capital sector Marine, supported by accesses transportation easy, fast, and nodes hours eliminated. All access to the central-economic Center Marine repaired, industrial supporting both in the private sector and state-*

owned enterprises (state) also improve. Indonesia start looking at sea as the future, no longer distance sea, the entire activity and discretion is sustainable. Potential Marine so that can guarantee the future of the next generation be better.

**Keywords :** Port economic impact; regional input–output tables; direct; indirect and induced effects; Port of Cartagena (Spain).

## 1. PENDAHULUAN

Dampak ekonomi dari pengembangan Pelabuhan Cartagena sangat pesat dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan PDRB dari nilai 0,1% menjadi 2,11% pada sektor tenaga kerja dan dari nilai 1,1% menjadi 3,8% dari sektor GVA. Hal ini bisa dicapai karena adanya terobosan baik dari sektor proyek utama pelabuhan maupun sektor – sektor prioritas pendukung pelabuhan (kelautan). [1],[2]

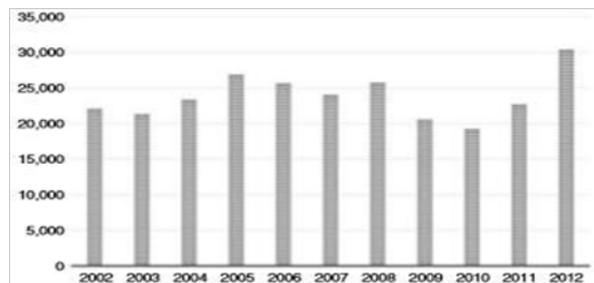
Terobosan – terobosan tersebut diantaranya: Memberikan informasi dan kemudahan yang terkini (Uptodate) mengenai indikator – indikator yang berhubungan dengan sektor kelautan diantaranya mengenai : Upah tenaga kerja yang murah dan Berkualitas, Sistem perijinan yang mudah dan jempot bola, jaminan keamanan investasi, keuntungan yang kompetitif di sektor ini baik sektor forex, pariwisata, industri – industri pendukung, dan lain lain. [2],[3],[5]

Hal inilah yang dibuat promosi besar – besaran untuk mendatangkan investor, mengingat posisi Pelabuhan Cartagena yang persis berada pada persimpangan perdagangan dunia, yang tepatnya berada pada wilayah Mediterania, yang berada pada 2 persimpangan pelabuhan besar yaitu jalur perdagangan yang akan menuju ke negara Perancis dan jalur perdagangan yang menuju ke Italia dan Eropa Timur.[4],[8]

Menyadari posisinya berada pada jalur persimpangan perdagangan dunia khususnya wilayah Eropa pemerintah setempat dengan cepat bergerak menata diri dengan berbagai –berbagai persiapan diantaranya : sektor infrastruktur : - Seluruh infrastruktur yang menghubungkan sektor pelabuhan baik dari segi transportasi, jalan, kemacetan , kondisi kendaraan, semua direvitalisasi dan diadakan pembaharuan. – Kendaraan – kendaraan yang dipakai harus berstandar dan memakai teknologi ramah lingkungan, terutama mengenai mesin – mesin kendaraan harus berstandar Eropa.[6],[20],[21]

## 2. PEMBAHASAN

Pelabuhan Cartagena salah satu pemberi dampak terbesar ke 5 dari 28 yang ada di Spanyol. Hal ini bisa dilihat dari data 10 tahun terakhir. [1],[7]



Gambar 1. Data 10 tahun terakhir Pelabuhan Cartagena

Tabel 1. Lalu lintas total dan posisi relatif dari sepuluh otoritas pelabuhan Spanyol, 2005-2012

2005			2012		
Port authority	Position	Percentage of total	Port authority	Position	Percentage of total
Bahia de algeciras	1	15,09	Bahia de algeciras	1	18,69
Barcelona	2	10,24	Valencia	2	13,94
Valencia	3	9,36	Barcelona	3	8,94
Bilbao	4	7,75	Tarragona	4	7,00
Tarragona	5	7,09	<b>Cartagena</b>	<b>5</b>	<b>6,40</b>
<b>Cartagena</b>	<b>6</b>	<b>6,12</b>	Bilbao	6	6,21
Las palmas	7	5,67	Huelva	7	6,03
Gijon	8	4,95	Las Palmas	8	5,23
Huelva	9	4,78	Gijon	9	3,63
Sta. Cruz Tenerife	10	4,49	Sta. Cruz Tenerife	10	3,08

Source : Prepared by the authors on the basis of State Ports Authority (various years); Bold figures highlight the values for the port of Cartagena

Baik mengenai jumlah lalu lintas perdagangan maupun jumlah tonase yang di kirim melalui Pelabuhan Cartagena seperti terlihat di Grafik 1 dan Tabel 1. Dari data diatas baik gambar maupun tabel bisa memberi informasi bahwa jumlah lalu lintas perdangan yang melalui Pelabuhan Cartagena mengalami kenaikan sampai 3,25% da tahun 2012 sepanjang sejarah kenaikan jumlah tonase yang bisa diangkut melalui Pelabuhan Cartagena sampai 30 juta ton, angka ini adalah angka terbsar sepanjang sejarah dan mewakili 6,4% lalu lintas semua pelabuhan yang ada di Spanyol.[1],[2],[7]

Kenaikan ini sebagai akibat dari : -. Pengiriman hasil pengeboran, yang mengalami

kenaikan sampai 212% dan ini menjadikan nilai rata –rata kumulatif menjadi 12% secara nasional. - Angka inilah yang dipakai Spanyol untuk menarik investor agar mau berinvestasi di Spanyol khususnya sektor kelautan, Industri penunjang, dan sektor pariwisata maritim.[8],[19]

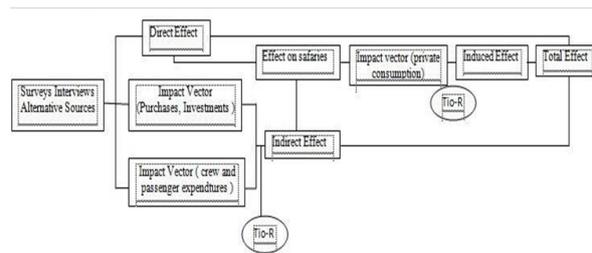
Sektor pariwisata dengan cepat berbenah baik mengenai paket – paket tempat wisata yang berbasis budaya, kota bersejarah dan lain – lain. Juga sarana transportasi wisata baik mengenai kapal pesiarnya, prahu –prahu tradisional, dan kegiatan – kegiatan wisata kelautan yang lain. – Adanya perluasan dan pengembangan Pelabuhan Cartagena. – Dengan kemasan seperti itu Spanyol menempati urutan ke 2 dalam hal kedatangan turis dengan kapal pesiar di Eropa dibawah Italia. [13],[14],[20]

Regional input–output tables. Kemajuan seperti diatas kita perlu menganalisa dampak ekonominya secara langsung baik mengenai industri wisata kapal pesiar dan elemen – elemen pendukungnya, juga mengenai dampak terhadap otoritas pelabuhan . Untuk menganalisa kedua dampak langsung tersebut dipakailah pendekatan metode Input – Output (I-O).[1],[14],[18]

Data-data input Output diperoleh dari data –data WorkSheets yang didapat dari otoritas pelabuhan. Worksheet ini perlu untuk mengukur dampak ekonomi dan dampak transportasi perdagangan yang melalui sektor maritim pada Pelabuhan Cartagena.[1],[18]

Dari data – data yang diperoleh yang paling update adalah data yang disampaikan oleh Daniel dan Gregori (2013) dimana analisis I-O nya menampilkan data –data / kontribusi variabel – variabel terbaru mengenai : “Industri Pelabuhan dan Industri yang bergantung pada pelabuhan”.

Industri yang bergantung pada pelabuhan meliputi: otoritas Pelabuhan Cartagena, lembaga umum yang mengenai , ekspor impor (forex), layana teknis yang meliputi manajemen pelayaran ( rute, jarak antar kapal, dll), operator dok, dan lain – lain yang merupakan aspek pelabuhan sebagai sektor ekonomi terpadu dan industri pendukung. [1],[2],[9]



Gambar 2. langkah-langkah dasar dalam analisis dampak ekonomi.

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa dampak ekonomi menyebabkan timbulnya 3 efek yaitu efek langsung, tidak langsung, dan induksi.[1],[16]

**Dampak ekonomi langsung** bisa dilihat pada sektor tenaga kerja, nilai tambah, dan lain – lain sebagai akibat aktifitas pelabuhan dan industri terkait peggiat sektor kelautan.[2],[10]

**Dampak ekonomi tidak langsung**, kegiatan dari berbagai sektor yang tidak berhubungan langsung dengan aktifitas pelabuhan namun hasil – hasilnya dalam hal distribusi memerlukan atau melalui jasa – jasa pelabuhan.[2],[15]

**Dampak Ekonomi Induksi**, adanya pihak swasta/pengusaha yang tercipta sebagai akibat efek langsung dan tidak langsung dengan adanya aktifitas sektor pelabuhan dan industri pendukung. Dari beberapa referensi didapat data – data : I-O dari Murcia dimana penelitian ini memberikan data – data tentang kerangka kerja yang kohern. Sedangkan I-O dari Miler dan Blair memberikan data – data tentang pengeluaran pembelian dan investasi. Dari berbagai persamaan, dev vektor dampak meliputi : sektor pelabuhan, pengeluaran, inventaris. Dan efek variabel ekonomi meliputi pekerjaan, gaji,usaha ilegal. Sesuai dengan laporan data (CRE-INE, Region De Murcia, Serie 2008 – 2010, Cuenta de Renta de los Hogares) menyatakan : Pendapatan didapat dari sumber – sumber, renumerasi karyawan, pajak, ppn, dan kontribusi sosial dari pendapatan daerah.[3],[11]

Dari 2 item tersebut yaitu pajak dan sosial didapat 56,2% total upah nasional dan dari angka ini didapat 3,5% dari renumerasi sebesar 51,5%. [2],[17]

Lihat tabel dibawah ini :

Tabel 2. Dampak ekonomi dari industri pelabuhan,2011

	Gross production	Gross value added	Employment	Wages and salaries	Gross operating surplus
Direct effects	105,382,072.75	57,509,180.75	633.11	26,323,638.70	31,121,297.30
Indirect effects	22,356,624.44	9,957,465.91	179.41	4,552,775.79	5,358,594.48
Induced effects	14,198,749.94	7,804,150.23	155.72	3,526,398.87	4,214,858.04
TOTAL effects	141,937,447.14	75,270,796.89	968.24	34,402,813.37	40,694,749.82
% MURCIA	—	0.2943%	0.1773%	0.2585%	0.3367%

Tabel 3. Dampak ekonomi pihak pemberi penawaran,2011

	Gross production	Gross value added	Employment	Wages and salaries	Gross operating surplus
Direct effects	63,830,329.41	24,830,481.66	503.22	20,572,433.78	4,223,182.49
Indirect effects	13,398,156.30	5,570,462.15	99.88	2,676,861.38	2,857,378.84
Induced effects	10,677,908.21	5,869,638.20	117.12	2,651,859.50	3,170,463.04
TOTAL effects	87,906,393.92	36,270,582.01	720.22	25,901,154.65	10,251,024.38
% MURCIA	—	0.1418%	0.1319%	0.1946%	0.0848%

Tabel 4. Dampak ekonomi pihak pelamar

	Gross production	Gross value added	Employment	Wages and salaries	Gross operating surplus
Direct effects	496,583,507.16	382,205,240.85	1,173.42	86,751,291.53	288,041,323.98
Indirect effects	1,011,223,604.86	413,160,894.83	7,294.02	205,790,615.85	203,623,081.37
Induced effects	138,018,900.89	75,714,048.48	1,510.36	34,300,961.13	40,805,633.44
TOTAL effects	1,645,826,012.92	871,080,184.16	9,977.79	326,842,868.51	532,470,038.80
% MURCIA	—	3.4056%	1.8271%	2.4558%	4.4058%

Tabel 5. Distribusi pengeluaran penumpang

Sector	Passengers	Crew
Wholesale and retail trade	37%	25%
Accommodation and food services activities	34%	65%
Transportation	8%	—
Travel agency and tour operator activities	3%	—
Cultural and recreational services	15%	—
Telecommunications	1.5%	5%
Financial and insurance activities	1.5%	5%
Total	100	100

Tabel 6. Dampak ekonomi dari kedatangan turis melalui kapal pesiar baik secara daerah maupun nasional

	Gross production	Gross value added	Employment	Wages and salaries	Gross operating surplus
Direct effects	1,056,998.43	840,913.60	7.97	502,483.10	336,967.00
Indirect effects	3,284,885.49	1,919,972.15	44.59	902,570.08	1,011,306.87
Induced effects	650,761.74	357,073.94	7.12	161,717.19	192,490.44
TOTAL effects	4,992,645.67	3,117,959.70	59.68	1,566,770.37	1,540,764.30
% MURCIA	—	0.0122%	0.0109%	0.0118%	0.0127%

Diatas adalah potret dari negara Spanyol yang secara geografis negara ini juga mempunyai banyak pulau, hampir mirip dengan Indonesia. [2],[32]

Namun negara Spanyol lain dengan Indonesia, yang membedakan yakni Indonesia negara bahari dan kepulauan terbesar di dunia.

Tabel 7. Menampilkan seluruh kegiatan pelabuhan dari sektor industri.

Sector	Gross production	Gross value added	Employment	Wages and salaries	Gross operating surplus
Agriculture, forestry and fishing	2,383,768.59	1,395,400.23	59.93	604,250.48	826,405.08
Mining and quarrying	5,766,821.86	2,278,180.91	40.43	1,152,710.48	1,134,665.99
Manufacture of food products, beverages and tobacco	9,320,216.34	3,860,619.65	46.42	2,158,687.01	1,711,973.40
Manufacture of textiles and wearing apparel	1,080,840.52	264,844.30	9.49	163,323.14	103,911.03
Manufacture of leather and related products	156,914.25	38,977.92	1.04	17,947.54	11,330.57
Manufacture of wood and of products of wood and cork	4,152,998.72	862,724.42	21.07	538,483.70	342,775.17
Manufacture of paper and paper products: printing and reproduction of recorded media	5,476,517.67	1,824,145.03	40.40	1,221,819.16	614,489.77
Manufacture of chemicals and chemical products	93,310,406.77	19,114,780.66	209.83	10,542,499.66	8,571,396.22
Manufacture of rubber and plastic products	1,565,558.59	380,277.22	9.94	331,263.58	50,586.43
Manufacture of other non-metallic mineral products	47,273,828.49	11,774,129.97	234.18	8,590,103.00	3,151,106.86
Manufacture of basic metals and fabricated metal products	39,451,694.27	13,582,803.25	318.70	8,481,373.12	6,200,854.80
Manufacture of machinery and equipment	11,429,446.13	3,811,502.74	47.30	2,108,019.55	1,736,674.92
Manufacture of electrical equipment, computer, electronic and optical products	3,726,122.25	769,893.49	12.29	568,869.12	207,861.61
Manufacture of transport equipment	70,277,724.83	18,027,322.33	369.47	14,735,347.78	3,614,059.90
Other manufactures	27,312,294.90	8,028,074.48	294.84	5,993,383.93	2,130,758.24
Electricity, gas, steam and water supply	380,542,481.74	343,051,751.99	841.52	65,863,511.88	289,638,603.13
Construction	791,508,033.76	259,737,484.23	6,232.99	197,405,379.56	135,796,663.24
Wholesale and retail trade and repair of motor vehicles	48,558,868.61	26,383,878.86	805.35	14,664,232.00	11,817,726.66
Accommodation and food service activities	26,605,642.42	16,500,332.43	345.84	7,215,559.56	9,288,039.09
Passenger rail transport	145,893.40	68,964.62	1.30	31,497.41	36,947.89
Freight rail transport	986.04	440.01	0.01	202.13	237.11
Passenger air transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Freight air transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Passenger road transport	1,201,155.07	881,310.42	16.66	404,858.84	474,917.78
Freight road transport	36,532,523.31	23,737,276.07	178.69	7,117,947.44	16,577,996.87
Passenger water transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Freight water transport	77,807.55	16,639.90	0.44	14,803.37	1,803.56
Warehousing and support activities for transportation	110,956,926.38	59,701,064.75	593.29	26,337,693.40	33,259,489.11
Telecommunications	4,112,721.39	1,504,016.71	51.40	690,919.39	810,479.77

Sector	Gross production	Gross value added	Employment	Wages and salaries	Gross operating surplus
Financial and insurance activities	15,513,058.78	10,339,306.94	85.77	4,292,070.25	5,979,469.84
Real estate activities: Professional, scientific and technical activities: Support and administrative service activities	137,172,768.40	83,714,620.17	930.14	24,632,174.02	56,666,579.04
Public administration and defence: Compulsory social security	14,839.20	9,944.96	0.22	7,745.67	2,161.66
Education	3,887,051.29	3,438,701.86	66.58	2,893,665.10	544,641.29
Human health activities	10,114,312.40	7,060,277.30	139.10	5,659,911.98	1,396,760.90
Other personal service activities	25,699,176.73	16,442,712.09	561.76	9,169,317.68	7,227,329.13
TOTAL	1,859,523,960.66	974,539,736.69	11,925.64	383,601,490.93	578,927,685.07

Tabel 8. Pada tahun 2011 perbandingan hasil studi terbaru dampak aktivitas Pelabuhan Cartagena terhadap otonomi daerah.

	Gross value added	Employment
Santander 2005	6.10	4.50
Cádiz 2006 <sup>a</sup>	3.94	3.94
Cádiz 2006	4.00	3.98
Almería 2009	2.17	—
Cartagena 2000	2.70	2.00
Cartagena 2011 <sup>a</sup>	3.80	2.10
Cartagena 2011	3.81	2.11

<sup>a</sup>Cruise impact not taken into account.

Jumlah pulau 17.504 buah, terdaftar di PBB 13.466 buah pulau, dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia (95.181 km), dengan luas darat 1,9 juta km2 setara dengan 190 juta ha (25%) dan luas laut 5,8 juta km2 (75%)(1). Laut Nusantara adalah wilayah laut diantara pulau-pulau NKRI seluas 2,8 juta km2. Laut Teritorial

adalah wilayah laut dari coastal baseline sampai 12 mil ke arah laut lepas: 0,3 juta km<sup>2</sup>. Sedangkan ZEEI adalah wilayah laut dari coastal baseline sampai 200 mil ke arah laut lepas: 2,7 juta km<sup>2</sup>(1,6). Dengan potensi diatas Indonesia punya Bali dengan sebutan Paradise Of The World, surga para dewa, ada Danau Toba, ada Raja Ampat, ada Toraja, sekarang Bitung yang mulai sadar dengan Tourism. Eksplorasi mengenai kekayaan laut harus terus dilakukan, juga wisata bahari harus jadi perhatian, mengingat sektor wisata bahari tidak memerlukan biaya seperti sektor – sektor lain yang butuh biaya infrastruktur yang cukup besar. Kegiatan bahari yang berdampak kepada kedatangan wisata harus jadi prioritas, begitu pula lingkungan sekitar bahari juga harus mendukung dalam konteks wisata terpadu. Sehingga menjadi kekuatan ekonomi baru yang menjadi dambaan kesejahteraan masyarakat.[1],[2],[23]

**Adapun beberapa hal yang perlu kita dorong adalah:**

- a). Pemanfaatan keanekaragaman hayati yang berkelanjutan. Pendekatan ekosistem diperlukan agar faktor dalam pemulihan keanekaragaman hayati dan terbarukan dapat terlaksana. Karena eksploitasi besar-besaran sumber hayati tanpa memikirkan dampak yang di timbul kan akan memberikan ancaman pada kerusakan lingkungan.[1],[2],[24]
- b). Keamanan pangan  
Dalam konteks ketahanan pangan, Ekonomi Biru sangat erat terkait dengan kelanjutan penggunaan keanekaragaman hayati, terutama di mana berkaitan dengan eksploitasi perikanan liar.[23]  
Karena masyarakat di negara-negara berkembang tergantung pada makanan laut sebagai sumber protein utama mereka. Untuk itu Budidaya sumber daya hayati menawarkan potensi besar untuk penyediaan makanan dan mata pencaharian masyarakat sebagai negara berkembang karena metode ini bersifat berkelanjutan.[23]
- c). Perikanan berkelanjutan  
Budidaya merupakan sektor sumber makanan yang cepat berkembang sekarang ini, dan

menyediakan 47% dari ikan, untuk manusia sebagai konsumsi global. Sehingga dalam Tiga dekade terakhir ini telah terlihat perkembangan metode penggunaan akuakultur sehingga mampu memberikan jaminan keamanan pangan pada masyarakat global.[23],[24]

d). Laut dan wisata pantai

Wisata bahari dan pantai adalah kunci penting untuk negara-negara berkembang meskipun terjadi krisis ekonomi global. Data menunjukkan bahwa kedatangan wisatawan internasional meningkat sebesar 4%, menjadi 1 miliar lebih pada tahun 2012, dan menghasilkan US \$ 1,3triliun pendapatan global. Sehingga pariwisata menjadi tantangan tersendiri dalam hal peningkatan: emisi gas rumah kaca, air konsumsi, limbah dan kehilangan atau degradasi habitat pesisir,keanekaragaman hayati dan layanan ekosistem.[25]

e). Tata Kelola dan kerjasama internasional.

Setiap negara berdaulat bertanggung jawab atas sumber daya sendiri dan pembangunan yang berkelanjutan. Untuk itu Pendekatan berbasis ilmu pengetahuan sangat penting untuk perkembangan ekonomi sektor kelautan, dimulai dengan penilaian awal dan kritis valuasi. Hal Ini akan memberikan dasar untuk pengambilan keputusan dan manajemen adaptif.[26][27]

Usaha utama ini harus terus disempurnakan dan ditingkatkan sejalan dengan perubahan keadaan, perkembangan teknologi, sehingga dari beberapa isu di atas penggunaan konsep ekonomi yang berbasis pengembangan sektor kelautan.[26]

**Beberapa peluang untuk memanfaatkan lautan sebagai sumber ekonomi di antaranya:**

a) Pengiriman dan Fasilitas Pelabuhan

Karena 80 persen dari perdagangan global, lebih dari 70 persennya dilakukan di laut dan difasilitasi oleh pelabuhan. Secara global, ada sekitar 350 juta jiwa yang pekerjaannya terkait dengan perikanan laut, dan 90% nya adalah nelayan yang tinggal dinegara berkembang.[28],[34]

b) Perikanan

Terkait dengan perikanan laut, 90% nelayan yang tinggal di negara berkembang. Menggantungkan pada potensi laut mereka masing-masing, untuk itu tindakan manajemen kelautan yang baik akan membawa peningkatan tangkapan yang berkelanjutan. dengan demikian juga akan mengamankan mata pencaharian guna meningkatkan ketahanan pangan masyarakat global.[29],[34]

c) Wisata

Pariwisata adalah industri global utama. Pada tahun 2012 kedatangan wisatawan internasional meningkat sebesar 4% meskipun terjadi krisis ekonomi global, dengan melihat besarnya potensi wisata secara global, perlu ada pendekatan konsep ekonomi yang berbasis sektor kelautan, agar terjaga keberlanjutannya.[35]

d) Budidaya

Budidaya adalah sektor pangan global yang paling cepat berkembang, sekarang menyediakan 47% ikan untuk konsumsi manusia. Sehingga budidaya di harapkan mampu melampaui perikanan tangkap sebagai penyedia utama protein masyarakat global. Karena sistem seperti itu sangat ramah lingkungan dan sesuai dengan konsep ekonomi yang berbasis sektor kelautan.[36]

Sektor-sektor ekonomi kelautan meliputi perikanan tangkap, perikanan budidaya, industri pengolahan hasil perikanan, industri bioteknologi pertambangan dan energi, pariwisata bahari, perhubungan laut, industri dan jasa maritim, sumberdaya wilayah pulau kecil, coastal forestry (hutan mangrove), non-conventional resources.[36],[37] Seperti pada tabel 9.

Total potensi ekonomi sebelas sektor Kelautan Indonesia: US\$ 1,2 triliun/tahun atau 7 kali lipat APBN 2015 (Rp 2.000 triliun = US\$ 170 miliar) atau 1,2 PDB Nasional saat ini. Lapangan kerja:

Tabel 9. Estimasi nilai ekonomi sektor –sektor ekonomi kelautan Indonesia

NO	SEKTOR EKONOMI	NILAI EKONOMI (MILYAR DOLAR AS/TH)
1.	Perikanan Tangkap	12
2.	Perikanan Budidaya	80
3.	Industri Pengolahan Hasil Perikanan	100
4.	Industri Bioteknologi Kelautan	180
5.	ESDM	210
6.	Parwisata Bahari	60
7.	Transportasi Laut	30
8.	Industri dan Jasa Maritim	200
9.	Coastal Forestry	8
10.	Sumber Daya Wilayah Pulau Kecil	120
11.	Sumber daya No-Konvensional	200
<b>Total</b>		<b>1.200</b>

40 juta orang atau 1/3 total angkatan kerja Indonesia. Sebagaimana tercantum pada tabel di atas. Kondisi yang demikian secara nasional, sebenarnya merupakan suatu modal yang bisa dipakai sebagai pijakan dalam menyusun langkah-langkah pengembangan dan menetapkan regulasinya. [36],[39]

Sebagai contoh Jawa Timur terdiri dari 38 Kabupaten/Kota, hampir semua memiliki wilayah laut, hanya dua/tiga yang tidak memiliki laut misalnya Kabupaten Ngawi, Jombang, Kota Mojokerto, hanya sebagian kecil wilayah yang tidak memiliki laut. Jawa Timur dengan luas wilayah yang paling luas di Pulau Jawa, dengan wilayah administrasi Kabupaten/Kota terbanyak se-Indonesia dan dikenal sebagai Pusat Kawasan Timur. [5],[7],[20]

Sejak kecil kita diberikan dongeng dan cerita bahwa nenek moyang kita adalah seorang pelaut, negara kita 74% adalah wilayah laut, Patih Gaja Mada dari kerajaan Mojopahit yang terkenal dengan “Sumpah Palapa” pernah menguasai Nusantara sampai Asia Jauh, hal itu sebagai bukti bahwa kita adalah negara besar dan kuat dari sektor maritim.[5],[11]

Nah, sekarang kita lihat bagaimana semangat kita dengan pencahangan Pemerintahan Presiden Jokowi mengenai Poros Maritim, Tol Laut dan bagaimana peran pemangku kebijakan, pelaku ekonomi, dunia usaha, dunia pendidikan, masyarakat, apakah hal tersebut hanya slogan

belaka ataukah hal ini menjadi renungan untuk dijadikan semangat *m e m b a n g u n*, memberdayakan, potensi kelautan sebagai sebuah harapan.[5],[13],[19]

Pemerintahan Pakde Karwo sudah mencanangkan Jawa Timur sebagai Pusat Kawasan Timur Indonesia (KTI), Koridor Ekonomi Indonesia, secara makro ekonomi Jawa Timur dengan share PDRB pulau Jawa = 14,61% menempati urutan kedua setelah DKI Jakarta dengan pertumbuhan ekonomi 5,45% yang juga dibawah DKI Jakarta.[1],[2],[5]

Potensi transaksi perdagangan Jawa Timur surplus tumbuh 328,08% dengan rata – rata potensi transaksi tumbuh 15% per tahun dengan perkembangan inflasi 7,77% yang setara dengan inflasi secara Nasional yang sebesar 8,36%. Parameter – parameter diatas memang sebuah kebanggaan kita sebagai masyarakat Jawa Timur, namun apakah itu sudah merupakan refleksi perhatian terhadap potensi kelautan kita, padahal hampir seluruh wilayah di Jawa Timur ini mempunyai wilayah kelautan dan ini tidak tercermin sama sekali pada rencana – rencana kebijakan ekonomi yang notabene sebagai barometer kemakmuran suatu daerah.[3],[11]

Conseptual Framework kebijakan ekonomi juga tidak secara jelas memberikan porsi yang mengembirakan dari sektor kelautan. Posisi strategis Jawa Timur dalam pasar regional juga merupakan potensi yang tidak bisa dipandang sebelah mata.[5],[11]

Dengan pertumbuhan ekonomi yang selalu berimbang dengan pertumbuhan ekonomi Nasional, sebenarnya ini sudah bisa dipakai sebagai sarana promosi untuk mendatangkan investor ke Jawa Timur, mengenai struktur makro ekonomi, kinerja perdagangan, perkembangan inflasi, dan kinerja penanaman modal, bahkan indeks gini Jawa Timur belum cukup untuk memberikan informasi dalam peningkatan sektor kelautan.[5],[11],[37]

Padahal di beberapa negara yang telah sukses dengan pengembangan sektor kelautannya hanya diperlukan perhatian yang khusus semisal Spanyol, sebagaimana terurai diatas untuk menggerakkan dan memberdayakan sektor kelautan bagi masyarakatnya hanya bermodal promosi

dari sektor PDRB dan tenaga kerja yang khusus mengenai sektor kalautan ditambah dengan keringanan di bidang Tax/pajak.[5],[32]

Kemudahan di bidang tenaga kerja, jaminan keamanan bagi investor yang mau menanamkan modalnya di sektor kelautan adalah salah satu bentuk perubahan yang dilakukan, didukung oleh akses – akses transportasi yang mudah, cepat dan, simpul –simpul kemacetan ditiadakan. [6],[32]

Seluruh akses yang menuju ke pusat – pusat ekonomi kelautan di perbaiki, industri – industri pendukung baik dari sektor swasta maupun BUMN juga berbenah. Hal-hal yang dilakukan seperti Spanyol inilah yang perlu kita jadikan inspirasi terobosan kedepan . Pembinaan di beberapa sektor inilah kita punya harapan, sektor kelautan bisa menjadi masa depan, kita tidak lagi dianggap membelakangi laut. [26]

Potensi kelautan yang tak terhingga jumlahnya harus dapat di dimanfaatkan, keberadaan ikannya, pemanfaatan perairannya, sebuah potensi yang tak kunjung habis, ikan dilaut selalu ada, tidak perlu tabur bibit, hanya bikinlah zona yang aman dan nyaman supaya tumbuh kembang ikan menjadi baik, hal ini juga menyangkut kondisi kualitas air laut kita, kekayaan hayati laut harus dilestarikan. Seluruh aktifitas dan kebijakan harus bersifat sustainable.[6],[26]

Potensi laut juga milik anak cucu kita dan harus kita pastikan bahwa anak cucu kita mendapatkan kekayaan ini jauh lebih baik dari yang kita nikmati sekarang.

### **3. KESIMPULAN**

Pemakaian metode R – IOT dan metode pendekatan I-O sesuai dengan kajian mengenai otonomi daerah maka dapat disimpulkan bahwa dampak ekonomi regional Pelabuhan Cartagena adalah nilai GVA meningkat dan sektor tenaga kerja juga mengalami peningkatan.

Hal ini yang membuat Pelabuhan Cartagena sebagai Mediterania Koridor yang menghubungkan Pelabuhan Cartagena dengan Perancis, Italia dan Eropa Timur. Hal ini merupakan prestasi tersendiri menyangkut membawa dampak ekonomi yang sangat pesat terhadap kemajuan Spanyol dari sektor pemanfaatan potensi kelautan / sektor

maritim dan menempatkan Spanyol pada urutan ke 2 tentang kedatangan tourism melalui kapal pesiar di Eropa dibawah Italia.

Kebijakan yang demikianlah yang harus jadi inspirasi Indonesia dengan dibarengi seluruh aktifitas dan kebijakan yang sustainable, dengan didukung oleh” political will dan political support” yang konsisten oleh pemangku kebijakan. Tidak ada kata YES tapi NO atau sebaliknya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Acciaro, M. (2008) Peran pelabuhan dalam pengembangan Kepulauan Mediterania: Kasus Sardinia. *Jurnal Internasional Transportasi Ekonomi / Rivista internazionale di economia dei trasporti* 35 (3): 295–323.
- [2] Acosta-Seró, M., Coronado-Guerrero, D., Cerbán Jiménez, M.M. dan López-Ortega, P. (2009) El proceso de contenerización en el Puerto Bahía de Algeciras. *Tendencias globales e impacto económico regional. Revista de Estudios Regionales* 84: 167–201.
- [3] Arce, O., Prades, E. dan Urtasun, A. (2013) La evolución del ahorro y del consumo de los hogares españoles durante la crisis. *Boletín Económico, Banco de España*, Septiembre.
- [4] Arthur D. Little, dan Asosiasi Penguasa Pelabuhan Pesisir Pasifik. (1979) *Port Economic Impact*, Pennsylvania State University. Washington DC: U. S. Departemen Perdagangan, Administrasi Kelautan, Kantor Pengembangan Komersial, Kantor Pelabuhan dan Pembangunan Intermodal. Pengumpulan Dokumen no. 2
- [5] Bennachio, M., Ferrari, C., Haralambides, H.E. dan Musso, E. (2000) On the economic impact of ports: Lokal vs biaya nasional dan manfaat. *Kelompok Minat Khusus Transportasi dan Pelabuhan Maritim. Workshop Internasional*, <http://www.informare.it/news/forum/2000/sig2/genovaes.asp>, diakses 20 Januari 2015.
- [6] Bennachio, M. dan Musso, E. (2001) Pelabuhan dan dampak ekonomi: Perubahan utama, pendekatan assesment dan disequilibrium distribusi. *Trasporti Europei* 17: 25–36.
- [7] Bernal-García, J.J. dan García-Sánchez, A. (eds.) (2003) *El Puerto de Cartagena. Análisis e impacto sobre la economía comarcal y regional*. Madrid, Spanyol: Thomson Civitas.
- [8] Boske, L.B. dan Cuttino, J.C. (2003) Mengukur dampak ekonomi dan transportasi dari perdagangan maritimrelated. *Ekonomi dan Logistik Maritim* 5 (2): 133–157.
- [9] Brida, J.G., Bukstein, D., Garrido, N., Tealde, E. dan Zapata, A.S. (2010) *Impactos económicos del turismo de cruceros. Unanálisis del gasto de los pasajeros de cruceros que visitan el Caribe colombiano. Estudios y Perspectivas en Turismo* 19: 607–634.
- [10] Castillo-Manzano, J.L., Lebón-Fernández, C. dan López-Valpuesta, L. (1998) *El impacto económico del Puerto de Sevilla sobre la economía andaluza*. Madrid, Spanyol: Sivitas.
- [11] CARM. (2014) *Perencanaan Strategis untuk Wilayah Murcia 2014–2020*, [http://planiris2020.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=47453&IDTIPO=100&RASTRO=c\\$m47432](http://planiris2020.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=47453&IDTIPO=100&RASTRO=c$m47432), diakses 18 Agustus 2015.
- [12] CES. (2013) *Informe sobre distribución de la renta en España: Desigualdad, cambios estructurales y ciclos. Colección Informe, 3/2013* Madrid, Spanyol: CES.
- [13] CLIA. (2014) *Industri Kapal Pesiar. Kontribusi Cruise Tourism to the Economies of Europe 2014 Edition*. Cruise Lines International Association Europe, [http://www.europeancruiseCouncil.com/images/downloads/reports/CLIA\\_2014.pdf](http://www.europeancruiseCouncil.com/images/downloads/reports/CLIA_2014.pdf), diakses 31 Mei 2015.
- [14] Coronado-Guerrero, D. (ed.) (2008) *Evaluación del impacto económico del Puerto de la Bahía de Cádiz*. Cádiz: Departamento de Economía General, Universidad de Cádiz (mimeo).
- [15] Coto-Millán, P., Villaverde-Castro, J. dan Mateo-Mantecón, I. (2008) *Impacto Económico del Puerto de Santander en la Ciudad, en Cantabria y en otras Regiones Españolas*. Santander, Spanyol: Autoridad Portuaria de Santander.
- [15] Coto-Millán, P., Mateo-Mantecón, I. dan Villaverde-Castro, J. (2010a) *Dampak ekonomi dari pelabuhan: Pentingnya wilayah*

- tersebut dan juga daerah pedalaman. Dalam: P. Coto-Millán, M.A. Castaneda dan J. Castanedo (eds.) *Esai tentang Port Economics*. Berlin, Jerman dan Santander, Spanyol: PhysicaVerlag, pp. 167-200.
- [16] Coto-Millán, P., Pesquera, M.A. dan Galán, J.C. (2010b) Sebuah diskusi metodologis tentang studi dampak ekonomi pelabuhan dan kemungkinan penerapannya untuk perancangan kebijakan. Dalam: P. Coto-Millán, M.A.CastanedaandJ.Castanedo (eds.) *EssaysonPortEconomics*. Berlin, GermanyandSantander, Spanyol: Physica- Verlag, pp. 151–160.
- [17] Danielis, R. dan Gregori, T. (2013) Perencanaan Pelabuhan: Kebutuhan akan pendekatan baru? *Maritime Economics & Logistics* 5 (4): 413–425.
- Metodologi berbasis input-output untuk [29] Notteboom, T. dan Rodrigue, J.P. (2005) memperkirakan peran ekonomi pelabuhan: Kasus sistem pelabuhan wilayah Friuli Venezia Giulia, Italia. *Ekonomi & Logistik Maritim* 15 (2): 222–255.
- Regionalisasi pelabuhan: Menuju fase baru dalam pengembangan pelabuhan. *Manajemen Kebijakan Kelautan* 32 (3): 297–313.
- [18] Dobson, S., Gill, A. dan Baird, S. (2002) A [30] Pérez-García, J.andGarcía-López, G. (2004) Primer pada Industri Kapal Pesiar Pasifik Kanada. Vancouver: Simon Fraser University.
- [19] Dewan Cruise Eropa. (2012) Kontribusi Pariwisata Pesiar ke Perekonomian Eropa 2012. Brussels, Belgia: Dewan Cruise Eropa.
- [20] Komisi Eropa. (2014) Core Network Dampak ekonomi pelabuhan : Literaturereviewpengumuman alternatif. *Jurnal Penelitian Maritim* 1 (3): 85–104.
- [21] Fernández de Guevara, J. (2011) La productividad sektoral España. Una perspectiva mikro. Bilbao, Spanyol: Fundación BBVA.
- [22] Francou, B., Carrera-Gómez, G., Coto-Millán, P., Castanedo-Galán, J. dan Pesquera, M.A. (2007) Studi dampak ekonomi: Aplikasi ke port. Dalam: P. Coto-Millán dan V. Inglada del Turismo de Cruceros 2012. Málaga, Spanyol: Sociedad de Planificación y Desarrollo (SOPDE) dan Otoritas Pelabuhan Málaga.
- [23] Gripaios, P. dan Gripaios, R. (1995) Dampak dari sebuah pelabuhan terhadap ekonomi lokalnya: Kasus Plymouth. *Kebijakan & Manajemen Maritim* 22 (1): 13–24.
- [24] Guarnido-Rueda, A. (Ed.) (2010) Estudio de impacto económico del Puerto deAlmería. Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Almería (mimeo). statistik trafik pelabuhan, [http://www.puertos.es/en-us/estadisticas/Pages/estadistica\\_mensual.aspx](http://www.puertos.es/en-us/estadisticas/Pages/estadistica_mensual.aspx), diakses 20 Januari 2015.
- [25] INE. (2010) La productividad industri en [36] Verbeke, A. dan Dooms, M.(2008) España. En *Panorámica de la Industria*. Madrid, Spanyol: Instituto Nacional de Estadística.
- [26] Martin Associates. (2014) Dampak ekonomi 2013 dari Port of Seattle, [http://www.portseattle.org/Mendukung-Our-Community/Economic-Development/Mengintegrasikan-konsep-gateway-diperpanjang-dalam-perencanaan-pelabuhan-strategis-jangka-panjang:Sebuah-studi-kasus-Eropa.Acara-Konferensi-Meja-Bundar-Gateway-Pasifik-2007-dari-Van-Horne-Institute.Calgary,Kanada:UniversitasCalgary.Documents/2014\\_economic\\_impact\\_](http://www.portseattle.org/Mendukung-Our-Community/Economic-Development/Mengintegrasikan-konsep-gateway-diperpanjang-dalam-perencanaan-pelabuhan-strategis-jangka-panjang-Sebuah-studi-kasus-Eropa-Acara-Konferensi-Meja-Bundar-Gateway-Pasifik-2007-dari-Van-Horne-Institute.Calgary,Kanada:UniversitasCalgary.Documents/2014_economic_impact_) [37] Villaverde-Castro, J. dan Coto-Millán, P. [report\\_martin.pdf](http://report_martin.pdf), diakses 20 Januari 2015.
- [27] Miller, R.E. dan Blair, P.D. (2009) Analisis Input-Output: Yayasan dan Ekstensi. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [28] Moglia, F. dan Sanguineri, M. (2003) (1997) Analisis dampak ekonomi dari pelabuhan Santander di daerah pedalamannya. *Jurnal Internasional Transportasi Ekonomi / Rivista internazionale di economia dei trasporti* 24 (2): 259-277.
- [29] Otoritas Pelabuhan Cartagena. (berbagai tahun) Laporan Tahunan, <http://www.apc.es>, diakses 20 Januari 2015.
- Corridors. Laporan Kemajuan dari [32] Otoritas Pelabuhan Malaga. (2013) *Análisis*

- Koordinator Eropa. Brussels: Komisi Eropa.
- [30] Rodrigue, J.P. dan Notteboom, T. (2009) The terminalisation rantai pasokan: Menilai kembali hubungan logistik porthinterland. *Kebijakan dan Manajemen Maritim* 36 (2): 165–183.
- (eds.) Esai tentang Ekonomi Transportasi.
- [34] Otoritas Pelabuhan Negara. (Berbagai tahun) Berlin dan Santander: Physica-Verlag, pp. 147–157.
- [31] TEMA. (1994) Puertos Del Estado. Elaboración de una metodología para la evaluación de los impactos de la actividad portuaria sobre la economía (informes parciales) .Madrid, Spanyol: Puertos del Estado.
- [32] Villaverde-Castro, J. and Coto-Millán, P. (1998) Dampak ekonomi: Metodologi dan aplikasi ke pelabuhan Santander. *Jurnal Internasional Transportasi Ekonomi / Rivista internazionale di economia dei trasporti* 25 (2): 159–179.
- [33] Yochum, G.R. dan Agarwal, V.B. (1987) Dampak ekonomi dari sebuah pelabuhan pada ekonomi regional: Catatan. *Pertumbuhan dan Perubahan* 18 (3): 74–87.

## **ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES PADA PENGGERINDAAN BAJA PERKAKAS UNTUK KOMPONEN PERMESINAN SISTEM PENGGERAK KAPAL**

**Fipka Bisono<sup>1\*</sup>, Tri Andi Setiawan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

email: fipka@ppns.ac.id

diterima tanggal : 28 Agustus 2018 disetujui tanggal : 13 November 2018

### **Abstrak**

*Permesinan kapal merupakan bagian dari sebuah kapal sebagai suatu sistem. Oleh karena itu, dalam permesinan kapal terdapat banyak komponen permesinan, antara lain: sistem roda gigi, sistem poros, dan lain sebagainya. Dalam pembuatan komponen mesin penggerak kapal tentu melibatkan banyak mesin perkakas, salah satunya adalah mesin gerinda. Proses gerinda adalah suatu proses manufaktur yang penting dan digunakan untuk membentuk benda kerja sesuai dengan persyaratan geometri, dimensi dan toleransi tertentu. Suatu penelitian dilakukan untuk mempelajari pengaruh tipe abrasif, kecepatan makan dan kedalaman potong terhadap surface integrity dan bentuk geram pada proses gerinda permukaan baja perkakas SKD-61. Surface Integrity yang dianalisis adalah kekasaran permukaan dan microcrack. Rancangan eksperimen yang digunakan pada penelitian ini adalah faktorial 2 x 3 x 3 karena faktor tipe abrasif memiliki 2 level, sedangkan faktor lain masing-masing memiliki 3 level. Replikasi dilakukan sebanyak 2 kali. Cairan pendingin yang digunakan pada penelitian ini adalah soluble oil. Pengukuran kekasaran permukaan diukur dengan menggunakan surftest, selanjutnya bentuk geram dan microcrack diamati dengan menggunakan scanning electron microscope (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan peningkatan kedalaman potong maka kekasaran permukaan akan semakin besar. Jenis abrasif dan kedalaman potong juga mempengaruhi besarnya kepadatan microcrack. Hasil proses gerinda permukaan dengan kedalaman pemakanan rendah menghasilkan bentuk geram lamellar dan leafy. Hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme pembentukan geram didominasi oleh proses shearing. Hasil proses gerinda permukaan dengan kedalaman pemakanan yang tinggi menghasilkan bentuk geram leafy, spherical, lamellar dan irregular. Hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme pembentukan geram terdiri dari proses shearing, rubbing, plowing dan fracturing.*

**Kata Kunci:** *surface integrity, bentuk geram*

### **Abstract**

*Surface grinding is an important manufacturing process and used to form the workpiece in accordance with the requirements of geometry, dimensions and tolerances. This process is used when the requirements of accuracy and surface quality of the workpiece cannot be met by the others machining processes, such as turning and milling. Improper selection of abrasive type and surface grinding parameters (such as feeding speed and depth of cut) can give adverse impact on surface integrity, such as surface roughness and crack density. Performance of surface grinding can also be evaluated from chip formation. An experiment was conducted to study the effect of the abrasive type, feeding speed and depth of cut on surface integrity and chip formation of surface grinding process on SKD61 tool steel. Experimental design used in this study was a 2x3x3 factorial. This experiment use soluble oil as coolant. Surface roughness was measured by using surftest, and the determination of crack density and chip formation conducted by using a scanning electron microscope (SEM). The results of the experiment showed that surface grinding parameters that significantly influence surface roughness were depth of cut and feeding speed. Surface grinding parameters that significantly influenced crack density was depth*

*of cut. Increasing feeding speed will reduce surface roughness. Increasing depth of cut will lead to an increase of surface roughness and crack density. Surface grinding process using a small depth of cut produced chip with lamellar and leafy shape, while using a high depth of cut produced chip with leafy, spherical, lamellar and irregular shape.*

**Kata Kunci:** *surface integrity, bentuk geram*

---

## 1. PENDAHULUAN

Permesinan kapal merupakan bagian dari sebuah kapal sebagai suatu sistem. Oleh karena itu, dalam permesinan kapal terdapat banyak komponen permesinan. Pada dasarnya permesinan kapal dapat digolongkan menjadi sistem penggerak utama (main propulsion system) yang meliputi: motor induk, sistem roda gigi, sistem poros, dan baling-baling. Permesinan kapal juga melibatkan sistem permesinan bantu (auxiliary machinery) yang meliputi sistem kemudi, sistem pengendalian, sistem minyak pelumas dan lain sebagainya. Dalam pembuatan komponen mesin penggerak kapal tentu melibatkan banyak mesin perkakas, salah satunya adalah mesin gerinda.

Gerinda permukaan (surface grinding) adalah salah satu proses finishing untuk menghasilkan permukaan yang datar dan halus sesuai dengan ketelitian dimensi dan bentuk yang dikehendaki. Proses gerinda permukaan menghasilkan akurasi dimensi yang tinggi, kekasaran permukaan yang rendah dan dapat diaplikasikan untuk material yang telah dikeraskan. Oleh karena itu proses ini sering digunakan ketika geometri, dimensi dan toleransi dari benda kerja tidak dapat dicapai dengan proses pemesinan yang lain, seperti proses bubut, frais maupun sekrup. Karena persyaratan geometri, dimensi dan kualitas permukaan untuk peralatan-peralatan tersebut umumnya sangat ketat, maka proses gerinda biasanya digunakan untuk memenuhi spesifikasi-spesifikasi yang disyaratkan.

Kualitas permukaan benda kerja berhubungan dengan kualitas dari permukaan yang diproses (Shaw, 1994). Surface integrity adalah kondisi permukaan benda kerja setelah mengalami proses pemesinan. Ada dua karakteristik dari surface integrity, yaitu karakteristik topografi dan karakteristik lapisan permukaan. Karakteristik topografi terdiri dari kekasaran permukaan, gelombang dan kesalahan bentuk, sedangkan

karakteristik lapisan permukaan yang dapat berubah selama proses pemesinan antara lain deformasi plastis, tegangan sisa, surface burning dan microcrack.

Proses gerinda permukaan menghasilkan berbagai macam bentuk geram. Bentuk geram tergantung pada material benda kerja, jenis proses pemesinan dan kondisi pemotongan yang digunakan. Performansi dari proses gerinda bisa dievaluasi berdasarkan mekanisme pembentukan geram, dengan melakukan pengamatan dan analisis terhadap geram yang terbentuk. Bentuk geram yang terjadi utamanya dipengaruhi oleh material benda kerja, ukuran butir-butir abrasif (grain) roda gerinda, kecepatan makan dan metode pendinginan yang digunakan (Dhar dkk., 2006).

Seperti halnya dengan proses-proses pemesinan lainnya dimana pahat potong memegang peranan utama, maka roda gerinda harus dipilih dengan seksama, baik bentuk, dimensi, maupun jenisnya. Jenis roda gerinda beragam tergantung pada kebutuhan proses gerinda. Serbuk abrasif merupakan bagian yang aktif yang berfungsi sebagai mata potong yang tersebar diseluruh permukaan roda gerinda. Saat ini ada empat macam serbuk gerinda yang umum dipakai, yaitu jenis oksida aluminium, karbida silikon, karbida, dan intan. Jenis roda gerinda juga berpengaruh pada grindability dan tegangan sisa. Dengan menggunakan material roda gerinda jenis oksida aluminium yang diproduksi dengan teknik sol gel (SG), maka grindability akan meningkat dan tegangan sisa akan menurun jika dibandingkan dengan material roda gerinda jenis oksida aluminium yang diproduksi dengan cara konvensional (Fathallah dkk., 2009).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari tipe abrasif dan parameter proses pada proses gerinda permukaan terhadap surface integrity dan bentuk geram. Berdasarkan pengaruh dari parameter

proses pada proses gerinda permukaan maka dapat dilakukan pemilihan kondisi penggerindaan yang tepat.

## 2. BAHAN, KONDISI, PERALATAN DAN METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan material baja perkakas SKD61 dengan dimensi 50 mm x 10 mm x 5 mm. Roda gerinda yang digunakan adalah aluminum oxide dan green silicone berdiameter luar 200 mm, diameter dalam 32 mm dan tebal 25 mm. Mode penggerindaan yang digunakan pada eksperimen ini adalah plunge surface grinding down cut dengan satu kali pemakanan. Komposisi kimia dari baja perkakas SKD-61 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Komposisi Kimia Baja Perkakas SKD-61

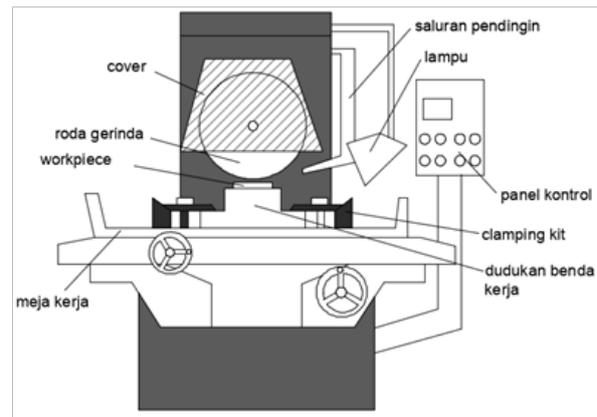
Jenis Kimia	Persentase (%)
<i>Carbon</i>	0.35 ~ 0.42
<i>Silicon</i>	0.8 ~ 1.2
<i>Manganese</i>	0.25 ~ 0.5
<i>Phosphorus</i>	<0.03
<i>Chromium</i>	4.8 ~ 5.5
<i>Molybdenum</i>	1 ~ 1.5
<i>Sulfur</i>	<0.03
<i>Vanadium</i>	0.8 ~ 1.15

Tabel 2. Kondisi Penggerindaan

Mode penggerindaan	<i>Plunge surface grinding down cut</i>
Roda Gerinda	A46HV GC46HV
Putaran roda gerinda (rpm)	2500
Kecepatan makan (mm/s)	160 – 300
Kedalaman potong (mm)	0.01 – 0.08
Lebar penggerindaan (mm)	10
Pendinginan	<i>Soluble oil</i> (20% emulsi, 80% air)
Material benda kerja	SKD-61
Dresser	<i>Single-point diamond dresser</i>

### 2.2 Kondisi Penggerindaan

Penelitian ini menggunakan beberapa kondisi penggerindaan yang diseting pada mesin gerinda permukaan. Kondisi penggerindaan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 1 Skema eksperimen surface grinding

### 2.3 Peralatan Penelitian

#### 1. Mesin gerinda permukaan

Mesin gerinda permukaan yang digunakan pada penelitian ini adalah model FSG-1020AD, dengan spesifikasi: dimensi meja kerja 200 mm x 500 mm dan putaran roda gerinda 2500 rpm. Gambar 1 menunjukkan skema dari eksperimen surface grinding yang digunakan pada penelitian ini.

#### 2. *Surface Roughness Tester*

Pengukuran angka kekasaran permukaan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Mitutoyo SurfTest301. Alat ini memiliki kecermatan sebesar 0,1 µm.

#### 3. *Sanning Electron Microscope (SEM)*

Pengamatan bentuk geram dan microcrack pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SEM model EVO MA10. Alat ini digunakan untuk mengamati partikel dengan perbesaran sampai 2.000.000 kali dengan resolusi kedalaman 3-100 nanometer.

### 2.4 Metode Penelitian Faktorial

#### 2.4.1 Pemilihan Parameter Proses Pemesinan

Pada penelitian ini, percobaan mencakup tiga faktor dengan satu faktor memiliki dua level dan dua faktor yang lain memiliki tiga level. Pengaturan level pada masing-masing faktor ditunjukkan pada Tabel 3. Pemilihan level parameter dalam interval tersebut telah direkomendasikan oleh surface grinding manufacturer.

Tabel 3. Pengaturan level pada masing-masing faktor

Faktor		level 1	level 2	level 3
A	Jenis abrasif	A46HV	GC46HV	
B	Kecepatan makan	mm/s	160	210 260
C	Kedalaman potong	mm	0.01	0.04 0.08

### 2.4.2 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode faktorial dengan rancangan percobaan 2 x 3 x 3 karena memvariasikan tiga variabel proses yaitu: jenis abrasif (2 level), kecepatan makan (3 level) dan kedalaman potong (3 level). Rancangan percobaan ini juga menggunakan 2 kali replikasi untuk kekasaran permukaan. Rancangan percobaan faktorial 2 x 3 x 3 ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan percobaan faktorial 2 x 3 x 3

Run	Faktor		
	A	B	C
	Jenis Abrasif	Kecepatan Makan	Kedalaman Potong
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	2	1
5	1	2	2
6	1	2	3
7	1	3	1
8	1	3	2
9	1	3	3
10	2	1	1
11	2	1	2
12	2	1	3
13	2	2	1
14	2	2	2
15	2	2	3
16	2	3	1
17	2	3	2
18	2	3	3

### 3. ANALISIS YANG DIGUNAKAN

Analisis yang dilakukan setelah eksperimen adalah analisis variansi (ANOVA) dan persen kontribusi. Analisis variansi (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap respon dan besarnya kontribusi variabel proses terhadap respon. Pada penelitian ini, analisis variansi dilakukan pada kekasaran permukaan.

Secara statistik, nilai p-value menunjukkan keputusan faktor mana yang mempunyai pengaruh terhadap respon. Faktor dikatakan berpengaruh secara signifikan terhadap respon ketika mempunyai nilai p-value yang lebih kecil jika

dibandingkan dengan level of significant. Dalam penelitian ini level of significant yang dipakai bernilai 0.05.

Persen kontribusi menunjukkan porsi (kekuatan relatif) masing-masing faktor terhadap total variansi yang diamati. Jika persen kontribusi error kurang dari lima belas persen, maka tidak ada faktor yang berpengaruh terabaikan tetapi jika persen kontribusi error lebih dari lima belas persen mengindikasikan ada faktor yang berpengaruh terabaikan sehingga error yang terjadi terlalu besar.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen berdasarkan rancangan percobaan faktorial 2 x 3 x 3, dimana jenis abrasif memiliki 2 level, kecepatan makan memiliki 3 level dan kedalaman potong memiliki 3 level. Data hasil eksperimen untuk kekasaran permukaan ditunjukkan pada Tabel 5.

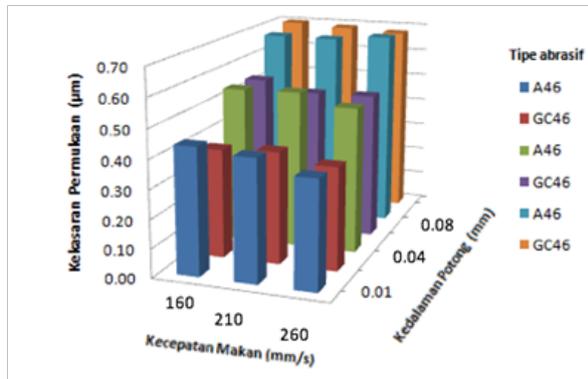
Tabel 5. Hasil eksperimen untuk kekasaran permukaan

Tipe Abrasif	Variabel proses		Respon Kekerasan Permukaan (µm)
	Kecepatan Makan (mm/s)	Kedalaman potong (mm)	
Aluminium Oxide	160	0.01	0.45
		0.04	0.54
		0.08	0.67
	210	0.01	0.42
		0.04	0.56
		0.08	0.66
	260	0.01	0.38
		0.04	0.51
		0.08	0.68
Green Silicone	160	0.01	0.37
		0.04	0.55
		0.08	0.70
	210	0.01	0.39
		0.04	0.52
		0.08	0.67
	260	0.01	0.35
		0.04	0.52
		0.08	0.68

#### 4.1 Pengaruh Terhadap Kekasaran Permukaan

Parameter kekasaran permukaan yang dipakai dalam penelitian ini adalah Ra. Parameter ini banyak digunakan untuk mengidentifikasi permukaan. Hal ini disebabkan harga Ra lebih sensitif terhadap perubahan/penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Dengan demikian, jika ada tanda-tanda kenaikan kekasaran maka

pencegahan dapat cepat dilakukan. Gambar 2 menunjukkan adanya kenaikan kekasaran permukaan dengan bertambahnya kedalaman potong.



Gambar 2. Histogram hubungan tipe abrasif, kecepatan makan dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan

Data kekasaran permukaan diuji secara statistik dengan ANAVA untuk mengetahui variabel proses mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses gerinda permukaan.

Tabel 6. Hasil ANAVA dan kontribusi variabel proses pada kekasaran permukaan

Source	SS	DF	MS	P	SS'	% kontribusi
A	0.00178	1	0.00178	0.016	0.00151	0.29%
B	0.00455	2	0.00228	0.001	0.00400	0.76%
C	0.50951	2	0.25476	0.000	0.50896	97.12%
Residual error	0.00823	30	0.00027		0.00960	1.83%
Total	0.52407	35			0.52407	100%

Tabel 6 menunjukkan jenis abrasif, kecepatan makan dan kedalaman potong mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan untuk alpha 5%. Berdasarkan data perhitungan persen kontribusi pada Tabel 6, maka faktor-faktor yang signifikan secara statistik mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses gerinda permukaan, secara berurutan adalah kedalaman potong, kecepatan makan dan jenis abrasif.

Untuk mengetahui level dari tipe abrasif, kecepatan makan dan kedalaman potong yang memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kekasaran permukaan, maka dilakukan uji Tukey. Tabel 7 sampai dengan Tabel 9 menunjukkan hasil uji Tukey pada tipe abrasif, kecepatan makan dan

kedalaman potong.

Tabel 7. Hasil Uji Tukey pada Tipe Abrasif

Tipe Abrasif	N	Mean	Grouping
Aluminum Oxide	18	0.5430	A
Green Silicone	18	0.5311	A

Tabel 8. Hasil Uji Tukey pada Kecepatan Makan

Kecepatan makan (mm/s)	N	Mean	Grouping
160	12	0.5478	A
210	12	0.5392	A B
260	12	0.5242	B

Tabel 9. Hasil Uji Tukey pada Kedalaman Potong

Kecepatan makan (mm/s)	N	Mean	Grouping
160	12	0.5478	A
210	12	0.5392	A B
260	12	0.5242	B

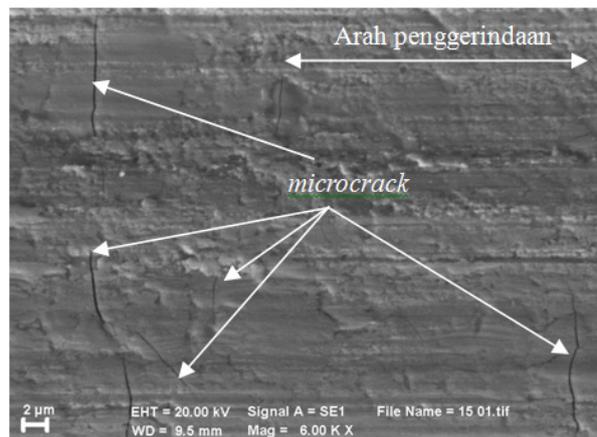
Hasil analisis data eksperimen, secara statistik menunjukkan bahwa nilai dari kekasaran permukaan yang dihasilkan sama untuk tipe abrasif yang berbeda, tetapi menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang berbeda pada kedalaman potong dan kecepatan makan yang berbeda. Kekasaran permukaan naik dengan bertambahnya kedalaman potong. Kedalaman potong yang kecil membuat butiran abrasif yang terdapat dipermukaan roda gerinda sedikit bergesekan dengan benda kerja. Gesekan yang sedikit ini menyebabkan permukaan hasil penggerindaan mempunyai celah yang sempit, sehingga kekasaran permukaan benda kerja juga rendah. Akan tetapi, dengan pemakaian kedalaman potong yang besar, maka butiran abrasive yang terdapat dipermukaan roda gerinda akan lebih banyak bergesekan dengan benda kerja, sehingga menyebabkan permukaan hasil penggerindaan mempunyai celah yang lebar. Hal ini menyebabkan kekasaran permukaan semakin tinggi.

#### 4.2 Pengaruh Terhadap Microcrack

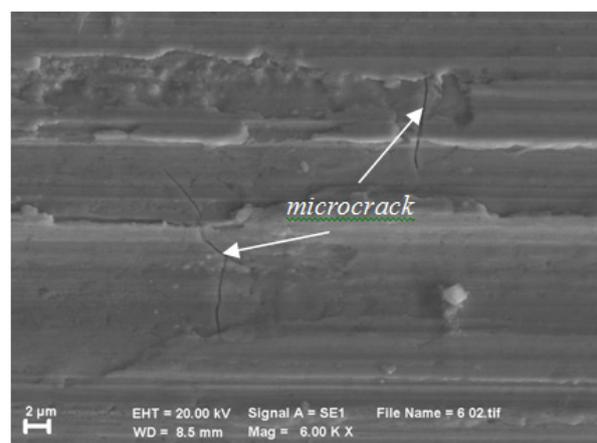
Pengukuran kepadatan retakan (microcrack) yang terjadi pada permukaan benda merupakan

salah satu cara untuk mengevaluasi kinerja dari proses gerinda permukaan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variabel-variabel proses gerinda permukaan tidak hanya berpengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja saja, tetapi juga mempengaruhi terjadinya microcrack pada benda kerja. Microcrack ini terjadi pada permukaan benda kerja sebagai akibat dari temperatur daerah penggerindaan yang terlalu tinggi. Ukuran dari microcrack pada permukaan benda kerja ini sangat kecil dalam satuan mikrometer, sehingga diperlukan alat pembesar untuk mengamati microcrack ini. Dalam penelitian ini digunakan alat foto SEM. Benda kerja hasil proses gerinda permukaan dibersihkan dari geram maupun cairan pendingin yang menempel, kemudian diletakkan dalam alat foto SEM untuk diamati. Gambar 3 menunjukkan foto SEM microcrack yang ada pada permukaan benda kerja hasil proses gerinda permukaan dengan perbesaran 5000x. Peningkatan kepadatan microcrack pada permukaan benda kerja mengindikasikan bahwa perbedaan temperatur yang terjadi semakin besar, sehingga tegangan sisa yang terjadi juga semakin besar.

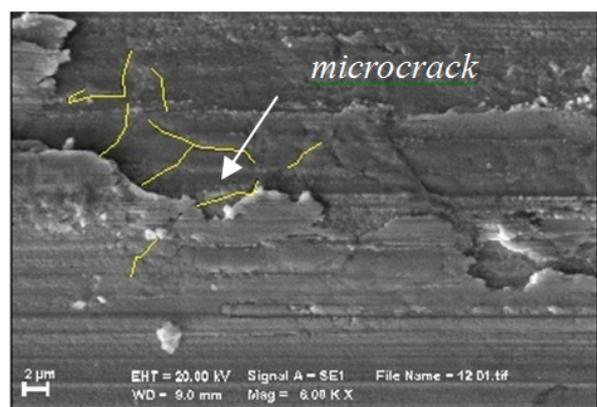
Microcrack adalah salah satu sumber yang potensial untuk terjadinya kegagalan komponen, sehingga diperlukan pengkualifikasian derajat dari microcrack dengan menggunakan standar yang bersifat objektif. Pengkualifikasian dengan cara mengestimasi lebar, panjang atau kedalaman microcrack atau bahkan jumlah dari microcrack, tidak mudah untuk dilakukan. Oleh karena itu, Lee dan Tai (2003) mendefinisikan suatu kepadatan retakan permukaan sebagai rasio antara panjang retakan keseluruhan di penampang yang diamati dengan luas penampang yang diamati, untuk mengevaluasi seberapa parah keretakan yang terjadi. Tabel 10 menunjukkan kepadatan microcrack yang terjadi pada penelitian ini. Pengukuran kepadatan microcrack pada penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak AutoCAD.



Gambar 3. Hasil foto SEM microcrack pada permukaan benda kerja hasil proses gerinda permukaan dengan kecepatan makan 200 mm/s dan kedalaman potong 0.06 mm. Tipe abrasif aluminum oxide.



Gambar 4. Hasil foto SEM microcrack pada permukaan benda kerja hasil proses gerinda permukaan dengan kecepatan makan 200 mm/s dan kedalaman potong 0.06 mm. Tipe abrasif green silicone.



Gambar 5. Hasil pengukuran foto SEM microcrack pada permukaan benda kerja hasil proses gerinda permukaan menggunakan bantuan perangkat lunak AutoCAD.

Tabel 10. Hasil Pengukuran Kepadatan Microcrack

Run	Total Panjang Microcrack (μm)	P (μm)	l (μm)	Luas penampang (μm <sup>2</sup> )	Kepadatan Microcrack (μm/μm <sup>2</sup> )
1	18.42	51.2	38.4	1966.08	0.0094
2	50.27	51.2	38.4	1966.08	0.0256
3	84.45	51.2	38.4	1966.08	0.0430
10	15.52	51.2	38.4	1966.08	0.0079
11	28.63	51.2	38.4	1966.08	0.0146
12	37.24	51.2	38.4	1966.08	0.0189

Analisis variansi (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses/variabel proses yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kepadatan microcrack. Tabel analisis variansi (ANOVA) untuk kepadatan microcrack yang disusun berdasarkan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 11.

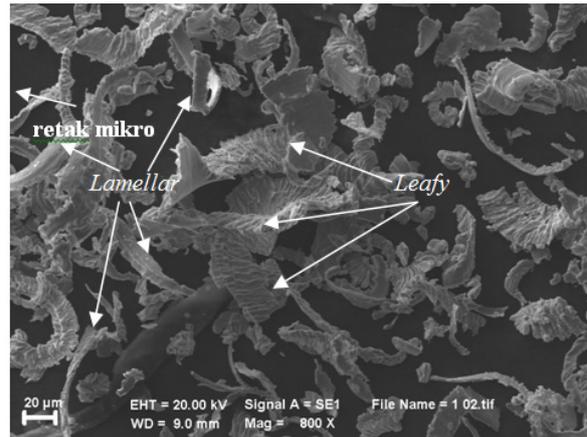
Tabel 11. Analisis Variansi (ANOVA) Variabel proses pada Kepadatan Microcrack

Source	DF	SS	MS	F	p-value
A	1	0.0007529	0.0007529	29.20	0.000
B	2	0.0000447	0.0000224	0.87	0.445
C	2	0.0011858	0.0005929	22.99	0.000
Error	12	0.0003095	0.0000258		
Total	17	0.0022930			

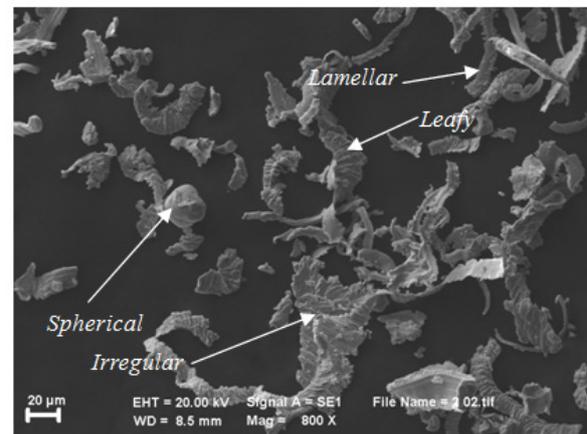
P-value menunjukkan variabel proses mana yang mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kepadatan retakan. P-value pada Tabel 11 menunjukkan tipe abrasif dan kedalaman potong mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kepadatan microcrack, sedangkan kecepatan makan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kepadatan microcrack.

#### 4.3 Pengaruh Terhadap Bentuk Geram

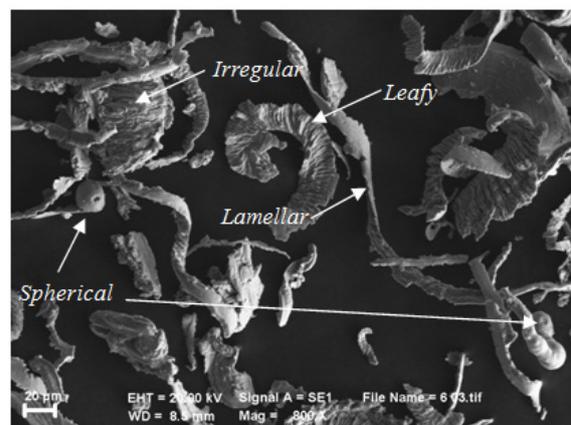
Pengamatan bentuk geram dilakukan dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Hal ini dilakukan untuk mengetahui morfologi bentuk geram yang dihasilkan dari proses gerinda permukaan. Pengamatan SEM untuk bentuk geram dilakukan dengan pembesaran 800x



Gambar 6. Foto SEM geram dengan jenis abrasif aluminum oxide, kecepatan makan 160 mm/s, kedalaman potong 0.01 mm



Gambar 7. Foto SEM geram dengan jenis abrasif aluminum oxide, kecepatan makan 160 mm/s, kedalaman potong 0.04 mm



Gambar 8. Foto SEM geram dengan jenis abrasif aluminum oxide, kecepatan makan 160 mm/s, kedalaman potong 0.08 mm

Gambar 6 sampai dengan Gambar 8 menunjukkan geram hasil proses gerinda permukaan pada kecepatan makan 160 mm/s. Kedalaman potong Gambar 5 sampai dengan 7 adalah 0,01 mm, 0,04 mm dan 0,08 mm. Geram yang dihasilkan mempunyai bentuk lamellar (panjang), leafy (daun), spherical (bulat) dan *irregular* (tidak teratur). bentuk *lamellar* menunjukkan adanya proses shearing dan geram yang terbentuk tidak mengalami pendinginan secara cepat. Bentuk *leafy* menunjukkan adanya keausan pada roda gerinda yang diakibatkan oleh pematahan grit-grit pada roda gerinda. Bentuk *irregular* terjadi karena getaran yang ditimbulkan oleh gesekan antara benda kerja dengan roda gerinda. Geram dengan bentuk *spherical* terjadi karena adanya pemanasan yang berlebih dan oksidasi *eksotermis*.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor kecepatan makan, kedalaman potong dan jenis abrasif berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan,
2. Dari data penelitian 97% kekasaran permukaan proses gerinda disebabkan oleh faktor kedalaman potong, semakin besar kedalaman potong, maka kekasaran permukaan akan semakin besar.
3. Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kepadatan microcrack adalah kedalaman potong dan jenis abrasif, sedangkan faktor kecepatan makan tidak berpengaruh signifikan terhadap kepadatan microcrack.
4. Semakin besar kedalaman potong, maka kepadatan microcrack akan semakin besar. Pemilihan jenis abrasif yang tepat juga berperan untuk mengurangi microcrack yang terjadi.
5. Hasil proses gerinda permukaan dengan kedalaman pemakanan rendah menghasilkan bentuk geram lamellar dan leafy. Hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme pembentukan geram didominasi oleh proses shearing.

6. Hasil proses gerinda permukaan dengan kedalaman pemakanan yang tinggi menghasilkan bentuk geram leafy, spherical, lamellar dan irregular. Hal ini mengindikasikan bahwa mekanisme pembentukan geram terdiri dari proses shearing, rubbing, plowing dan fracturing.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fathallah, B. B., Fredj, N. B., Sidhom, H., Braham, C. dan Ichida, Y. (2009), "Effects of Abrasive Type, Cooling Mode and Peripheral Grinding Wheel Speed on the AISI D2 Steel Ground Surface Integrity," *Int. J. of Mach. Tools & Manufacture*, Vol. 49, pp. 261-272.
- [2] Demir, H., and Gullu, A. (2001), "The Effect of Parameters in the Grinding," *Journal of Engineering Science*, Vol. 7, pp. 189-198.
- [3] Kopac, J. dan Krajnick, P. (2006), "High Performance Grinding-a Review," *Journal of Materials processing Technology*, Vol. 175, pp. 278-284.
- [4] Demir, H., Gullu, A., Chiftci, I. dan Seker, U. (2010), "An Investigation into the Influences of Grain Size and Grinding Parameters on Surface Roughness and Grinding Forces when Grinding," *Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 56, pp. 447-454.
- [5] Shaw, M.C. (1994). "A Production Engineering Approach to Grinding Temperatures," *Journal of Materials processing Technology*, Vol. 44, pp. 59-69.
- [6] Rowe, W.B. (2009), *Principles of Modern Grinding Technology*, William Andrew publications pp. 74-76.
- [7] Black, B. J. (2004), *Workshop Processes, Practices and Materials*, 3rd edition, Elsevier Science & Technology.
- [8] Park, S. H. (1996), *Robust Design and Analysis for Quality Engineering*, 1st edition, Chapman & Hall, London.
- [9] Groover, M. P. (2010), *Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes, and Systems*, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [10] Montgomery, D. C. (1991), *Design and Analysis of Experiment*, John Wiley & Sons,

Inc., New York.

- [11] Rochim, T. (1993), Proses Pemesinan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [12] Rochim, T. (2001), Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Halaman ini sengaja dikosogkan

## PENERAPAN METODE TIME HISTORY UNTUK FENOMENA WATER HAMMER

**Pekik Mahardhika**

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

email: pekikmahardhika@ppns.ac.id

diterima tanggal : 9 September 2018 disetujui tanggal : 13 November 2018

### **Abstrak**

*Makalah ini mengkaji besarnya fleksibilitas dan frekuensi alami pipa akibat beban dinamis dari fenomena water hammer menggunakan metode time history. Metode time history adalah metode analisis untuk menentukan beban dinamis yang memiliki waktu lama atau pendek seperti water hammer, gempa bumi, dan lain-lain. Beban dinamis adalah gaya yang bekerja (eksitasi) pada struktur sistem perpipaan yang bervariasi terhadap waktu. Tujuan dari metode time history ini untuk mendapatkan besarnya fleksibilitas dan frekuensi alami pipa akibat beban dinamis pada pipa blowdown agar menjamin keamanan rancangan dan operasional pipa. Simulasi dilakukan dengan cut off frequency 54,31 Hz dan 31 mode dengan durasi 2,14 detik. Dari hasil analisa tegangan diperoleh total tegangan pipa masih memenuhi kriteria tegangan ijin ASME B31.3. Dari hasil analisa frekuensi alami diperoleh frekuensi alami mode terkecil yaitu 1,75 Hz dan tidak memenuhi kriteria DNV-RP-D101.*

**Kata Kunci:** beban dinamis, pipa blowdown, time history, water hammer

### **Abstract**

*This paper examines the magnitude of pipe flexibility and natural frequency due to dynamic loads of water hammer phenomenon using the time history method. The time history method is an analytical method to determine dynamic loads that have a long or short time such as water hammer, earthquake, and others. Dynamic load is the force acting (excitation) on the structure of the piping system which varies with time. The purpose of this time history method is to get the magnitude of flexibility and natural frequency of pipe due to the dynamic load on the blowdown pipe to ensure the safety of the pipe design and operation. The simulation was performed with the cut off frequency of 54.31 Hz and 31 mode with a duration of 2.14 seconds. From the stress analysis result obtained total pipe stress still meet ASME B31.3 allowable stress criteria. From the natural frequency analysis result obtained smallest mode of natural frequency is 1.75 Hz and not meet DNV-RP-D101 criteria.*

**Keyword:** dynamic load, blowdown pipe, time history, water hammer

---

## **1. PENDAHULUAN**

Pada suatu PLTU terdapat boiler yang akan beroperasi terus menerus. Sistem *blowdown* pada boiler berfungsi untuk mengontrol serta membuang kandungan solid dalam sisa air pemanasan agar tidak berlebih. Pada sistem *blowdown* terdapat dua fase zat yaitu solid dan cair. Jika kandungan solid tinggi akan menurunkan kualitas uap yang dihasilkan. Pertemuan dua zat

berbeda fase tersebut dan memiliki temperatur tinggi pada pipa dapat menimbulkan kenaikan tekanan yang menyerupai suatu pukulan yang dinamakan *water hammer*. *Water hammer* adalah fenomena terjadinya lonjakan tekanan yang diakibatkan oleh pembukaan dan penutupan katup yang cepat atau *rotating equipment* hidup/ mati tiba-tiba. *Water hammer* atau *fluid hammer* serta juga disebut *hydraulic shock* adalah lonjakan

gelombang tekanan yang disebabkan suatu cairan tetapi kadang-kadang gas yang gerakan fluidanya dipaksa untuk berhenti atau mengubah arah tiba-tiba sehingga terjadi perubahan momentum [1]. Pipa penyalur *steam* mengangkut fluida bertemperatur tinggi sangat rawan terhadap adanya beban ekspansi [2]. Sistem tersebut sangat rawan terhadap terjadinya pemuaian akibat beban ekspansi [3]. Perubahan *displacement* pada pipa yang terlalu besar dapat menjadi masalah yang serius karena dapat menyebabkan kegagalan sistem [4]. Kasus *water hammer* tersebut terjadi di pipa *blowdown* di salah satu PLTU di Indonesia. Dampak fenomena tersebut adalah menimbulkan getaran pada pipa. Beban *steam hammer* atau *water hammer* sangat signifikan dan respon dinamis dari sistem perpipaan dapat berdampak besar pada segmen pipa [5]. *Pulsating line* merupakan pipa yang terhubung dengan *rotating equipment* [6]. Pipa *blowdown* tersebut masih dikategorikan *pulsating line* terhubung dengan suatu *equipment* yang dapat menimbulkan sumber getaran (*valve*).

Ketika frekuensi alami sama dengan atau mendekati frekuensi yang dihasilkan oleh mesin/frekuensi eksitasi maka akan terjadi resonansi [8]. Resonansi dapat mengakibatkan kerusakan parah pada sistem perpipaan [9]. Getaran yang mengakibatkan resonansi tersebut akan mempengaruhi besarnya tegangan yang terjadi pada pipa. Kajian yang berhubungan dengan getaran dinamakan analisa beban dinamis. Analisa beban dinamis adalah analisa gaya yang bekerja (eksitasi) pada struktur (dalam hal ini sistem perpipaan) yang bervariasi terhadap waktu. Tegangan dinamis merupakan tegangan tekuk dinamis yang terkait dengan getaran pada mode alami [10]. Sehingga dalam proses perancangan



Gambar 1. Fenomena water hammer [7]

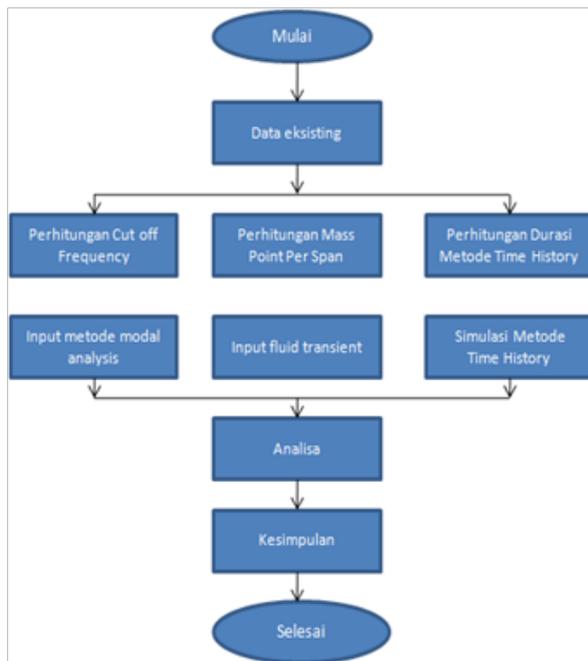
sistem perpipaan diperlukan analisa statis ataupun dinamis untuk menjamin keamanan rancangan dan operasional pipa. Evaluasi tersebut membantu untuk mengidentifikasi rincian layout dan support jika terdapat tegangan yang besar [11]. Beberapa kajian yang terkait analisa beban dinamis cukup banyak dilakukan. Salah satu referensi terkait terdapat kajian yang bersifat statis dan dinamis yang telah dilakukan analisa getaran menggunakan metode harmonik karena terhubung dengan *rotating equipment*. Kajian dilakukan untuk mempelajari pengaruh getaran terhadap tegangan dan frekuensi alami. Acuannya menggunakan ASME B31.3, API 610, API 618, dan WRC 107. Simulasi dibantu menggunakan *software* Caesar II [9].

Makalah ini melanjutkan penelitian sebelumnya yang membahas analisa kenaikan tekanan terhadap tegangan dan fleksibilitas pipa yang hanya bersifat analisa statis. Fleksibilitas dalam perencanaan dan desain pada sebuah sistem perpipaan harus dirancang agar mampu menahan beban yang terjadi [12]. Berdasarkan penelitian sebelumnya pipa *blowdown* A106 Gr A termasuk jalur pipa *critical line* [13]. Fluida di dalam pipa *blowdown* telah mengalami kenaikan tekanan menjadi 322,55 psi dan bersifat turbulen [14]. Pada makalah ini dilakukan penerapan metode *time history* pada kasus *water hammer* pipa *blowdown* di salah satu PLTU di Indonesia untuk mendapatkan nilai fleksibilitas yang terjadi dan apakah masih memenuhi kriteria ASME B31.3. Besarnya nilai tegangan tidak boleh lebih besar dari tegangan yang diijinkan ASME B31.3 [15]. Serta kriteria frekuensi alami berdasarkan DNV-RP-D101.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini bersifat numerik dengan bantuan menggunakan *software*. Pemodelan dan simulasi pipa *blowdown* menggunakan Bentley Autopipe. Pemodelan dan simulasi dengan metode *time history* untuk mendapatkan besarnya fleksibilitas yang terjadi akibat beban dinamis pada pipa *blowdown* dan apakah masih memenuhi kriteria *code*. Analisa struktural yang dilakukan perangkat lunak sesuai dengan *standar piping code* ASME B31.3 [16]. Metodologi penelitian pada makalah

ini ditunjukkan pada diagram alir gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

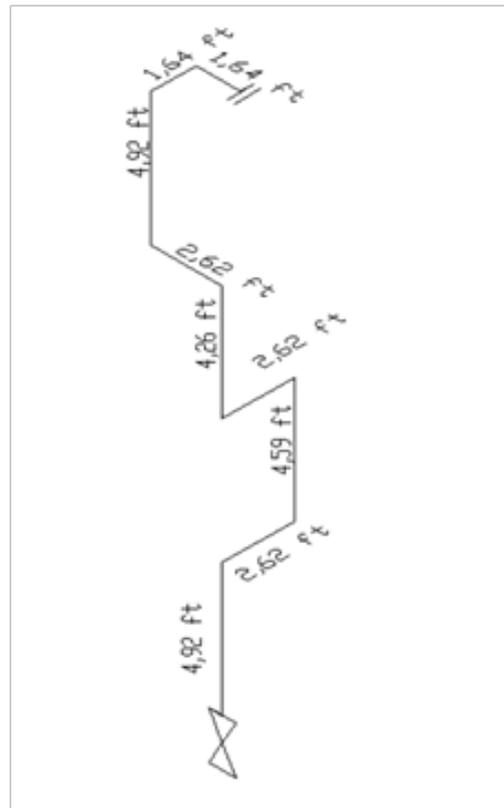
Penelitian dilaksanakan di salah satu PLTU yang di Indonesia. Adapun dalam penelitian ini terdapat data pendukung yaitu data teknis dan gambar isometri pipa *blowdown* sebagai berikut:

Tabel 1. Data teknis Pipa *Blowdown* [14]

Data	Spesifikasi
Material Pipa	A106 Gr.A
NPS	4
Sch	80
t (in)	0,337
t (mm)	8,56
OD (in)	4,5
OD (mm)	114,3
ID (in)	3,826
ID (mm)	97,18
$\rho$ pipa (lb/in <sup>3</sup> )	0,280
Modulus Elastisitas Pipa (psi)	$27,7 \times 10^6$
t insulasi (in)	1,496
Material Insulasi	Foam Glass
$\rho$ insulasi (lb/in <sup>3</sup> )	0,049
Thermal coefficient (in/ft)	0,028

Tabel 2. Data Fluida [14]

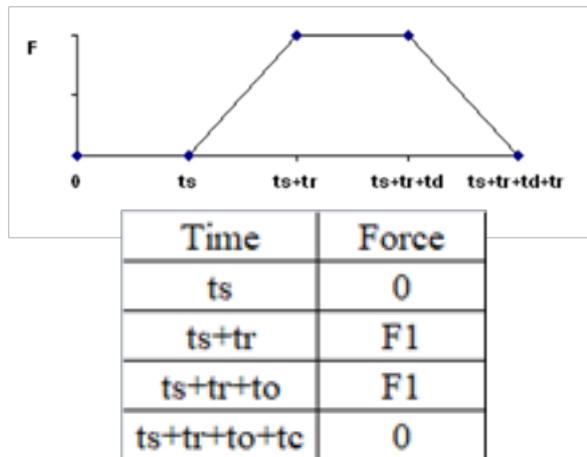
Data	Nilai	Satuan
Tekanan Internal (P)	100	psi
Laju massa fluida (m)	2,22	kg/s
Viskositas ( $\mu$ )	$1,00 \times 10^{-3}$	kg.m/s
Bulk Modulus (K)	$3,18 \times 10^5$	psi
Temperatur (T)	338	F



Gambar 3. Isometri Pipa *Blowdown*

Metode *time history* adalah metode analisis untuk menentukan beban dinamis yang memiliki waktu lama atau pendek seperti *water hammer*, gempa bumi, dan lain-lain [17]. *Start time* ( $t_s$ ) merupakan waktu katup dalam kondisi mulai membuka dan *defaultnya* 0 detik. *Rise time* ( $t_r$ ) adalah waktu yang diperlukan gelombang tekanan transient untuk mencapai nilai puncak. Hal ini juga merupakan waktu yang diperlukan katup dari posisi tertutup ke posisi membuka. *Open time/ delay time* ( $t_o$ ) adalah waktu pada kondisi katup tetap terbuka. *Closed/ fall time* ( $t_c$ ) adalah waktu yang diperlukan katup dari posisi membuka kembali pada posisi menutup. Metode analisis ini

melibatkan solusi sebenarnya persamaan gerak dinamis di seluruh durasi beban dan getaran sehingga menyediakan simulasi respons yang sesungguhnya [18].



Gambar 4. Time History Loading

*Cut off Frequency* adalah batas frekuensi antara sinyal yang diteruskan dan diredam [19].

$$f_{cutoff} = \sqrt{(E/\rho)/L} \quad (1)$$

Keterangan:

E = Modulus elastisitas material (psi)

$\rho$  = Massa jenis pipa (lb/in<sup>3</sup>)

L = Panjang pipa (ft)

*Mass Point Per Span* adalah jarak distribusi massa antara masing-masing titik saat beban dinamis [17].

$$L_{opt} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f}} \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad (2)$$

Keterangan:

$L_{opt}$  = Panjang yang diperlukan untuk perlakuan dinamis

f = Frekuensi *cut off* (Hz)

g = Percepatan gravitasi (in/s<sup>2</sup>)

I = Momen inersia (in<sup>4</sup>)

E = Modulus elastisitas material (psi)

W = Berat pipa per satuan panjang (lb/in)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perhitungan *Cut off frequency*

Hasil perhitungan *cut off frequency* untuk menentukan batas frekuensi antara sinyal yang diteruskan dan diredam sebagai berikut:

$$E = 2,77 \times 10^7 \text{ psi}$$

$$\rho = 0,280 \text{ lb/in}^3$$

$$L = 30,076 \text{ ft}$$

$$f_{cutoff} = \sqrt{\left(\frac{E}{\rho}\right)/L}$$

$$= 341,077 \text{ rad/sec} / 2\pi \text{ rad/cycles}$$

$$= 54,31 \text{ Hz}$$

#### 3.2 Perhitungan *Mass Point Per Span*

Hasil perhitungan *mass point per span* untuk menentukan jarak distribusi massa antara masing-masing titik saat beban dinamis sebagai berikut:

$$f = 54,31 \text{ Hz}$$

$$E = 2,77 \times 10^7 \text{ psi}$$

$$I = 9,61 \text{ in}^4$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 = 386,22 \text{ in/s}^2$$

$$w = 0,528 \text{ lb/in}$$

$$L_{opt} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f}} \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}}$$

$$= 30,62 \approx 31$$

#### 3.3 Perhitungan Durasi *Time History*

Hasil perhitungan durasi *time history* untuk menentukan seberapa lama saat terjadinya beban dinamis sebagai berikut:

$$t_{tot} = L_{tot}/a$$

$$= 0,01 \text{ detik}$$

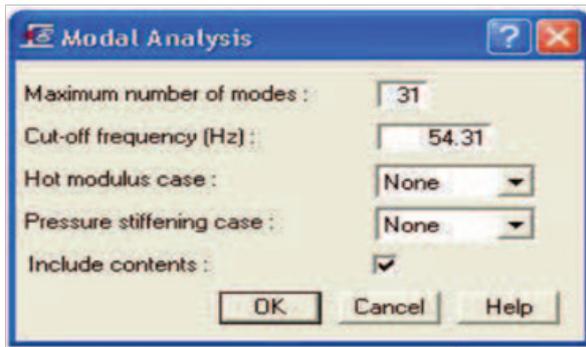
$$\text{Duration} = t_s + t_r + t_o + t_c$$

$$= t_s + (t_s + t_o) + (t_s + t_o + t_{tot}) +$$

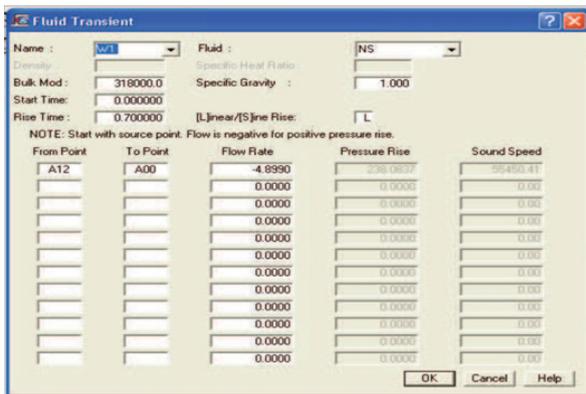
$$(t_s + t_r + t_{tot} + t_{end})$$

$$= 2,14 \text{ detik}$$

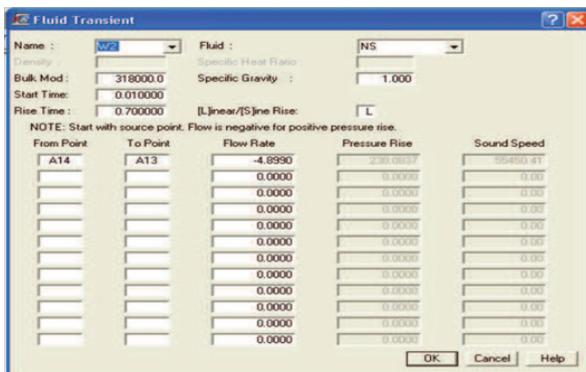
Pada gambar 4 menampilkan *input modal analysis* yang mana maksimum jumlah mode adalah 31 dengan nilai *cut off frequency* adalah 54,31Hz.



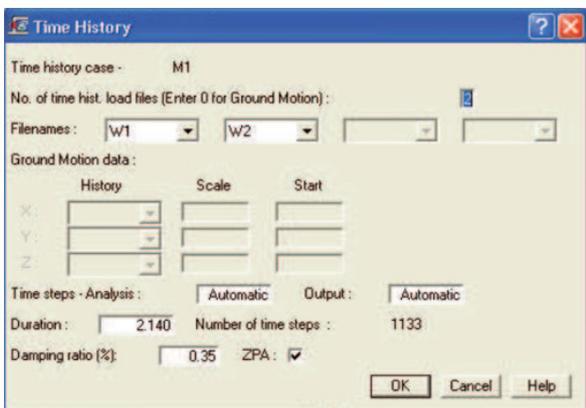
Gambar 4. Input Modal Analysis



Gambar 5. Input Fluid Transient W1



Gambar 6. Input Fluid Transient W2



Gambar 7. Input Time History

Pada gambar 5 dan 6 menampilkan menu input data fluid transient. W1 adalah suction line A00-A12. W2 adalah discharge line A13-A14. Fluid transient ini untuk menentukan load case water hammer. Pada gambar 7 menampilkan menu input metode time history. Gambar 7 menunjukkan time history case (M1) dengan durasi 2,14 detik sesuai perhitungan.

### 3.4 Hasil Simulasi Metode *Time History*

Penentuan frekuensi alami yang diijinkan mengacu pada DNV-RP-D101. Di dalam DNV-RP-D101 part 2.2.7.1 tentang *modal analysis*, nilai mode terkecil frekuensi alami suatu sistem perpipaan harus  $\geq 4-5$  Hz [20]. Setelah melakukan simulasi, pada tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat 19 *mode shape* untuk frekuensi alami pipa *blowdown*. Pada mode 1 sebagai mode dengan nilai frekuensi alami yang paling kecil. Nilai frekuensi alami pada mode 1 yaitu 1,75 Hz. Berdasarkan kriteria DNV-RP-D101 dinyatakan tidak memenuhi kriteria dikarenakan frekuensi alami pada mode terkecil kurang dari 4 Hz.

Tabel 3. Frekuensi alami pipa *blowdown*

Mode	Frekuensi (Hz)
1	1,75
2	2,47
3	3,40
4	6,38
5	7,55
6	8,50
7	9,90
8	9,96
9	10,47
10	13,93
11	20,46
12	21,08
13	26,08
14	27,91
15	30,26
16	36,60
17	36,99
18	50,76
19	52,58

Kode beban/load yang digunakan dalam simulasi adalah *load case* (W+M1). W yang

berarti akibat *dead load* dan M1 yang berarti akibat beban *time history*. Besarnya tegangan ijin pipa menurut ketentuan ASME B31.3 untuk material A106 Gr A dengan temperatur desain 338 F adalah 16000 psi. Tegangan ijin tersebut sebagai acuan untuk menyatakan apakah tegangan yang terjadi pada pipa masih dalam kondisi aman. Besarnya tegangan yang muncul dari hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tegangan pipa *blowdown*

Node	Total Stress (psi)	Tegangan yang diijinkan (psi)	Keterangan
A00	1465	16000	Diterima
A01	2647	16000	Diterima
A02	1609	16000	Diterima
A03	1728	16000	Diterima
A04	3201	16000	Diterima
A05	1661	16000	Diterima
A06	1730	16000	Diterima
A07	1741	16000	Diterima
A08	1932	16000	Diterima
A09	1524	16000	Diterima
A10	3670	16000	Diterima
A11	1773	16000	Diterima
A12	372	16000	Diterima
A13	405	16000	Diterima
A14	480	16000	Diterima

Hasil simulasi besarnya tegangan yang disajikan pada tabel 4, secara umum besarnya total tegangan yang terjadi pada semua *node* masih di bawah tegangan ijin ASME B31.3. Sehingga dapat dikatakan bahwa fenomena *water hammer* pada pipa *blowdown* ini tidak berdampak signifikan terhadap besarnya tegangan yang terjadi. Tegangan yang terbesar terjadi pada *node* A10. Total tegangan pipa meliputi tegangan longitudinal, tegangan geser, tegangan *hoop*.

Tabel 5. *Global Force and Global Moment (Load on Anchor & Hanger)*

Load Case	Node	Force (lb)			Moment (ft-lb)		
		x	y	z	x	y	z
Dead Load	A00	1	-31	1	17	-3	70
	A04	0	-72	0	0	0	0
	A07	0	-83	0	0	0	0
	A10	0	-96	0	0	0	0
	A14	-1	-74	-1	-1	-2	4
Time History	A00	4	4	3	9	11	12
	A04	0	0	0	0	0	0
	A07	0	0	0	0	0	0
	A10	0	0	0	0	0	0
	A14	2	5	3	22	8	11

Keterangan: *Anchor*  
*Hanger*

*Global Force* dan *Global Moment* pada semua *support* di pemodelan dan simulasi pipa *blowdown* ditunjukkan pada tabel 5. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa *force* pada nosel *vessel* (boiler) *node* A00 karena *load case time history* karena fenomena *water hammer* tidak berdampak signifikan.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian “Penerapan metode *time history* untuk fenomena *water hammer*” pada pipa *blowdown* yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Analisa Modal dilakukan dengan *input cut off frequency* sampai 54,31 Hz dan hasilnya 19 mode. Frekuensi alami pada range 1,75 Hz – 52,58 Hz dengan 19 mode tersebut.
- Nilai total tegangan pipa *blowdown* pada semua *node* masih di bawah tegangan yang diijinkan (16000 psi) sehingga masih memenuhi kriteria ASME B31.3.
- Pipa *blowdown* memiliki nilai frekuensi alami pada mode terkecil yaitu 1,75 Hz. Nilai frekuensi alami tersebut belum memenuhi kriteria DNV-RP-D101.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Wikipedia. (2018). *Water Hammer* on Wikipedia. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_hammer](https://en.wikipedia.org/wiki/Water_hammer).
- [2] Nabila, C., Mahardhika, P., & Arumsari, N. (2017). Analisa Tegangan Pipa Steam pada Jalur Interkoneksi Line 300-S2-B2A-4101H100PT. Petrokimia Gresik. *Conference Of Piping Engineering And Its Application (CPEAA)*, 1(1), 163-168.
- [3] Prastian, D., Husodo, A., & Mahardhika, P. (2017). DESAIN ALTERNATIF PIPA TRANSFER HIGH STEAM 16"-HS-2003-D22A-HS. *Conference Of Piping Engineering And Its Application (CPEAA)*, 1(1), 157-162.
- [4] Fuadi, M., Mahardhika, P., & Ariwiyono, N. (2017). Redesain Cryogenic Ethylene Pipe Dari Demethanizer Flux Drum Menuju Offgas Exchanger Terhadap Displacement (Studi Kasus di Capex Project). *Conference Of Piping Engineering And Its Application (CPEAA)*, 1(1), 117-122.
- [5] Papadopoulos, Anestis & Bayoumy, Ahmed. (2014). Time History Steam Hammer Analysis For Critical Hot Lines In Thermal Power Plants. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE). 4. 10.1115/IMECE2014-38076.
- [6] Mahardhika, P. (2017). PENENTUAN ALLOWABLE SPAN ANTAR PENYANGGA PIPA SLF BERDASARKAN TEGANGAN, DEFLEKSI, FREKUENSI ALAMI. *Jurnal IPTEK*, 21(2), 27-34.
- [7] Ripples Entex blog. (2015). *The Dangerous of Water Hammer and How to Prevent it*. [Online]. Available: <https://www.entexinc.com/the-dangers-of-water-hammer-and-how-to-prevent-it/>
- [8] Wu, Xiaonan and Lu, Hongfang. (2014). Stress Analysis of Reciprocating Pump Pipeline System in Oil Station. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, Vol. VI. ISSN 0975-7384.
- [9] Vauzia A., V., Husodo, A., & Mahardhika, P. (2017). Analisa Tegangan dan Frekuensi Alami pada Pipa Line 116OTH202-20040C10 di Plant Fatty Acid Fractionation Upgrade. *Conference Of Piping Engineering And Its Application (CPEAA)*, 1(1), 67-72.
- [10] W. C, Young and R. G, Budynas. (2002). Roak's Formulas for Stress and Strain 7th Edition. McGraw-Hill Companies Inc. New York.
- [11] Caepipe Users Manual Version 5.1. (2003) SST System Appendix E.
- [12] Hasan, M., Santoso, E., & Mahardhika, P. (2017). DESAIN EXPANSION LOOP PADA LINE 116SV203-150-16H20 FATY ACID DESTILATION PT.WILMAR NABATI INDONESIA. *Conference Of Piping Engineering And Its Application (CPEAA)*, 1(1), 31-36.
- [13] Chamsudi. (2005). *Diktat-Piping Stress Analysis*. PT. Rekayasa Industri.
- [14] Mahardhika, P., Julianto, E., Indartono, A., & Kusuma, G. (2018). Analisis Kenaikan Tekanan Fluida Terhadap Tegangan Dan Fleksibilitas Pipa Blowdown A106 Grade A Berdasarkan ASME B31.3. *TEKNIK*, 39(1), 67-77.
- [15] ASME. (2014). *ASME B31.3 Piping Process*. USA: American Society of Mechanical Engineering.
- [16] M. L, Nayyar. (2002). *Piping Handbook* 7th Edition. McGraw-Hill. New York.
- [17] AutoPipe. (2008). *Example Case System Water Hammer*. USA: Bentley.
- [18] Bathe, K.-J., Wilson, E. L., and Peterson, F. E. (1974). *SAP IV: a structural analysis program for static and dynamic response of linear systems*, Vol. 73. College of Engineering, University of California Berkeley.
- [19] Coade. (1992). *Pipe Stress Analysis*. USA: Coade Caesar II.
- [20] DNV-RP-D101. (2008). *Structural Analysis of Piping Systems*. Havik, Norway : s.n.

Halaman ini sengaja dikosogkan

## KOMUNIKASI DATA BLUETOOTH UNTUK PERANGKAT INFORMASI PERSEBARAN IKAN (PORTABLE VIRTUAL ASSISTANT) PADA KAPAL NELAYAN TRADISIONAL

Trio Andika Putra<sup>1</sup>, Afif Zuhri Arfianto<sup>2\*</sup>, Mohammad Basuki Rahmat<sup>3</sup>,  
Muhammad Khoirul Hasin<sup>4</sup>, Dian Asa Utari<sup>5</sup>, Muhamad Nasir<sup>6</sup>, Dody Hidayat<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

<sup>5</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

<sup>6</sup>Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Negeri

<sup>7</sup>D3 Manajemen Informatika Universitas Harapan Medan

email: afif@ppns.ac.id

diterima tanggal : 9 September 2018 disetujui tanggal : 13 November 2018

### **Abstrak**

Informasi mengenai data persebaran ikan merupakan informasi yang sangat berguna untuk nelayan dalam menemukan lokasi persebaran ikan. Informasi tersebut dikeluarkan oleh Balai Riset dan Observasi Laut dari kementerian Kelautan yang berupa data lokasi latitude dan longitude. Layanan ini berupa peta digital, peta tersebut kita kenal dengan Peta Perkiraan Daerah Penangkapan Ikan (PPDPI). Pada kenyataannya masih banyak nelayan yang kurang memanfaatkan informasi tersebut yang menyebabkan hasil tangkap ikan oleh nelayan kurang maksimal. Penelitian ini membuat prototipe perangkat portabel navigasi untuk menemukan lokasi sebaran ikan. Prototipe bekerja berdasarkan data informasi yang berupa data latitude dan longitude dari Balai Riset dan Observasi Laut. Dengan memasukan data persebaran ikan maka jarak lokasi dan arah lokasi target dapat diketahui. Data informasi dapat dimasukkan kedalam prototipe navigasi dengan menggunakan komunikasi bluetooth yang kemudian data tersebut diolah oleh mikrokontroler. Sensor yang digunakan dalam perangkat adalah sensor GPS dan sensor kompas. Hasil penelitian didapatkan prototipe navigasi dapat menghitung jarak lokasi tujuan terhadap lokasi awal dengan tingkat error sebesar 0,59% dan pengukuran sudut target lokasi tujuan dengan tingkat error sebesar 0,97%.

**Kata Kunci:** Data lokasi persebaran ikan, Jarak lokasi target, Sudut target, Modul Bluetooth Arduino

### **Abstract**

Data on the distribution of fish is very useful for fishermen in locating fish. The data is issued by the Marine Research and Observation Center of the Ministry of Maritime Affairs and Fishery. It provides information about latitude and longitude location in the form of a digital map, the so-called Map of the Estimated Area of Fishing (PPDPI). In fact, many fishermen do not use the information which results in nonoptimal fishing. In this research, the researcher makes a prototype of a portable virtual assistant to find the location of fish. The prototype works by receiving data on fish distribution in the form of latitude and longitude, from the Marine Research and Observation Center. By entering the fish distribution data, the location and direction of the target location can be found. The data is transmitted to the portable virtual assistant by using bluetooth and then processed by the microcontroller. The sensors used in the device are GPS sensor and compass sensor. The result shows that the portable virtual assistant can calculate the distance to the target location with a error rate of 0,59%, and the target angle with a error rate of 0,97%.

**Kata Kunci:** Fish distribution data, Target location distance, Target angle, Arduino Bluetooth Module

---

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki wilayah perairan khususnya wilayah laut lebih luas dari pada wilayah daratannya. Luas wilayah laut Indonesia mencapai 2/3 dari total luas wilayah Indonesia dengan potensi sumber daya laut mencapai 6,1 ton pertahun dan dimanfaatkan sekitar 57% [1].

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Propinsi Jawa Timur menyatakan bahwa perikanan tangkap pada tahun 2015– 2016 mengalami penurunan yaitu pada tahun 2015 perikanan tangkap sebesar 403256,90 ton menjadi 390269. 30 ton pada tahun 2016 [2].

Faktor yang menyebabkannya hasil penangkapan ikan menurun adalah kegiatan yang dilakukan nelayan masih tradisional yaitu berdasarkan pengalaman dan informasi dari nelayan lainnya dimana kondisi persebaran ikan setiap waktunya berubah. Salah satu faktor yang menyebabkan persebaran ikan berubah adalah faktor oseanografi. Faktor oseanografi merupakan faktor yang mempengaruhi kondisi fisiologi dari ikan yang menyebabkan ikan berpindah tempat yang disesuaikan dengan kondisi fisiologinya sehingga dilakukan penelitian mengenai penggunaan metode SIG (Sistem Informasi Geografi) dalam menentukan posisi potensial dalam melakukan penangkapan ikan dengan tampilan menggunakan komputer [3].

Pada umumnya sistem komunikasi di laut menggunakan sistem komunikasi satelit. Namun untuk menyelenggarakan sistem komunikasi satelit pada nelayan tradisional tidaklah mudah, kendala paling utama adalah biaya infrastruktur dan operasional yang mahal. Maka pengembangan teknologi untuk nelayan tradisional telah dilakukan dengan teknologi VMeS (Vessel Messaging Service). Teknologi VMeS menggunakan radio frekuensi HF dan VHF. Penggunaan teknologi VMeS diintegrasikan dengan jaringan IP (internet protocol) dan aplikasinya bisa berupa website dan teknologi Short Message Service (SMS) pada jaringan seluler GSM [5]-[8].

Bersamaan dengan hal tersebut, untuk mengembangkan penelitian sebelumnya dirancang sebuah peralatan yaitu prototipe perangkat portabel navigasi untuk menemukan lokasi sebaran ikan.

Prototipe ini bekerja berdasarkan data lokasi persebaran ikan yang didapat dari Balai Riset dan Observasi Laut dari kementerian Kelautan dan Perikanan yang selalu diperbarui setiap tiga hari sekali yang nantinya digunakan sebagai data masukan untuk prototipe.

Sistem kerja dari prototipe yaitu menemukan lokasi persebaran ikan berdasarkan beberapa data lokasi persebaran ikan yang merupakan data yang sudah matang tanpa dilakukan pengolahan yang digunakan sebagai perhitungan jarak dan sudut target lokasi persebaran ikan dengan menggunakan data pembacaan GPS (Global Position System) prototipe yang ada pada nelayan. Untuk memudahkan nelayan dalam menemukan lokasi persebaran ikan, prototipe navigasi dilengkapi dengan petunjuk arah yaitu menggunakan sensor kompas. Komunikasi data yang digunakan untuk memindahkan data persebaran ikan dari komputer ke perangkat dilakukan secara manual menggunakan SD card dan komunikasi bluetooth, sehingga data lokasi sebaran ikan dapat disimpan dalam perangkat

## 2. METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk prototipe perangkat portabel navigasi untuk menemukan lokasi sebaran ikan sehingga dalam metode penelitian ini dijelaskan mengenai perancangan perangkat secara hardware dan secara software.

### A. Perancangan Hardware

Perancangan hardware menjelaskan mengenai komponen yang dibutuhkan untuk membangun prototipe navigasi. Komponen yang dibutuhkan meliputi:

#### 1. Arduino mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan board mikrokontroler berbasis ATmega yang memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer.

#### 2. Modul SD Card

Modul Sd card merupakan modul yang digunakan untuk membaca data yang ada didalam Sd card.

#### 3. Sensor GPS Ublox neo-7M

GPS Ublox neo-7M merupakan Modul GPS

ini memiliki fitur tinggi sebagai mesin penentu titik lokasi atau posisi.

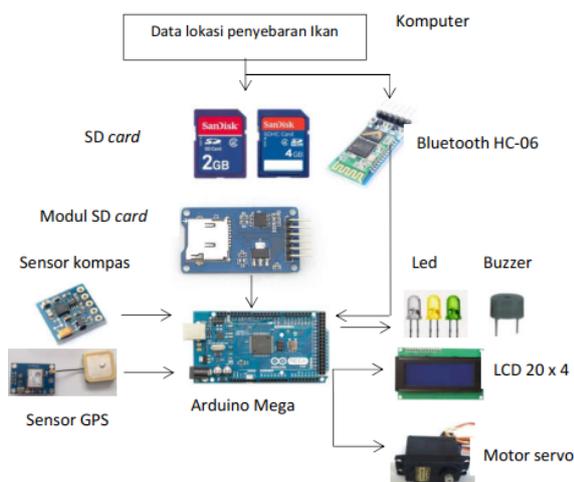
4. Sensor kompas hmc5883l gy-271

Sensor kompas ini bersifat anisotropik atau memiliki karakteristik berbeda pada arah yang berbeda yang memiliki presisi dan sensitivitas tinggi, serta menghasilkan keluaran yang linier dari perubahan sudut orientasi terhadap sumbu sumbunya.

5. Modul bluetooth HC-06

Komponen komunikasi nirkabel yang dapat menghemat penggunaan kabel pada saat komunikasi data dengan arduino.

Perancangan hardware ditunjukkan pada Gambar 1. Selain itu pada perancangan hardware disajikan Gambar 2 yang menunjukkan komponen dari perancangan hardware dirangkai menjadi sebuah perangkat portabel navigasi untuk menemukan lokasi sebaran ikan



Gambar 1. Perancangan Hardware



Gambar 2. Prototipe PVA

## B. Perancangan Software

Perancangan software menjelaskan sistem kerja prototipe navigasi yang dibagi menjadi dua kondisi yaitu kondisi sistem kerja perangkat penggunaan di darat dan sistem kerja perangkat penggunaan di laut.

Sistem kerja prototipe navigasi yang ada di darat yaitu data persebaran ikan dalam format text (\*.txt) yang berisi data koordinat latitude dan longitude lokasi sebaran ikan yang berjumlah sepuluh data lokasi persebaran ikan dikirim dari komputer ke prototipe navigasi dengan menggunakan bluetooth. Setelah data terkirim ke prototipe navigasi, maka beberapa data lokasi persebaran ikan tersimpan di prototipe. Pada penelitian lain juga telah dikembangkan mekanisme untuk membaca peta digital yang format gambar ( berektensi file jpg) ke dalam format text dengan melakukan ekstraksi data citra [9].

Sistem kerja prototipe navigasi di laut yaitu menggunakan data persebaran ikan. Pada saat prototipe navigasi diaktifkan sensor gps, sensor kompas, dan penunjuk sudut akan aktif. Selanjutnya perhitungan jarak lokasi persebaran ikan dengan memanfaatkan data persebaran ikan yang tersimpan pada prototipe navigasi yang berupa data koordinat latitude dan longitude. Data lokasi persebaran ikan dibandingkan dengan data posisi dari sensor gps yang ada di prototipe navigasi sehingga diperoleh nilai jarak antara kedua titik koordinat tersebut. Jarak dari beberapa titik lokasi persebaran ikan tersebut akan diproses untuk mendapatkan jarak terdekat atau titik target dengan posisi nelayan dengan cara membandingkan hasil perhitungan setiap jarak lokasi dengan lokasi lainnya atau menggunakan konsep sorting.

Untuk mendapatkan jarak posisi kapal dan titik persebaran ikan, penelitian sebelumnya telah diterapkan dalam perangkat informasi batas wilayah. Sebagian besar kapal-kapal nelayan tradisional tersebut tidak dilengkapi dengan alat navigasi yang memadai. Sehingga perlu perangkat yang dapat memberikan informasi dini kepada jika telah mendekati batas zona perairan negara lain. Prototipe dibuat dengan menggunakan Arduino Mega 2560 / Arduino Uno dan GPS Neo-6M. Modul GPS Neo 6M digunakan sebagai penentuan

lokasi posisi kapal kapal, posisi kapal latitude (x) dan longitude (y). Konsep penentuan lokasi dengan menghitung lokasi persebaran dengan lokasi kapal nelayan. Kemudian titik-titik pada garis perbatasan garis, data latitude (xi) dan longitude (yi) diinputkan terlebih dahulu dalam mikrokontroller. Mikrokontroller menghitung jarak posisi kapal dengan titik-titik pada garis perbatasan [10].

Selanjutnya perhitungan sudut target berdasarkan lokasi yang menjadi titik target dengan arah utara sebagai acuan untuk menentukan besar sudut target. Hasil perhitungan sudut target akan dibandingkan dengan pembacaan sensor kompas sehingga dari perbandingan tersebut didapatkan hasil yaitu selisih antara sudut pembacaan sensor terhadap sudut target lokasi. Apabila selisih antara pembacaan sensor terhadap sudut menunjukkan angka nol, maka dapat diketahui bahwa arah sesuai dengan target dan penunjuk sudut menunjukkan angka nol derajat. Jika terdapat selisih antara kedua sudut tersebut, maka nilai selisih akan ditampilkan pada LCD 20x4 dan penunjuk sudut tidak menunjukkan angka nol. Untuk mengetahui bahwa posisi sudah mendekati lokasi persebaran ikan tersebut maka dilengkapi dengan LED dan buzzer. Apabila jarak kurang dari 50 meter dan lebih dari sama dengan 30 meter maka LED merah akan menyala, jika jarak kurang dari 20 meter dan lebih dari sama dengan 10 meter maka LED kuning akan menyala, dan jika jarak kurang dari 10 meter maka LED hijau akan menyala disertai bunyi buzzer.

### 3. PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan di pantai kenjeran Surabaya, dengan sistem pengujian pengukuran jarak dimulai dari tepi pantai menuju lokasi ikan. Pengujian ini tanpa mempertimbangkan faktor alam yang mencakup cuaca, kecepatan angin dan tinggi gelombang. Data lokasi sebaran ikan yang digunakan sebanyak lima data yang berbeda-beda. Kapal nelayan yang digunakan memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Kapal Nelayan.

Panjang	7.5 meter
Lebar	1.5 meter
Tinggi	3.0 meter
Mesin	Motor Bakar 9 PK
Bahan Bakar	Premium
Kecepatan	33.223 Knot

Berdasarkan hasil pengujian, dilakukan analisis mengenai kinerja dari prototipe navigasi sebagai berikut.

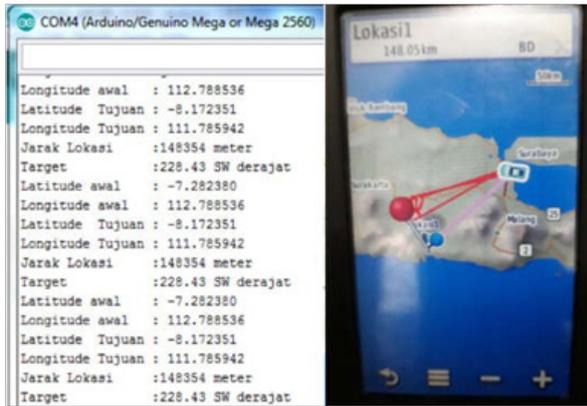
#### 3.1 Pengujian Jarak Posisi

Pengujian jarak posisi terhadap target bertujuan untuk mengetahui ketelitian pengukuran pembacaan jarak pada perangkat sehingga diperlukan data perbandingan yang berupa data pengukuran jarak menggunakan perangkat garmin GPS. Dalam pengujian ini titik lokasi yang dijadikan pengujian sebanyak sepuluh titik lokasi sehingga jarak yang akan digunakan sebagai data pengujian sebanyak sepuluh data jarak pengukuran. Pengambilan sepuluh data untuk pengukuran jarak lokasi posisi terhadap target ini disesuaikan dengan data masukan perangkat. Selain itu tujuan dari pengujian sebanyak sepuluh data pengukuran jarak lokasi ini bertujuan untuk meningkatkan kevalidan dari data pengujian tersebut. Hasil pengujian jarak dapat dilihat pada Tabel2.

Tabel2. Pengukuran Jarak Posisi Terhadap Lokasi Tujuan.

TitikTarget (Waypoint)		Perangkat			Garmin GPS	Error (%)
Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Jarak (meter)	Jarak (meter)	
-8.172351	111.785942	-7.282380	112.788536	148354	148050	0.205336
-6.024184	106.948020	-7.282393	112.788467	660221	660200	0.003181
-7.278395	112.793975	-7.282406	112.793975	756	745	1.476510
-7.285490	112.784927	-7.282240	112.788482	533	526	1.330798
-7.282535	112.788040	-7.282378	112.788490	52	53	1.886792
-7.172104	112.678024	-7.282396	112.788543	17297	17300	0.017341
-7.355164	112.773193	-7.282387	112.788497	8268	8280	0.144928
-8.109405	111.908798	-7.282389	112.788528	133656	133430	0.169377
-7.949369	112.616844	-7.282389	112.788528	76561	76160	0.526523
-8.064597	111.900428	-7.282372	112.788528	130969	130710	0.198149
Rata-rata Error(%)						0.595894

Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa pengujian perhitungan jarak menggunakan perangkat yang dibandingkan dengan menggunakan garmin GPS dihasilkan nilai ketelitian dari pembacaan jarak dengan menggunakan perangkat sebesar 0.595894% atau tingkat keberhasilan perhitungan jarak sebesar 99.40%.



Gambar 3. Pengukuran Jarak dengan Perangkat dan Garmin GPS

### 3.2 Pengujian Perhitungan Sudut Terhadap Target

Pengujian sudut target merupakan pengujian perhitungan sudut antara dua titik koordinat. Perhitungan sudut dua titik koordinat yang dimaksud adalah sudut antara titik posisi dengan titik lokasi tujuan terhadap arah utara. Tujuan dari pengujian sudut target ini adalah untuk mengetahui nilai ketelitian perhitungan sudut target pada perangkat. Sehingga untuk mengetahui ini laiketelitian dari perhitungan sudut target oleh perangkat dibutuhkan data pembanding. Data pembanding yang dimaksud adalah data yang diperoleh dari perhitungan secara teori. Rumus perhitungan secara teori sudut target dapat dilihat pada Gambar 4.

Sumbu Y atau garis latitude sebagai titik 0 derajat. Sumbu X atau garis longitude sebagai titik 90 derajat Sehingga didapatkan rumus:

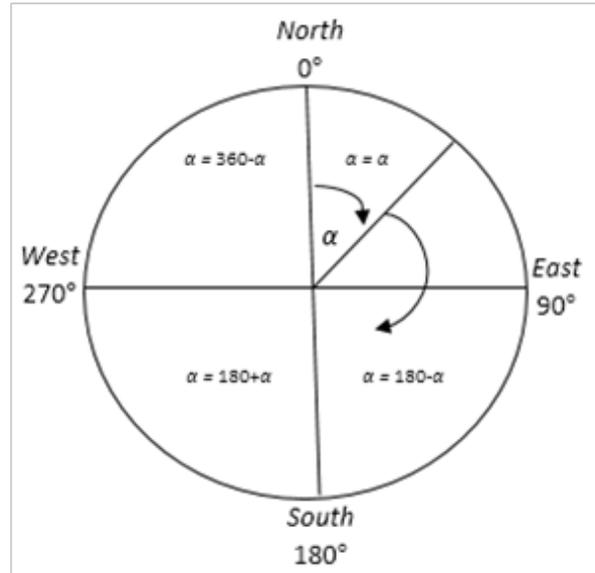
$$\tan \alpha = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

$\Delta X$  = Titik *longitude*

$\Delta Y$  = Titik *latitude*

$\alpha$  = Besar sudut target



Gambar 4. Pembagian Kuadran Sudut Target.

Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa dalam pembagian kuadran sudut, untuk arah *North East* (NE) yaitu  $\alpha = \alpha$  dengan nilai  $\Delta X =$  positif dan  $\Delta Y =$  positif, untuk arah *South East* (SE) yaitu  $\alpha = 180 - \alpha$  dengan nilai  $\Delta X =$  positif dan  $\Delta Y =$  negatif, *South West* (SW) yaitu  $\alpha = 180 + \alpha$  dengan nilai  $\Delta X =$  negatif dan  $\Delta Y =$  negatif, dan *North West* (NW) yaitu  $\alpha = 360 - \alpha$  dengan nilai  $\Delta X =$  negatif dan  $\Delta Y =$  positif. Sehingga hasil perbandingan antara perhitungan sudut target secara teori dan pengukuran dengan perangkat, dapat dilihat pada Tabel 3.

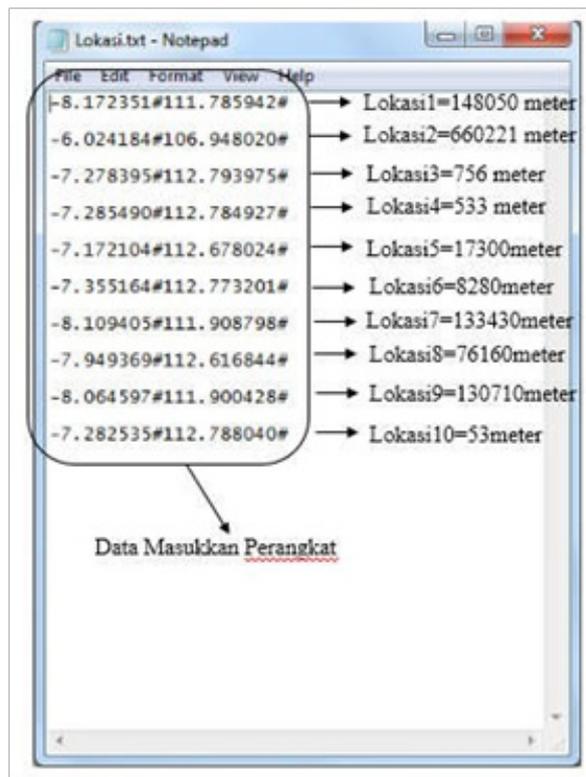
Tabel 3. Hasil Perhitungan Sudut Target.

Titik Target (Waypoint)		Perangkat			Perhitungan		Error (%)
Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Sudut Target (Derajat)	Sudut Target (Derajat)		
-8.172351	111.785942	-7.282380	112.788536	228.4300	228.4301	0.000044	
-6.024184	106.948020	-7.282363	112.788558	282.1200	282.1175	0.000886	
-7.278395	112.793975	-7.282363	112.788551	53.84000	53.83946	0.001003	
-7.285490	112.784927	-7.282318	112.788497	228.4100	228.4030	0.003065	
-7.282535	112.788040	-7.28231	112.788589	247.8000	247.7488	0.020666	
-7.172104	112.678024	-7.728237	112.788475	314.9300	348.7612	9.700391	
-7.355164	112.773193	-7.282367	112.788513	191.8900	191.8904	0.000208	
-8.109405	111.908798	-7.282273	112.788597	226.7900	226.7910	0.000441	
-7.949369	112.616844	-7.282338	112.788566	194.4400	194.4442	0.002160	
-8.064597	111.900428	-7.282414	112.788421	228.6500	228.6497	0.000131	
Rata-rata Error (%)							0.972900

Tabel 3 dapat dijelaskan bahwa data lokasi yang digunakan sebagai data pengujian sebanyak sepuluh data lokasi. Kondisi ini disesuaikan dengan data masukan atau data input pada perangkat. Hasil pengujian perhitungan sudut target dengan data sebanyak sepuluh data lokasi yang berbeda – beda dapat diketahui bahwa nilai kesalahan pengukuran sebesar 0.972900% atau nilai ketelitian dari perhitungan sudut target pada perangkat sebesar 99.027%.

Selanjutnya merupakan hasil pengujian perangkat dengan data masukan sebanyak sepuluh data lokasi yang tersimpan dalam perangkat yang nantinya digunakan sebagai data perhingan jarak dan sudut target. Data masukan pada perangkat dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa data yang dimasukkan kedalam perangkat merupakan data lokasi yang berisi koordinat latitude dan longitude yang berjumlah sepuluh data lokasi dan tersimpan dalam bentuk file txt. Gambar 5 juga menjelaskan bahwa dari sepuluh lokasi memiliki jarak yang berbeda-beda yang nantinya digunakan sebagai



Gambar 5. Data masukan perangkat.

data perbandingan untuk menunjukkan bahwa perangkat dapat menentukan lokasi terdekat dari sepuluh data lokasi terhadap posisi perangkat. Selanjutnya hasil pengujian pembacaan lokasi terdekat dari posisi perangkat yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa perangkat dapat menunjukkan jarak lokasi terdekat dari posisi perangkat berdasarkan data masukan pada Gambar 5. Perangkat menunjukkan jarak lokasi yang terdekat adalah lokasi 10 dengan jarak 34 meter yang ditandai dengan indikator LED merah menyala dan penunjuk sudut yang tidak menunjukkan angka nol karena selisih antara pembacaan sensor kompas dan sudut target sebesar 62.15 derajat yang artinya tidak sesuai dengan arah target. Kondisi indikator LED merah menyala dikarenakan pengaturan nilai dari indikator dimana jarak kurang dari 50 meter dan lebih dari sama dengan 30 meter LED merah akan menyala. Selanjutnya bergerak menuju lokasi target dengan jarak terhadap target yaitu 20 meter yang dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa jarak antara posisi perangkat terhadap lokasi target yaitu 20 meter yang menyebabkan indikator LED kuning menyala. Kondisi ini dikarenakan indikator LED kuning akan menyala jika nilai dari jarak kurang dari 30 meter dan lebih dari sama dengan 20 meter. Penunjuk sudut akan berubah mengikuti perubahan selisih dari pembacaan sensor kompas terhadap sudut target. Selisih antara pembacaan sensor kompas terhadap sudut target sebesar 50.35 derajat yang menyebabkan penunjuk sudut tidak menunjukkan angka nol yang artinya tidak sesuai dengan arah target. Selanjutnya kondisi jarak antara posisi perangkat terhadap lokasi target kurang dari 10 meter yang menyebabkan lampu indikator LED hijau dan buzzer menyala. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 8. Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa pembacaan jarak lokasi posisi perangkat terhadap lokasi target adalah 6 meter yang menyebabkan penunjuk sudut menunjukkan angka nol yang artinya sesuai dengan arah target.



Gambar 6. Tampilan Perangkat dalam Menentukan dan Mengukur Jarak dan Sudut Target.



Gambar 7. Tampilan Perangkat Perubahan Nilai Pengukuran Jarak dan Sudut Target.



Gambar 8. Tampilan Perangkat yang Mencapai Lokasi Target.

#### 4. KESIMPULAN

1. Prototipe ini menentukan lokasi persebaran ikan dengan menghitung jarak lokasi tujuan (daerah persebaran ikan) dengan lokasi posisi kapal dengan error sebesar 0,64%.

2. Dalam menentukan lokasi selain menghitung jarak juga menghitung sudut. Sudut antara lokasi posisi kapal dengan lokasi persebaran ikan. Perangkat dalam menghitung sudut memiliki rata-rata error sebesar 0.99%.
3. Sistem pengiriman data latitude dan data longitude dari komputer ke prototipe navigasi dengan menggunakan komunikasi bluetooth dapat berjalan dengan tingkat keberhasilan sebesar 99.99% untuk data latitude dan 99.98% untuk data longitude pada jarak maksimal 40 meter dengan waktu pengiriman 4.4 detik dengan kondisi tanpa halangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mardhatillah, Nisa, dkk. 2016. Sistem Informasi Zona Potensi Penangkapan Ikan GIS Di Daerah Perairan Sulawesi. prosiding seminar teknik elektro & Informatika SNTTEI 2016. 3 November 2016. Makasar.
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. 2017. Produksi Perikanan Tangkap Menurut Kabupaten/ Kota dan Subsector di Provinsi Jawa Timur (Ton), 2015 dan 2016. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2017/06/15/526/produksi-perikanan-tangkap-menurut-kabupaten-kota-dan-subsektor-di-provinsi-jawa-timur-ton-2015-dan-2016-.html>.
- [3] Suhartono, dkk. 2013. Identifikasi Dan Prediksi Daerah Penangkapan Ikan Kembang (Rastrelliger Spp) di Perairan Kabupaten Pangkep. Vol.2 No.2 Hal 55-65. Unpatti, Ambon.
- [4] Retnowati, dkk. 2015. Pengendalian Suhu Kelembapan Ruang Ekstraksi Metode Maserasi Minyak Atsiri Melati Kontroler PID Berbasis Arduino Mega. Malang: Universitas Brawijaya.
- [5] Arfianto, A. Z., & Affandi, A. (2010). Rancang Bangun Layanan Website Interaktif Pada Sistem Komunikasi Vessel Messaging System (VMeS). Bachelor Thesis, Surabaya Institute of Technology, Surabaya, Indonesia
- [6] Imantaka, A., & Affandi, A. (2010). Rancang Bangun Layanan SMS Pada Teknologi Vmes (Vessel Messaging System) Untuk Sistem

- Komunikasi Kapal Laut. JTE-FTI, ITS.
- [7] Andhika, F., Pitana, T., & Affandi, A. (2012). Protokol Interchangeable Data pada VMeS (Vessel Messaging System) dan AIS (Automatic Identification System). *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), A53-A56.
- [8] Ardita, M., & Affandi, A. (2010). Perancangan Terminal Komunikasi Data Terintegrasi untuk Jaringan Ad Hoc Vessel Messaging System (VMeS) (Doctoral dissertation, Tesis S2 ITS).
- [9] Hasin, M. K., Rinanto, N., Arfianto, A. Z., Utari, D. A., & Sa'diyah, A. (2018). Ekstrasi Data Citra Koordinat Bumi Pada Peta Digital Pesebaran Ikan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(6), 717-722
- [10] Arfianto, A. Z., Rahmat, M. B., Setiyoko, A. S., Handoko, C. R., Hasin, M. K., Utari, D. A., ... & Aminudin, A. (2018). PERANGKAT INFORMASI DINI BATAS WILAYAH PERAIRAN INDONESIA UNTUK NELAYAN TRADISIONAL BERBASIS ARDUINO DAN MODUL GPS NEO-6M. *Joutica*, 3(2), 163-167.