



Volume 1 | No. 1 | Mei 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., MRINA
(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 1 - Mei 2018

PERANCANGAN KAPAL WISATA DANAU DENGAN SISTEM PENGGERAK PADDLE WHEEL DAN BATERAI (ACCU) SEBAGAI SUMBER ENERGI Sudiyono	1
IMPLEMENTASI ISM CODE PADA KAPAL KAPAL DIPELABUHAN TANJUNG PERAK Anak Agung Istri Sri Wahyuni	11
POTENSI RUMPUT LAUT GRACILARIA SP SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) Aminatus Sa'diyah	25
PENERAPAN FACTOR ANALYSIS UNTUK MEREDUKSI VARIABEL SEKTOR PERIKANAN KABUPATEN/KOTA DI JAWA TIMUR Farizi Rachman	31
ANALISIS PELAPISAN TEMBAGA TERHADAP LAJU KOROSI DAN STRUKTUR MIKRO GREY CAST IRON Fitri Hardiyanti	37
ANALISA KOROSI NAFTANIK PADA TAINLESS STEEL UNTUK PERALATAN HYDROTREATING Mukhlis	43

PERANCANGAN KAPAL WISATA DANAU DENGAN SISTEM PENGGERAK PADDLE WHEEL DAN BATERAI (ACCU) SEBAGAI SUMBER ENERGI

Sudiyono^{1*}, Subagio So'im¹, Afif Zuhri Arfianto²

¹Jurusan Teknik Permesinan Kapal

²Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

email: sudiyono2000@yahoo.com

diterima tanggal : 14 Februari 2018 disetujui tanggal : 10 Mei 2018

Abstrak

Pengembangan kepariwisataan tidak bisa dipisahkan dengan fasilitas wisata yang tersedia. Karena dalam setiap aktivitas wisata yang dilakukan oleh wisatawan membutuhkan akomodasi, makan dan minum, informasi, dan rekreasi air danau sendiri. Rekreasi air danau bisa dilakukan mulai dari melihat – lihat air danau, mandi dan bila dilengkapi sarana untuk mengelilingi danau dengan perahu/ kapal sangatlah lebih menarik.

Dengan dikembangkannya pariwisata danau, akan muncul beberapa fasilitas yang diperlukan antara lain kapal wisata untuk berkeliling danau. Perancangan kapal wisata danau dengan penggerak paddle wheel dan baterai / accu sebagai sumber energi menjadi salah satu usaha yang bisa dilakukan, karena akan rendah polusi dan rendah kebisingan sehingga wisatawan benar – benar akan menikmati pemandangan alam danau tanpa terganggu oleh hal tersebut.

Perancangan kapal wisata ini menghasilkan ukuran utama kapal yaitu Lpp : 3.10 m, B:1,30 m, H : 0,8 m, T: 0,35 m dan Vs : 3 knot. Dengan sudah dibuatkan rancangan garis (Linesplan) dan rencana umum (General arrangement) akan mempermudah dalam menentukan tahanan dan sistem propulsinya. Penggerak paddle wheel berputar 250 rpm, berdiameter 540 mm dengan jumlah daun 8 buah dan motor DC 2500 rpm 0,5 HP sehingga memerlukan perbandingan roda gigi 1 : 25 sudah mampu menggerakkan kapal dengan kecepatan 3 knot dengan jumlah muatan 5 orang.

Kata kunci : Danau, paddle wheel, motor DC, kapal wisata.

Abstract

Improvement water tourism depend on facilities because that every activity to do by tourist need transports, information and water lake tourism. The water lake tourism can be interested for tourist because the tourist look water lake, in order complete facilities to around lake so that need ship tourism.

Increased lake tourism, it will appear many facilities that needed ship tourism to around lake. Design lake tourism ship with mover paddle wheel and battery as energy source one of alternative, because low pollution and low noising so the tourism will enjoy vista nature without disturbed by it another.

The result design tour ship prime standard is that Lpp : 3.10 m, B:1,30 m, H: 0,8m, T:0,35 m and Vs : 3 knot. It has made lines plan and general arrangement will facilitate in determine power and propulsion system. Mover paddle wheel circle 250 rpm, 540 mm diameter with blade quantity and motor DC 2500 rpm 0,5 HP until require ratio gear wheel 1: 25 mover able ship with speed 3 knot for capacity five people.

Keyword: Lake, paddle wheel, DC machine, ship tourism.

1. PENDAHULUAN

Pariwisata pada abad ke-21, menjadi salah satu kegiatan yang membentuk percepatan globalisasi dimana terjadi pertukaran pengalaman dan usaha untuk memahami kebudayaan yang berbeda [1]. Pariwisata menciptakan sebuah gejala baru yang mencari nuansa baru kembali pada nilai-nilai tradisi. Fenomena ini mempertunjukkan keinginan tahunan terhadap identitas atau jati diri. Konsep pariwisata, pada sisi lain merupakan kesadaran modern dan dinamik. Kedinamikan berlaku karena interaksi dengan warisan budaya seringkali menghasilkan tafsiran ulang terhadap apa yang terjadi sebelumnya. Situasi demikian, menciptakan suatu pemikiran bahwa hubungan antara warisan budaya dengan pariwisata terjadi pertentangan masyarakat tradisi dengan masyarakat modern. Untuk itu, diperlukan suatu konsep yang boleh menyelesaikan pertentangan tersebut. Salah satu daripada konsep tersebut adalah dengan cara mengemas warisan budaya yang dijadikan sebagai daya tarik, disajikan kepada para pariwisata. Pariwisata mengalami perubahan besar dengan beberapa indikator penilaian, antara lain: *Pertama*, organisasi industri pariwisata tumbuh secara cepat ke seluruh penjuru dunia dan bekerjasama secara multinasional secara vertikal dan horizontal. Terutama pada penjualan paket liburan terjadi kerjasama yang melibatkan semua jasa dalam penjualan paket pariwisata, mulai daripada penjual eceran, toko, transportasi, hotel, dan tempat hiburan malam. *Kedua*, teknologi pariwisata yang modern yang direkayasa dengan inovasi dan kreativitas bersifat future. Teknologi transportasi menembus seluruh penjuru dunia, tidak ada satu kawasan yang tidak boleh ditembus teknologi tersebut. Jenis transportasi pesawat jet dirancang dalam ukuran besar dan kecepatan yang tinggi memegang peranan penting dalam menciptakan perjalanan jauh sebagai paket liburan. *Ketiga*, perubahan alam lingkungan pada masa yang akan datang. Sebuah tulisan mengenai pariwisata budaya menyebutkan bahwa pada akhir tahun 1970-an. Semula, para pakar pemasaran dan peneliti kepariwisataan menjumpai adanya orang atau sekelompok orang yang melakukan perjalanan semata-mata hanya untuk memahami secara mendalam obyek atau peristiwa budaya di suatu tempat tertentu. Hingga saat ini pariwisata di

Indonesia belum berjalan optimal, padahal aspek ini sangat berpengaruh terhadap peningkatan pendapatan masyarakat terutama pendapatan asli daerah. Indonesia sebagai negara yang memiliki kekayaan alam mempergunakan kekayaannya sebagai objek untuk mendatangkan devisa melalui pariwisata alam [2].

Selain itu, efisiensi energi menjadi hal penting untuk dibahas. Tren teknologi saat ini, *Internet of Things* juga telah digunakan untuk untuk efisiensi energi dengan sumber *hybrid* [3] Pengembangan kepariwisataan tidak bisa dipisahkan dengan fasilitas wisata yang tersedia. Karena dalam setiap aktivitas wisata yang dilakukan oleh wisatawan membutuhkan akomodasi, makan dan minum, informasi, dan rekreasi air danau sendiri. Rekreasi air danau bisa dilakukan mulai dari melihat – lihat air danau, mandi dan bila dilengkapi sarana untuk mengelilingi danau dengan perahu/kapal sangatlah lebih menarik. Hal ini oleh pemerintah Propinsi Jawa Timur sedang digalakan, sehingga beberapa daerah telah dilengkapi dengan sarana fasilitas kapal wisata danau ini.

2. METODE PENELITIAN

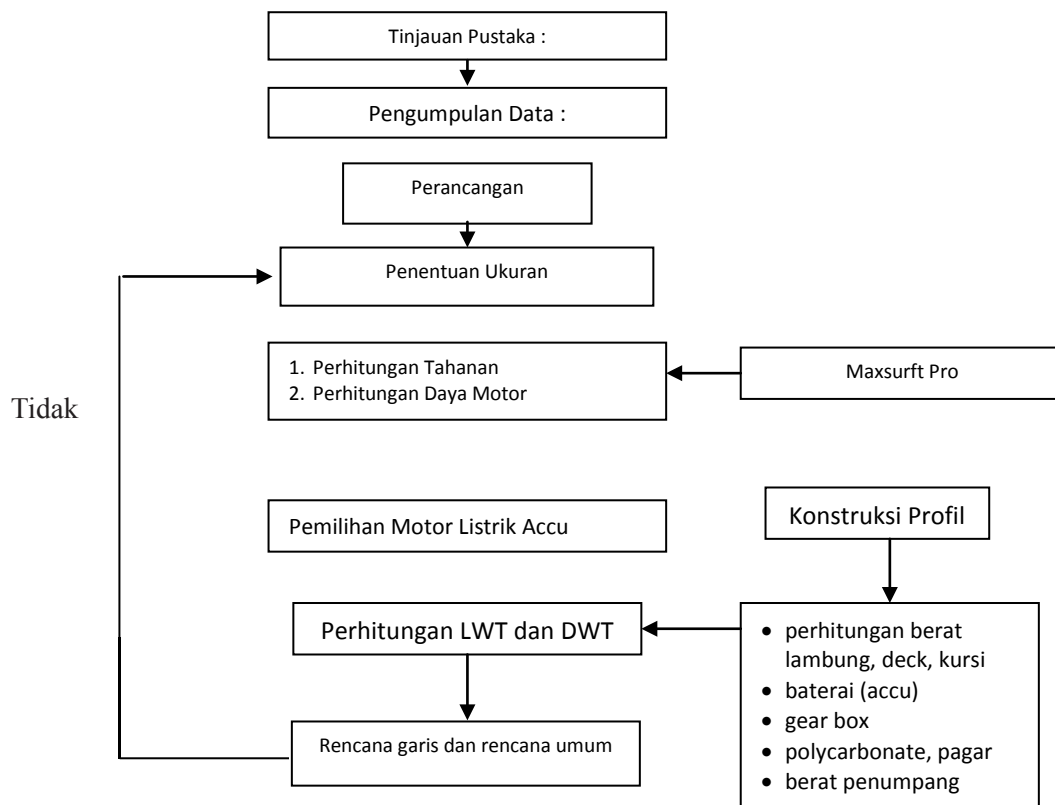
2.1. Perancangan Kapal

Penentuan ukuran utama kapal, perhitungan hidrostatik, tahanan, daya motor Pemilihan motor, pemilihan jenis paddle wheel, perhitungan sumber energi yang digunakan (accu). Perhitungan LWT dan DWT, stabilitas Kapal dengan menggunakan alat penggerak paddle wheel. Sistem kapal paddle wheel, pada prinsipnya adalah gaya tahanan air yang menyebabkan/menimbulkan gaya dorong kapal (seperti dayung). Paddle wheel dipasang dikiri dan dikanan kapal gerak putarnya dibantu oleh mesin. Umumnya digunakan di daerah yang mempunyai perairan yang tenang misalnya di danau, sungai sebagai kapal-kapal pesiar.

2.2. Penentuan Ukuran dan Dimensi lainnya

Sebelum menetapkan ukuran dan dimensi kapal yang akan digambar, pertama-tama mencari kapal pembanding dimana kapal pembanding ini sebagai acuan untuk menentukan ukuran dan dimensi kapal yang akan digambar.

Langkah – langkah penelitian :



Gambar 1. FlowChart Perancangan Kapal Wisata

Kapal pembanding “ Sport Boat – JL. 4510”

- L : 03.10 m
- B : 01.30 m
- H : 00.80 m
- Draft : 00.35 m
- Vs : 3 Knot
- Passengers : 4 seated
- Platform : (4 passengers)
- Hull and deck : Fiberglass polyester FRP

Dibawah ini ada tabel 1 sebagai rujukan untuk menentukan ukuran kapal yang sesuai dengan daerah pelayarannya yaitu sungai dan danau yang ada di Indonesia.

Setelah didapat data kapal pembanding dan beberapa pertimbangan litertaur, maka bisa ditentukan data kapal yang akan dirancang sehingga dapat memudahkan dalam perancangan rencana garis ini, berikut adalah data kapal yang akan dirancang sebagai berikut :

Tabel 1. Jenis dan Karakteristik Kapal Sungai dan Danau

No	Jenis	Isi Kotor (m ³)	Kapasitas Angkut		Draft (m)	Tenaga (HP)	Kecepatan (km/jam)
			Barang (ton)	Penumpang			
1	Speed Boat	1 – 5	-	<14	0.35 – 0.60	<200	<40
2	Long Boat	5 - 10	-	<60	0.40 – 0.60	<85	20 – 30
3	Bus Air	<200	<10	<200	0.80 - 1.50	75 – 100	12 – 15
4	Klotok	<15	<5	-	0.50 – 0.65	5 – 15	7 – 12
5	Truk Air	15-200	20 - 70	-	1.00 – 1.60	22 – 33	7 – 8
6	Barge Steel Hull	50-190	50 - 150	-	1.00 – 1.60	-	-
7	Barge Tiung	20 -50	15 - 35	-	1.00 – 1.60	-	-
8	Tug Boat	20 -50	-	-	0.80 – 1.40	<100	30 – 60

Sumber : Perhubungan darat dalam angka 2009

Length Between Perpendicular (L_{pp}) : 3,10 m

Breadth Moulded (B) : 1.30 m

Depth Moulded (H) : 0.8 m

Design Draft (T) : 0.35 m

Service speeds : 3 Knot

Tipe kapal : Speed Boat

Lokasi : Air Tenang / Danau

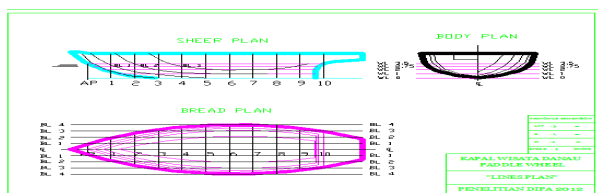
Setelah didapat data ukuran pokok kapal maka digambar lines plan dari data tersebut pada program Auto Cad dan marsuft diperoleh Gambar 2 :

2.3. Rencana Garis Kapal dan Rencana Umum Kapal Design

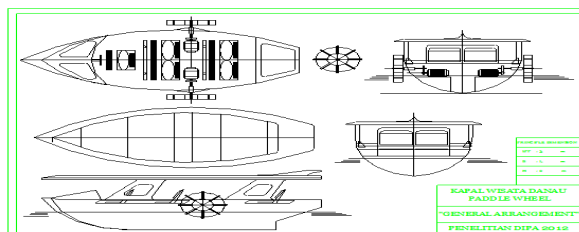
Dengan hasil dari data ukuran utama kapal yang ditentukan, maka selanjutnya proses penggambaran pada program *Auto Cad* dan *marsuft* diperoleh Gambar 3:

2.4. Sistem Propulsi dan Sistem Kemudi

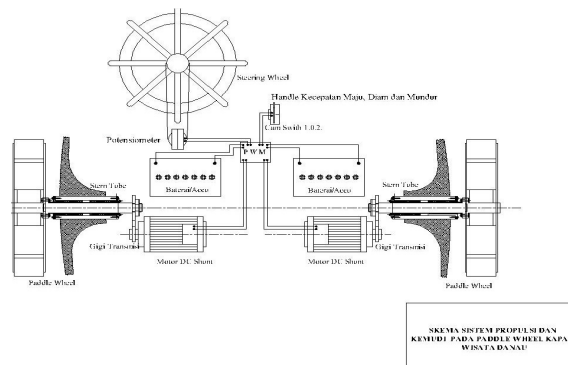
Pada perancangan kapal wisata ini sistem propulsi selakigus juga digunakan sebagai sistem kemudi. Sistem propulsi yang direncanakan untuk menggerakkan kapal wisata ini adalah menggunakan paddle wheel dan poros transmisi kemotor DC yang digerakkan dari sumber arus listrik dengan baterai / accu sebagai sumber energinya. Sistemnya dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 2. Rencana Garis Kapal Wisata Danau dengan Penggerak Paddle Wheel



Gambar 3. Rencana Umum Kapal Wisata Danau Dengan Penggerak Paddle Wheel



Gambar 4. Sistem propulsi kiri dan kanan pada kapal wisata

2.5. PWM (Pulse Width Modulation)

PWM merupakan suatu teknik dalam mengatur kerja suatu peralatan yang memerlukan arus *pull in* yang besar dan untuk menghindari disipasi daya yang berlebihan dari peralatan yang akan dikontrol. PWM merupakan suatu metoda untuk mengatur kecepatan perputaran motor dengan cara mengatur prosentase lebar pulsa high terhadap perioda dari suatu sinyal persegi dalam bentuk tegangan periodik yang diberikan ke motor sebagai sumber daya. Semakin besar perbandingan lama sinyal high dengan perioda sinyal maka semakin cepat motor berputar.

2.6. Potensiometer

Potensiometer adalah perangkat komponen elektronika bagian dari sebuah resistor yang memiliki tiga terminal dengan sambungan yang membentuk pembagi tegangan yang dapat di setel. Jika anda menemukan *potensiometer* yang menggunakan dua terminal tetap masih bisa di gunakan dengan cara salah satu dari terminal tetap dan terminal geser. Komponen elektronika ini berperan sebagai resistor variabel atau Rheostat. Prinsip kerja potensiometer dapat anggap sebagai gabungan dari dua buah resistor yang hubungkan seri (R1 dan R2). Tapi dalam dua buah resistor yang dipakai, nilai resistansinya dapat di rubah. Resistansi total dari sebuah resistor akan selalu tetap dan nilai ini merupakan nilai resistansi potensiometer (Variabel Resistor). Jika nilai resistansi dari resistor 1 di perbesar dengan cara memutar bagian potensiometer, maka otomatis nilai resistansi dari resistor 2 akan berkurang, begitu juga sebaliknya.

2.7. Motor DC

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

Motor DC memiliki 2 bagian dasar :

- ✓ Bagian yang tetap/stasioner yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.
- ✓ Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

Gaya elektromagnet pada motor DC timbul saat ada arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet. Medan magnet itu sendiri ditimbulkan oleh magnet permanen. Garis-garis gaya magnet mengalir diantara dua kutub magnet dari kutub utara ke kutub selatan. Menurut hukum gaya Lorentz, arus yang mengalir pada penghantar yang terletak dalam medan magnet akan menimbulkan gaya. Gaya F , timbul tergantung pada arah arus I , dan arah medan magnet B .

2.8. Baterai / Accu

Baterai adalah obyek kimia penyimpan arus listrik. Dalam sistem solar cell, energi listrik dalam baterai digunakan pada malam hari dan hari mendung. Karena intensitas sinar matahari bervariasi sepanjang hari, baterai memberikan energi yang konstan. Baterai tidak seratus persen efisien, beberapa energi hilang seperti panas dari reaksi kimia, selama charging dan discharging. Charging adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, discharging adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. Satu cycle adalah charging dan discharging. Dalam sistem solar cell, satu hari dapat merupakan contoh satu cycle baterai (sepanjang hari charging, malam digunakan/ discharging). Baterai tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran. Ada dua jenis baterai yaitu “disposable” dan rechargeable. Baterai

rechargeable digunakan oleh sistem solar cell adalah aki/ baterai lead-acid. Baterai lead acid dapat dikelompokkan menjadi **Liquid Vented** dan **Sealed** (VRLA - Valve Regulated Lead Acid)

3. HASIL PENELITIAN DAN PERANCANGAN

3.1. Perhitungan Tahanan Kapal

Untuk menentukan daya penggerak kapal yang dibutuhkan maka terlebih dahulu menentukan tahanan yang terjadi akibat dari bentuk kapal tersebut.

Perhitungan DWT dan LWT digunakan untuk mengetahui berat kapal keseluruhan pada kondisi baik kosong maupun penuh.

Berdasarkan perhitungan berat LWT adalah:

1. Berat lambung kapal	=	150 kg
2. Baterai 2 buah @ 15 kg	=	30 kg
3. Motor DC 2 buah @ 10 kg	=	20 kg
4. PWM, Poros, Steering wheel	=	100 kg
5. Pagar / railing dan tiang	=	50 kg
6. Penyangga dan atap	=	100 kg
7. Paddle Wheel @ 45 kg	=	90 kg
Total LWT	=	540 kg

Berdasarkan perhitungan berat DWT adalah:

1. Diasumsikan berat 1 orang dewasa 75 kg.
2. Maka untuk jumlah penumpang 4 dan ditambah 1 Crew adalah = 375 kg

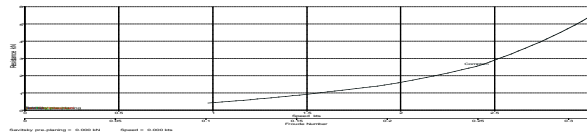
Maka total LWT + DWT sebesar = 915 kg atau Displasemen = 0,915 ton

Dengan menggunakan program Hullspeed dapat diperoleh tahanan kapal (RT) yang terjadi sebagai fungsi dari kecepatan gerak kapal (V_s) adalah dengan data kapal sebagai berikut :

Tabel 2. Tahanan Kapal

No	Measurement	Value	Units
1	Displacement	0.915	tonne
2	Volume	0.871	m ³
3	Draft to Baseline	0.35	m
4	Immersed depth	0.35	m
5	Lwl	2.751	m
6	Beam wl	0.424	m
7	WSA	3.257	m ²
8	Max cross sect area	0.266	m ²
9	Waterplane area	1.972	m ²
10	Cp	0.574	
11	Cb	0.396	

12	Cm	0.613	
13	Cwp	0.584	



Grafik 3. Kecepatan terhadap tahanan pada kapal wisata

Dari grafik diatas dapat diperoleh bahwa untuk kecepatan 3 knot maka tahanan kapal diperoleh sebesar 0.54 kN.

3.2. Penentuan Daya

Data yang dibutuhkan untuk menentukan daya motor dengan rumusan sebagai berikut

$$PE = R_t \cdot V_s$$

$$R_t = \text{Tahanan Total}$$

$$R_t = 0,54 \text{ kN}$$

$$V_s = \text{Kecepatan yang direncanakan}$$

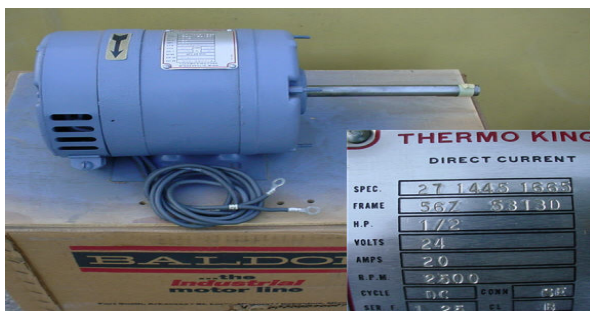
$$V_s (\text{Speed}) = 3 \text{ Knot atau } 1.54 \text{ m/s}$$

PE = Daya yang dibutuhkan untuk mengatasi tahanan terhadap gerakan kapal pada kecepatan tertentu.

$$PE = 0,54 \times 1,54 \text{ kW}$$

$$PE = 0.8316 \text{ kW} = 1,95 \text{ HP}$$

Ini adalah daya yang harus digunakan oleh paddle whell untuk melawan tahanan 0,54 kN sehingga kapal bisa bergerak dengan kecepatan 3 knot.



Gambar 5. Motor Baldor-Thermo King DC 2500 RPM 1/2 HP. 24VDC 20 Amps, Motor is 7" Diameter, 15" over length Shaft is 6" long 5/8" dia with woodruff key

Dari motor DC yang dipilih mempunyai RPM 2500 dan daya 0,5 HP. Jika putaran paddle

whell ditentukan 250 RPM, maka perbandingan gigi reduksi yang digunakan 1 : 10. Motor tersebut jika menggunakan gigi reduksi sebesar ini daya motor yang dihasilkan adalah :

$$P = 0,5 \times 10 \text{ HP} = 5 \text{ HP}$$

3.3. Perhitungan Daya Paddle Wheel

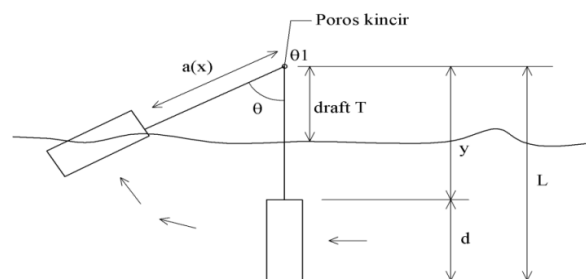
Sistem propulsi pada kapal wisata ini direncanakan menggunakan sistem paddle wheel yang digerakkan oleh motor DC dengan sumber listrik dari baterai/accu. Untuk menentukan ukuran dari paddle wheel dengan mempertimbangkan tinggi sarat penuh dan tahanan kapal yang telah diketahui dari bentuk lambung kapal. Dari bentuk paddle wheel maka gaya – gaya yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut :

Paddle whell berputar akan berusaha mendorong air yang pada bagian blad dari paddle whell tercelup air dari putaran motor listrik. Gaya dari motor DC berputar dan dihubungkan poros pada sebuah blade pada paddle whell dapat dituliskan [3]:

$$F = 0,5 \rho C_d A V_r^2$$

Dimana F adalah gaya pada sebuah balde atau sudu, ρ adalah massa jenis air, C_d adalah Coefisien of discharge, A adalah Luas blade yang tercelup air, dan V_r adalah kecepatan relatif.

Luasan sebuah blade yang tercelup didalam air tentunya berubah-ubah karena blade itu berputar dengan pusat rotasinya yaitu poros. Untuk perpindahan sebuah blade untuk secara matematisnya adalah dari posisi vertikal dalam air menjadi 90 derajat pada posisi awal. Jika θ adalah besarnya sudut antara pusat kincir dengan perpindahan blade yaitu dari $\theta=0$ menjadi $\theta=\theta_1$ (ketika sebuah blade mulai meninggalkan air) hingga $\theta=\theta_L$ (ketika sebuah blade meninggalkan air penuh) [5].



Gambar 6. ketika blade meninggalkan air

Untuk mengetahui besarnya V_c dapat kita ketahui dengan menggunakan teori trigonometri dengan berdasarkan gambar diatas, dapat dituliskan :

$$\begin{aligned}\sin \theta &= \text{opp} : \text{hyp} \\ \sin(90- \theta) &= V_{kpl} : V_c \\ V_c &= V_{kpl} \sin(90- \theta) \\ V_c &= V_{kpl} \cos \theta \text{ Dan, } V_b = V_{kpl} p\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}V_r &= V_c - V_b \\ V_r &= (V_{kpl} \sin(90- \theta)) - (V_{kpl} p) \dots (8)\end{aligned}$$

Dimana V_b adalah kecepatan blade, V_c adalah komponen kecepatan pada blade, dan p adalah sebuah konstanta. Untuk nilai p (konstanta) pertama kali dikemukakan oleh Antoine Parent pada tahun 1740 yang telah memperkenalkan bahwa untuk nilai optimum nilai p dengan c , dengan daya output dan input telah diketahui dengan efisiensi adalah daya output dibagi dengan daya input, maka untuk nilai p ditemukan 1/3 dan efisiensi maksimum 33%.

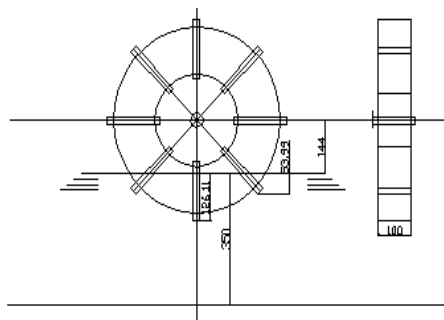
Torsi pada pusat kincir air dapat dituliskan rumus :

$$M(\theta) = F \text{ LeverArm}$$

Dimana LeverArm adalah jarak pusat paddle wheel ke pusat luasan blade yang tercelup air. Berdasarkan momen torsi tersebut kerja paddle wheel dapat tuliskan sebagai,

$$\text{Work done} = 2 \int dx \dots (10)$$

Kerja sebuah blade antara $\theta = 0$ dan $\theta = \theta_L$, sehingga untuk persamaan diatas untuk batasan integral adalah $\theta = 0$ dan $\theta = \theta_L$. Dikarenakan nilai kerja total blade pada suatu paddle wheel dalam pengukurannya tidak menggunakan parameter derajat, maka untuk besaran derajat dapat diubah terlebih dahulu, sehingga persamaannya dapat dituliskan :



Gambar 7. Ukuran paddle wheel

$$\text{Total Work Done} = N \text{ Work Done } (\pi/180)$$

Dimana Total Work Done adalah Kerja total blade dan N adalah Jumlah blade. Untuk perhitungan jumlah blade pada sebuah paddle wheel tidak terdapat persamaan yang digunakan untuk menentukan jumlah blade, namun demikian jumlah blade dapat ditentukan melalui eksperimental [6].

Dari posisi penempatan dari pusat paddle wheel pada Gambar 9 dapat diketahui seberapa luas blade yang tercelup air dengan melihat jarak antara lunas kapal dan water line kapal wisata ini. Untuk balde 1:

Blade yang tercelum air dengan kemiringan 45° ke kiri, maka luas yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar paddle wheel adalah:

$$\begin{aligned}A_1 &= \text{Luas yang tercelup air x lebar paddle wheel} \\ &= 53.99 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \\ &= 5399 \text{ mm}^2 = 0.005399 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Untuk balde 2:

Blade yang tercelum air dengan tegak lurus, maka luas yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar paddle wheel adalah:

$$\begin{aligned}A_2 &= \text{Luas yang tercelup air x lebar paddle wheel} \\ &= 126.11 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \\ &= 12611 \text{ mm}^2 = 0.012611 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Untuk balde 3:

Blade yang tercelum air dengan kemiringan 45° ke kanan, maka luas yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar paddle wheel adalah

$$\begin{aligned}A_3 &= \text{Luas yang tercelup air x lebar paddle wheel} \\ &= 53.99 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \\ &= 5399 \text{ mm}^2 = 0.005399 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tabel 3. Luas Blade

Blade 1				
sudut θ	V_c	V_b	V_r	$F \text{ (N)}$
45	1.089	0.51	0.58	0.716
Blade 2				
Sudut θ	V_c	V_b	V_r	$F \text{ (N)}$
0	1.54	0.51	1.03	5.317
Blade 3				
Sudut θ	V_c	V_b	V_r	$F \text{ (N)}$
45°	1.089	0.5	0.589	0.716

Dari rumusan dan data diatas dapat dibuat Tabel 3. Total gaya yang diperlukan untuk mengerakkan Paddle Whell pada 3 blade sebesar :

$$F_{\text{tot}} = 0,716 \text{ N} + 5,317 \text{ N} + 0,716 \text{ N} = 6,748 \text{ N}$$

Torsi yang diperlukan untuk mengerakkan Paddle Whell pada 3 blade sebesar :

$$T_{\text{PW}} = F_{\text{tot}} \times r \text{ (Nm)} \text{ dimana } r = 0,207 \text{ m}$$

$$= 6,455 \times 0,207 \text{ Nm} = 1,397 \text{ Nm}$$

Sehingga daya yang dibutuhkan adalah :

$$P = (2\pi \cdot N_{\text{PW}} \cdot T_{\text{PW}}) / 60 \text{ (Watt)} \text{ Dimana } N_{\text{PW}} = 300 \text{ rpm}$$

$$= (2 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 1,397) / 60 = 36,55 \text{ Watt} = 0,05 \text{ HP}$$

Jadi untuk bentuk paddle whell seperti gambar diatas dengan kecepatan kapal yang direncanakan 3 knot atau 1.543 m/s dengan putaran 250 rpm memerlukan daya 0,05 HP.

Dari data motor yang direncanakan yaitu 2500 rpm dan 0.5 HP sudah mampu mengerakkan paddle whell dengan perbandingan gigi transmisi 1 : 10

Daya tersebut telah mampu memutar paddle whell sehingga menghasilkan kecepatan rencana 3 knot.

$$\text{Untuk 2 motor} = 2 \times 510 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{tot. motor}} = 1010 \text{ Watt}$$

Sedangkan beban untuk 2 paddle wheel sendiri sebesar :

$$P_{\text{pd wl}} = 2 \times 36,55 \text{ Watt} = 73,1 \text{ Watt}$$

Total beban yang diterima baterai sebesar :

$$P_{\text{tot. motor}} + P_{\text{pd wl}}$$

$$P_{\text{total}} = 1010 \text{ Watt} + 73,1 \text{ Watt} = 1083,1 \text{ Watt}$$

Baterai / accu yang digunakan adalah sebesar 12 Volt 70 AH, maka untuk menggerakkan satu paddle whell dibutuhkan 2 baterai / accu yang dipasang paralel. Penggunaan arus listrik rata – rata oleh motor listrik DC sebesar 20 Ampere dan kapasitas baterai 70 AH, maka baterai mampu menyuplai listrik ke motor listrik DC tersebut selama :

$$t_{\text{pakai}} = ((24 \times 140) \text{ Watt. jam}) / (1083,1)$$

$$\text{Watt} = 3,102 \text{ jam}$$

Ini adalah lama waktu pemakaian baterai/ accu sampai habis untuk menggerakkan motor listrik selama 3,102 jam. Untuk arus start pada motor DC shunt / paralel mempunyai kecepatan hampir konstan. Pada tegangan jepit konstan, motor ini mempunyai putaran yang hampir konstan walaupun terjadi perubahan beban.

Sehingga dengan mengambil faktor

keamanan dalam mengoperasikan 2 baterai/accu tersebut direkomendasikan untuk dioperasikan selama 2 jam. Pengisian ulang baterai dapat dilakukan setelah baterai digunakan satu kali trip (2 jam) untuk berkeliling danau, dengan asumsi baterai masih tersisa 1,102 jam operasinya atau arus listrik dalam baterai masih tersisa. Pemakaian baterai sebesar kurang lebih 70 % dengan sisa 30% sebagai faktor keamanan baterai [7].

Jika akan melakukan pengisian ulang baterai /accu tersebut maka digunakan charger dengan besar arus 70Amper, lama waktu untuk satu baterai / accu adalah :

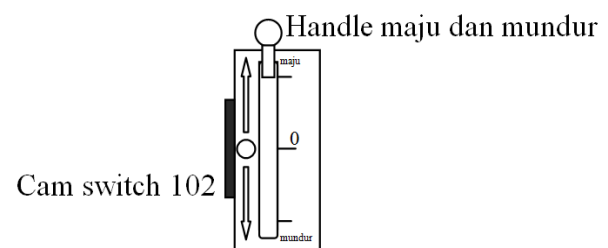
$$t_{\text{recharging}} = 70 \text{ Ah} / 70 \text{ A} = 1 \text{ jam}$$

Ini menunjukkan bahwa baterai /accu dari kosong sampai penuh memerlukan waktu recahrnging selama 1 jam. Untuk baterai ini masih tersisa $\pm 35\%$ sehingga waktu recahrnging kurang dari 1 jam.

Untuk operasional dibutuhkan 2 baterai / accu sedangkan untuk cadangan disediakan 2 baterai, sehingga kapal dalam pengoperasiannya disediakan 4 baterai / accu dengan kapasitas masing – masing 12 volt 70 AH.

3.4. Sistem Propulsi dan manuver

Sistem propulsi pada kapal wisata ini direncanakan menggunakan sistem paddle wheel yang digerakkan oleh motor DC dengan sumber listrik dari baterai/accu. Untuk menentukan ukuran dari paddle wheel dengan mempertimbangkan tinggi sarat penuh dan tahanan kapal yang telah diketahui dari bentuk lambung kapal.



Gambar 8. Handle maju dan mundur kapal dengan cam switch 102 terpasang

3.5. Gerakan Maju dan Mundur

Pemasangan handle gerakan maju dan mundur kapal yang dipasang pada ruang kemudi. Gerakan kapal terjadi karena perputaran paddle wheel yang dilakukan dengan 2 motor yang dihubungkan pada poros paddle wheel. Untuk menaikkan putaran sampai batas maksimum 250 rpm paddle wheel diperoleh dari pengaturan potensiometer dan dihubungkan dengan PWM yang terpasang sebagai handle kecepatan (Pedal Gas). Gerakan handle maju dan mundur didapat dari cam swith 102 posisi majumemerintahkan motr berputar maju, posisi tengah mati (0) dan posisi mundur memerintahkan motor berputar mundur.

3.6. Perencanaan Stern Tube

Dalam merencana stern tube maka perencanaan dari poros propeler perlu ditentukan terlebih dahulu sehingga dalam merencanakannya sebagai berikut [8] :

a. Diameter poros propeller

$$d = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n \left(1 - \frac{di}{da}\right)^4}} \cdot cw \rightarrow cw = \frac{560}{Rm + 160}$$

$$Rm = 42 \sim 72 \frac{kg}{mm^2} \times 10 = 420 \sim 720 \frac{N}{mm^2}$$

$$d = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n \left(1 - \frac{di}{da}\right)^4}} \cdot cw \rightarrow cw = \frac{560}{500 + 160} = 0,84$$

Dalam perencanaan direncanakan poros pejal sehingga $di/da = 0$

$$d = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n \left(1 - \frac{di}{da}\right)^4}} \cdot cw = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n(1-0)}} \cdot cw = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n.1}} \cdot cw$$

Dimana :

$$Pw = 36,55 \text{ Watt}, k = 120, n = 250$$

$$D_{\text{Poros}} = 120 \times \left(\sqrt[3]{(36,55/250) \times 0.84} \right) \text{ mm}$$

$$D_{\text{Poros}} = 59,7 \text{ mm}$$

b. Tebal broze sleeve

$$\text{➤ } B = (0,03 \times D_{\text{Poros}}) = 1,73 \text{ mm}$$

➤ Rubber Sleeve

$$C = 0,7 - 0,8 \times \text{tebal broze sleeve} = 0,8 \times 1,73 = 1,4 \text{ mm}$$

➤ Bantalan (bearing)

• Diameter

$$D = 4 \times D_{\text{Poros}} = 4 \times 59,7 = 238,8 \text{ mm}$$

• Panjang Bantalan

$$E = 1,5 \times D_{\text{Poros}} = 1,5 \times 59,7 = 89,55 \text{ mm}$$

• Tebal Bantalan

$$F = (0,1 - 0,13) \times D_{\text{Poros}} = 0,1 \times 59,7 = 5,97 \text{ mm}$$

• Tebal Rumah Bantalan

$$L = (0,85 - 1) \times F = 1 \times 5,97 = 5,97 \text{ mm}$$

• Clereance Pendingin

$$G = 0,0004 \times D_{\text{Poros}} + 1 \text{ mm} = 0,0004 \times 59,7 + 1 = 1,24 \text{ mm}$$

• Diameter rumah bantalan dalam

$$H = (D_{\text{Poros}} + 2 \cdot \text{Tebal broze} + 2 \cdot \text{Clereance}) = 59,7 + (2 \times 1,73) + (2 \times 1,24) = 65,64 \text{ mm}$$

• Diamater rumah bantalan luar

$$H = (D_{\text{Poros}} + 2 \cdot \text{Tebal broze} + 2 \cdot \text{Clereance} + 2 \cdot \text{Tebal bantalan}) = 59,7 + (2 \times 1,73) + (2 \times 1,24) + (2 \times 5,97) = 77,58 \text{ mm}$$

• Diameter Stern Tube

$$D_{\text{st}} = (D_{\text{Poros}} + 2 \cdot \text{Tebal broze} + 2 \cdot \text{Clereance} + 2 \cdot \text{Tebal bantalan} + 2 \cdot \text{Tebal rumah bantalan}) = 59,7 + (2 \times 1,73) + (2 \times 1,24) + (2 \times 5,97) + (2 \times 5,97) = 89,52 \text{ mm}$$

• Jarak Bantalan

$$J = L_{\text{max}} = k_1 \sqrt{D_{\text{Poros}}} \text{ dimana } k_1 = \text{untuk pelumasan air } 35 \text{ mm} = 35 \sqrt{59,7} = 270,4 \text{ mm}$$

• Tebal Bantalan

$$K = 20\% \times D_{\text{Poros}} = 20\% \times 59,7 = 11,94 \text{ mm}$$

• Diamater penekan rames packing

$$M = (1,5 - 1,75) \times D_{\text{Poros}} = 1,5 \times 59,7 = 89,55 \text{ mm}$$

• Tebal penekan rames packing

$$N = (0,15 - 0,20) \times D_{\text{Poros}} = 0,15 \times 59,7 = 8,96 \text{ mm}$$

• Panjang penekan rames packing

$$O = 2 \times \text{tebal rumah bantalan} = 2 \times 5,97 = 11,94 \text{ mm}$$

• Diamater baut penekan rames packing

$$P = (0,75 - 1) \times \text{tebal bantalan} = 1 \times 5,97 = 5,97 \text{ mm}$$

- Panjang penekan rames packing (28,5 – 30) mm = 30 mm

5. KESIMPULAN (SPESIFIKASI HASIL RANCANGAN)

1. Data Kapal Rancangan :

Length Between Perpendicular (L_{pp}) : 3,10 m
Breadth Moulded (B) : 1.30 m
Depth Moulded (H) : 0.8 m
Design Draft (T) : 0.35 m
Service speeds : 3 Knot
Tipe kapal : Speed Boat
Lokasi : Air Tenang / Danau
Jumlah penumpang dan Crew : 5 orang

2. Data Paddle Whell :

Diameter : 540 mm
Jumlah blade : 8 Daun
Luas blade : 16.000 mm²
Diamater poros paadle wheel : 59,7 mm

3. Penggerak Utama :

Motor DC : 2 buah, 2500 rpm 0,5 HP
Baterai : 4 buah, 12 Volt 70 AH
Gigi reduksi : 1 : 10
Pengisian ulang (recharging) Accu : Listrik PLN

4. Sistem Kemudi :

Steering whell : Kopel dengan potensiometer dan motor menggerakkan paddle whell kiri dan kanan.
Penatur kecepatan kapal : Handle dengan cam swith 102, posisi maju, mati dan mundur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakoren, Kebijakan Umum Bidang Energi. Edisi kedua, Jakarta 1 September 1991.
- [2] Winarni D., Studi tentang perencanaan wilayah danau di Jawa Timur dan hubungannya dengan perilaku masyarakat disekelilingnya. ITS- Surabaya, 1997
- [3] Rhapsody, M. Rozy, Afif Zuhri Arfianto, & Dian Asa Utari. " Penggunaan IoT untuk Telemetri Efisiensi Daya pada Hybrid Power System." Seminar MASTER PPNS [Online], 2.1 (2017): 67-72.
- [4] Jones Zoë, Domestic electricity generation using waterwheels on moored barge, School of the Built Environment, Heriot-Watt University, 2005.
- [5] Denny, M, The efficiency of overshot and undershot waterwheels, European Journal of Physics, March 2004, Issue 2
- [6] Suwarno dan Sahid, Kajian Eksperimental Optimasi Jumlah Sudu Kincir Air Tipe Under Shot sebagai Upaya Pemanfaatan Potensi Aliran Head Rendah. Jurnal Teknik Energi Vol 7 No. 3 September 2011.
- [7] Sudiyono dan Bambang A. Perancangan dan Pembuatan Kapal Wisata dengan Motor Generator Listrik Tenaga Surya Sebagai Energi Alternatif Penggerak Propeler, Jurnal Teknik Mesin Univ. Petra. Vol. 10, No. 1, April 2008.
- [8] Sularso dan Kiyokatsu Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. PT Pradnya Paramita 1987.

IMPLEMENTASI ISM CODE PADA KAPAL KAPAL DI PELABUHAN TANJUNG PERAK

Anak Agung Istri Sri Wahyuni^{*}, Maulidiah Rahmawati¹, Siti Fatimah M¹

¹Jurusan Nautika, Politeknik Pelayaran Surabaya

email: deryaagung02@yahoo.com

diterima tanggal : 15 Maret 2018 disetujui tanggal : 10 Mei 2018

Abstrak

Banyaknya kasus kecelakaan kapal merupakan salah satu indikasi perlunya perbaikan dalam sistem transportasi laut. Berdasarkan laporan hasil investigasi KNKT pada kurun waktu tahun 2007 sampai dengan tahun 2014 pada wilayah perairan di Indonesia, terjadi kecelakaan kapal dengan berbagai jenis kejadian seperti tenggelam, terguling, kandas dan tubrukan. Dari hasil investigasi KNKT, didapatkan kesimpulan terkait dengan faktor penyebab serta faktor yang berkontribusi, diantaranya kelalaian manusia (human error), teknis dan cuaca. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana Implementasi ISM Code yang dilakukan di kapal kapal di Pelabuhan Tanjung Perak dan tingkat pengetahuan kru tentang ISM Code. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa kuisioner yang digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman officer tentang ISM Code dan pengimplementasian diatas kapal serta mengukur tingkat pengetahuan kru tentang ISM Code. Berdasarkan hasil analisis korespondensi dengan analisis Importance-Performance (Kepentingan - Kinerja) diperoleh hasil berupa diagram dengan hasil penelitian Implementasi ISM Code pada kapal-kapal di Pelabuhan Tanjung Perak menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor yang perlu mendapatkan perhatian dan peningkatan yaitu pelaksanaan drill/latihan untuk semua personil kapal dalam menunjang pelaksanaan SMS dan sistem pemeliharaan berencana yang mencakup prosedur pemeliharaan untuk semua bagian dari sistem. Implementasi ISM Code yang diamati dari pemahaman Officer menunjukkan bahwa secara umum termasuk dalam kategori baik, dimana sebanyak 77,33 % responden memberikan jawaban dengan benar. Serta tingkat pemahaman dan pengetahuan crew tentang ISM Code termasuk dalam kategori kurang dimana terdapat 54,23 % responden dapat memberikan jawaban dengan tepat.

Kata kunci : ISM Code, analisis Importance-Performance

Abstract

One of the indication which has to be mended in marine transportation industry is there are many ship accident cases. Based on the report of the investigation result of KNKT during the period of 2007 until year 2014 in Indonesian sailing area, ship accidents happened with various types of incidents such as drowning, rolling, crashing and collision. From the result of KNKT investigation, It can be concluded to casual factors and contributing factors, including human error, technical system and weather. This research is intended to figure out the implementation of ISM Code conducted on board ship at Tanjung Perak Port and level of the crew knowledge about ISM Code. The data used in this study is primary data in the form of questionnaires in order to measure the level of officer's understanding of the ISM Code and implementation on board and measure the knowledge level of the crew about the ISM Code. Based on the result of correspondence analysis with the analysis of Importance-Performance (Interests – Performance) obtained results of research Implementation of ISM Code on the ships at the Tanjung Perak Port showed that there are factors that need to get attention and improvement that is the implementation of drill / all ship personnel in support of the implementation of SMS and maintenance planning system which includes maintenance procedures for all parts of the system. The Implementation of the observed ISM Code from the Officer's understanding indicates that generally included in the good category, where as many as 77.33% of respondents got the right answer. And the level of understanding and knowledge of the crew about the ISM Code included in the less category where there are 54.23% of respondents can provide the right answers.

Keyword : ISM Code, Importance-Performance Analysis

1. Latar Belakang

Pelayaran perlu lebih dikembangkan potensinya dan ditingkatkan peranannya baik nasional maupun internasional sebagai penunjang, pendorong dan penggerak pembangunan nasional demi peningkatan kesejahteraan rakyat. Sebagai salah satu model transportasi, maka pelayaran bagi Negara Republik Indonesia yang merupakan negara kepulauan, tidak dapat dipisahkan dari model model transportasi lain, perlu ditata dalam sistem transportasi nasional yang dinamis dan mampu mengadaptasi kemajuan di masa depan.

Ketentuan dasar mengenai pelayaran tersebut telah diatur dalam UU No 17 Tahun 2008 tentang pelayaran nasional. Salah satu isi dari pasal - pasal UU No. 17 Tahun 2008 tentang pelayaran adalah keselamatan pelayaran. Keselamatan pelayaran yang dimaksud adalah kelaiklautan kapal[1] .

Secara keseluruhan termasuk di dalam pasal 1 ayat 32 sampai ayat 44 UU no. 17 Tahun 2008, sementara pasal 1 ayat 34 khusus berisi keselamatan kapal yaitu keadaan kapal yang memenuhi persyaratan material, konstruksi, bangunan, permesinan dan perlistrikan, stabilitas, tata susunan serta perlengkapan termasuk perlengkapan alat penolong dan radio, elektronik kapal, yang dibuktikan dengan sertifikat setelah dilakukan pemeriksaan dan pengujian [1].

Keselamatan pelayaran tidak hanya ditentukan oleh satu faktor, misalnya kecanggihan kapal dan peralatan-peralatan modern yang melengkapinya, namun juga sangat tergantung kepada berbagai faktor, seperti sumber daya manusia, peralatan di darat, koordinasi yang dilaksanakan selama sebelum dan selama pelayaran berlangsung serta memperhitungkan rambu-rambu laut dan factor penumpang sangat berperan untuk mewujudkan hal tersebut[2].

Dari sekian banyak faktor, dan penyelidikan IMO diketahui terjadinya kecelakaan 80% disebabkan oleh faktor manusia dan 20% oleh kapal itu sendiri, sehingga diperlukan aturan-aturan yang baku agar dapat dijadikan pedoman dan acuan terhadap aktivitas dan tindakan pelayanan di Lautan [3]. Dari pernyataan tersebut bahwa kecelakaan sering terjadi karena faktor manusia dan manajemen serta organisasi yang belum sepenuhnya memberi dukungan atas kebutuhan operasional kapal yang aman dan pencegahan pencemaran laut

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas, maka IMO (International Maritime Organization) mengeluarkan peraturan yakni ISM Code (International Safety Management Code) sebagai alat untuk menstandarkan “*Safe Management for Operation of Ships and Pollution Prevention*” yang terdapat di dalam SOLAS 1974 (*Safety of*

Tabel 1. Laporan kecelakaan kapal KNKT tahun 2010 – Tahun 2016

 Media Release KNKT Tahun 2016										
DATA INVESTIGASI KECELAKAAN PELAYARAN - KNKT TAHUN 2010-2016										
NO.	TAHUN	JUMLAH KECELAKAAN	JENIS KECELAKAAN					KORBAN JIWA		REKOMENDASI
			TENGGELOM	TERBAKAR/ MELEDAK	TUBRUKAN	KANDAS	LAIN-LAIN	KORBAN MENINGGAL/ HILANG	KORBAN LUKA-LUKA	
1	2010	5	1	1	3	0	0	15	85	45
2	2011	6	1	3	2	0	0	86	346	82
3	2012	4	0	2	2	0	0	13	10	28
4	2013	6	2	2	2	0	0	65	9	47
5	2014	7	2	3	2	0	0	22	4	25
6	2015	11	3	4	3	1	0	85	2	11
7	2016	15	4	4	3	2	2	51	18	35
TOTAL		54	13	19	17	3	2	337	474	273

Sumber : KNKT 2016

Life at Sea) Bab IX, yaitu : *Management for the Safe Operation Of Ships*[4].

Tanpa menerapkan aturan-aturan dan kebijakan baku di bidang pelayaran mengenai keselamatan pelayaran, tujuan untuk mewujudkan keselamatan pelayaran tidak akan dapat diwujudkan dengan baik. Untuk itu di Indonesia telah dilakukan ratifikasi terhadap aturan-aturan internasional menyangkut keselamatan pelayaran dengan mengeluarkan keputusan Presiden. Adanya proses ratifikasi tersebut, pemerintah Indonesia memperoleh mandat untuk menerapkan aturan-aturan Internasional dan karenanya pemerintah harus menjamin dan bertanggung jawab [5].

Dalam kaitannya dengan keselamatan pelayaran, pemerintah menyampaikan pemberitahuan kepada Organisasi Internasional Maritim (IMO) yang menyatakan bahwa “untuk urusan yang berhubungan dengan penerapan aturan internasional tentang keselamatan pelayaran oleh pemerintah Indonesia, ditunjuk Direktorat Jenderal Perhubungan Laut sebagai “*administrator*”. Selanjutnya IMO mengakui dan mengumumkan kepada seluruh negara anggotanya bahwa “*administration*” untuk implementasi ketentuan internasional mengenai keselamatan pelayaran di Indonesia adalah Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.

Salah satu tugas pokok Direktorat Jenderal Perhubungan Laut adalah merupakan pembinaan keselamatan pelayaran laut dan perlindungan lingkungan dan bahaya pencemaran yang bersumber dari kapal, serta sebagai “*Administration*” harus mampu menjamin dan

bertanggung jawab bagi pelaksanaan aturan internasional tentang keselamatan pelayaran di seluruh perairan Indonesia.

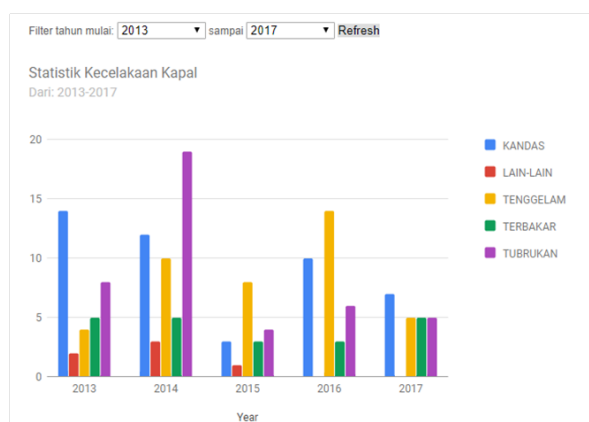
Berdasarkan data yang peneliti peroleh dari Media Release KNKT sepanjang tahun 2010 sampai tahun 2016 telah terjadi sekitar 54 kasus kecelakaan yang menelan cukup banyak korban jiwa. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat kelemahan dalam pelaksanaan pengawasan pelayaran. Untuk lebih jelas lihat pada Tabel 1.

Selain berdasar dari data KNKT peneliti juga memperoleh data dari Mahkamah Pelayaran Kementerian Perhubungan terkait Statistik Kecelakaan Kapal dalam rentang waktu Tahun 2013 sampai dengan 2017 dimana pada data statistik kasus Kecelakaan oleh Mahkamah Pelayaran sudah terlihat penurunan kasus kecelakaan kapal untuk tahun 2017, peningkatan hanya terjadi pada kecelakaan kapal pada kapal yang terbakar

Berdasarkan data dari KNKT dan Mahkamah Pelayaran tentang kecelakaan kapal berikut peneliti melakukan pendataan kecelakaan kapal yang terjadi di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dalam kurun rentang waktu tahun 2014 sampai dengan 2017 dimana terdapat 6 kasus kecelakaan kapal.

Tabel 2. Data Kecelakaan Kapal di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

NO	Jenis Kecelakaan	Tahun	Keterangan
1.	Tubrukan	2014	Tubrukan antara KM. Journey dengan KM. Fatima III dan KM. Lambelu di sekitar Bouy 10 alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya
2.	Tenggelam	2015	Kecelakaan Kapal Tenggelamnya KM. Pertama I di Wilayah Perairan Bandar Pelabuhan Gresik Pada Posisi disebelah Timur Alur Pelayaran Barat Surabaya
3.	Tenggelam	2016	Kecelakaan Kapal Tenggelamnya KM MeratusBanjar 2 di Laut Jawa Timur Laut Pulau Madura



Gambar 1. Statistik Kecelakaan kapal Mahkamah Pelayaran tahun 2013 – Tahun 2017

4.	Tubrukan	2016	Kecelakaan Kapal Tubrukan antara KM. Wiha Sejahtera dengan Pile Frame Bagian dari DBD. CAI JUN 1 di Perairan Bandar Pelabuhan Tanjung Perak
5.	Tubrukan	2016	Kecelakaan Kapal Tubrukan antar AMT. Navigator Aries dengan MV. Leo Perdana diantara Bouy Nomor 6 dan Bouy Nomor 11 alur Pelayaran Barat Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya
6.	Terbakar	2017	Kecelakaan kapal Terbakarnya KM. New Glory di Perairan Bandar Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Sumber : KNKT & Mahmah Pelayaran 2017

Berdasarkan data yang diperoleh bahwa hasil investigasi dari kecelakaan yang terjadi khususnya kecelakaan Kapal pada pelabuhan Tanjung Perak Surabaya diindikasikan bahwa salah satu penyebab sehingga masih terjadi kecelakaan-kecelakaan pelayaran adalah kurang diimplementasikannya ISM Code dengan berbagai ketentuannya, disamping itu juga kurangnya pengawasan terhadap kapal-kapal, sehingga kelaiklautan kapal tidak terpantau dengan baik.

Sumber Daya Manusia (SDM) sebagai pelaksana pengawasan keselamatan pelayaran di Pelabuhan harus bekerja dengan baik sesuai dengan tugas di bidang pelayaran, sehingga para nahkoda juga dapat mengimplementasikan ISM Code pada kapal-kapal mereka[6].

Penyediaan sarana dan prasarana kantor maupun sarana dan prasarana pengawasan untuk pemeriksaan di kapal-kapal juga disesuaikan dengan kebutuhan sehingga pengawasan dapat berjalan dengan baik. Kondisi tersebut mempengaruhi upaya untuk mewujudkan keselamatan pelayaran yang diharapkan sehingga perlu tindakan-tindakan yang lebih nyata untuk menanggulangi permasalahan-permasalahan yang timbul agar keselamatan pelayaran dapat terjamin.

2. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif yang akan menggambarkan secara sistematis bagaimana pengimplementasian ISM Code diatas kapal dan mengukur tingkat pemahaman dan pengetahuan crew kapal tentang ISM Code

B. Variabel Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

Berdasarkan kerangka pikir pada bagian terdahulu, maka definisi operasional variabel adalah :

Implementasi, yaitu penerapan strategi yang cocok untuk memperoleh hasil yang obyektif dalam penerapan ISM Code diatas kapal

C. Populasi dan Sampel /Subjek Penelitian

1. Populasi Penelitian

Populasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah awak kapal dari kapal yang berlayar di wilayah perairan Indonesia yang sedang sandar di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

2. Sampel Penelitian

Penentuan sampel dilakukan dengan Teknik pengambilan sampel non probability sampling dengan menggunakan purposive sampling. Purposive sampling adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Sehubungan dengan pertimbangan tersebut teknik tersebut digunakan untuk menetapkan besarnya sampel dari kapal – kapal yang sandar di Pelabuhan Tanjung Perak yaitu sebanyak 12 kapal yang kami gunakan sebagai sampel penelitian ini

D. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada di Pelabuhan Tanjung Perak Propinsi Jawa Timur, dimana pada pelabuhan inilah pengawasan dilaksanakan baik pengawasan administratif maupun pengawasan teknik termasuk pada pengawasan implementasi ISM Code pada kapal-kapal yang sandar di pelabuhan Tanjung

Perak Surabaya

E. Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian

Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yakni :

1. Kuesioner yang digunakan adalah kuesioner tertutup, karena jawaban dalam kuesioner sudah disediakan sehingga responden tinggal memilih jawaban yang dikehendaki. Skala pengukuran yang digunakan adalah skala model Likert. Skala model Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial atau disebut sebagai variabel penelitian. Skor yang digunakan dalam skala model Likert adalah 1 – 5. Kuesioner ini untuk mengetahui implementasi *ISM Code* pada kapal-kapal yang sandar di pelabuhan Tanjung Perak dan juga untuk mengukur tingkat pemahaman dan pengetahuan crew kapal tentang *ISM Code*
2. Dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder.

F. Teknik Analisis Data

Dari data penelitian yang terkumpul, selanjutnya dianalisis dengan menggunakan teknik analisis deksriptif kuantitatif. Teknik ini dimaksudkan untuk menggambarkan implementasi *ISM Code* pada kapal-kapal yang sandar di pelabuhan Tanjung Perak dan juga untuk mengukur tingkat pemahaman dan pengetahuan crew kapal tentang *ISM Code*

Analisis Importance-Performance (Kepentingan - Kinerja) pertama kali digunakan sebagai sarana untuk mengukur kepuasan klien dengan produk atau jasa. Analisis Importance-Performance merupakan suatu metode analisis yang merupakan kombinasi antara aspek-aspek tingkat kepentingan dan kinerja terhadap kualitas atau kondisi suatu objek dalam bentuk dua dimensi. Dua dimensi tersebut dinyatakan dalam suatu Diagram Cartesius yang terdiri dari sepasang sumbu koordinat, di mana sumbu Y menyatakan ukuran Importance

(kepentingan) dan sumbu X menyatakan ukuran Performance (Kinerja) dari unsur-unsur yang terlibat dalam pelayanan akan dibandingkan. Ukuran Importance (kepentingan) dan Performance (kinerja) didapatkan dari rata-rata pada setiap atribut menggunakan formula sebagai berikut:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{i=1}^k X}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{i=1}^k Y}{n} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

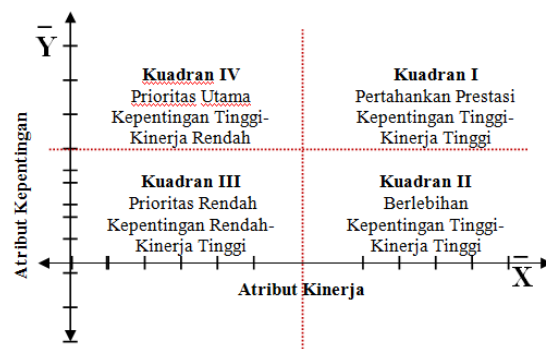
$\bar{X}_i$ = Bobot rata-rata tingkat penilaian kinerja atribut ke-i

$\bar{Y}_i$ = Bobot rata-rata tingkat penilaian kepentingan atribut ke-i

n = Jumlah responden

Bobot untuk setiap atribut pada Importance (kepentingan) dan Performance (kinerja) didapatkan dari hasil pengolahan kuesioner dari para responden. Penilaian kepentingan dan kinerja dari responden dibuat dalam bentuk persepsi menggunakan skala Likert dengan lima tingkat penilaian. Berdasarkan hasil pembobotan pada *Importance* (kepentingan) dan *Performance* (kinerja), maka dapat digambarkan dalam suatu diagram Cartesius.

Diagram Cartesius hasil Analisis *Importance-Performance* ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar. 3 Diagram Cartesius Analisis Importance-Performance

Setiap kuadran menggabungkan kepentingan dan kinerja yang ditetapkan oleh elemen pengguna tertentu dari layanan dan memiliki

nilai yang berbeda dimana data atribut kinerja merupakan nilai dasar dari ini matriks Analisis Importance-Performance.

Model Analisis Importance-Performance dua dimensi dibagi menjadi empat kuadran dengan kinerja pada sumbu x dan kepentingan pada sumbu y. Masing-masing kuadran menunjukkan strategi yang berbeda.

1. Kuadran I memiliki makna kepentingan tinggi kinerja rendah, sehingga atribut yang masuk dalam kuadran ini mewakili bidang utama yang perlu ditingkatkan dengan prioritas utama, membutuhkan perhatian segera untuk perbaikan dan menunjukkan kelemahan;
2. Kuadran II memiliki makna kepentingan tinggi kinerja tinggi diberi sehingga atribut yang masuk dalam kuadran ini merupakan kekuatan dan pilar organisasi, mengindikasikan peluang untuk mencapai atau mempertahankan keunggulan kompetitif dan kekuatan utama;
3. Kuadran III memiliki makna Kepentingan rendah Kinerja rendah diberi label Prioritas Rendah. Dengan demikian, salah satu atribut yang jatuh ke dalam kuadran ini tidak penting dan tidak menimbulkan ancaman bagi organisasi, kelemahan minor dan tidak memerlukan upaya tambahan.
4. Kuadran IV memiliki makna Kepentingan rendah Kinerja Tinggi, dimana menunjukan atribut yang terlalu ditekankan oleh organisasi namun tidak terlalu penting bagi pengguna jasa, menunjukkan bahwa sumber daya suatu atribut berlebihan dan perlu dialihkan atau dialokasikan di tempat lain, misalnya pada Kuadran I.

Selain menggunakan analisis kuadran, untuk mengetahui tingkat pemahaman responden dilakukan melalui perhitungan persentase dari jumlah responden yang dapat memberikan jawaban secara tepat. Kategori persentase untuk pemahaman responden dapat dinyatakan sebagai berikut (menurut Arikunto):

- a. Kategori baik bila responden dapat menjawab 76 – 100% dengan benar dari total jawaban pertanyaan
- b. Kategori cukup bila responden dapat menjawab 56 – 75% dengan benar dari total jawaban pertanyaan
- c. Kategori kurang bila responden dapat menjawab $\leq 55\%$ dengan benar dari total jawaban pertanyaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi ISM Code

Keselamatan transportasi terwujud dari penyelenggaraan transportasi yang lancar sesuai dengan prosedur operasi dan persyaratan kelaikan teknis terhadap sarana dan prasarana beserta penunjangnya. Faktor manusia merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan selain factor – factor lainnya. Hal tersebut terjadi karena sistem manajemen yang kurang baik, baik system manajemen diatas kapal maupun manajemen perusahaan. Untuk mengurangi kecelakaan dan pencemaran laut yang disebabkan oleh factor manusia maka diperlukan system manajemen keselamatan yang bersinergi antara perusahaan dan kapal. Maka dari pada itu penerapan ISM Code harus dijalankan secara maksimal untuk mencapai keselamatan pelayaran dapan pengoperasian kapal. ISM Code merupakan suatu standar internasional untuk sistem manajemen keselamatan yang bertujuan untuk menjamin bahwa perusahaan memberi pelayanan yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu kapal dapat beroperasi secara aman dan mencegah pencemaran lingkungan. Penerapan ISM Code bagi perusahaan digunakan untuk memperbaiki sistem kerja, untuk menerapkan sistem manajemen keselamatan yang diakui secara internasional, untuk kesiapan menghadapi persaingan pasar, untuk meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap keamanan muatan, dan untuk memuaskan pelanggan[7].

1). Perbandingan Kinerja dan Kepentingan Penerapan ISM Code diatas Kapal

Dalam penelitian ini indikator yang mewakili variabel tingkat implementasi

ISM Code dibatasi pada:

1. Kesesuaian dokumen; Kru kapal memahami dokumen-dokumen apa saja yang harus ada di perusahaan dan di kapal dalam menunjang keselamatan kapal.
2. Sasaran manajemen keselamatan di perusahaan; Setiap perusahaan pelayaran memiliki sistem manajemen yang sesuai dengan ISM Code dalam melakukan kegiatan operasional kapal.
3. Sumber daya dan personil; Perusahaan harus memiliki kualifikasi (berkualitas, bersertifikat dan sehat) dalam menunjuk kru kapal sesuai dengan jabatan yang dibutuhkan. Kru kapal juga harus memahami tugas dan tanggung jawab dan melaksanakannya di atas kapal.
4. Pemeliharaan kapal dan peralatannya; Kapal dan seluruh peralatannya harus dipelihara agar selalu dalam kondisi yang baik. Kru kapal harus selalu mengikuti aturan dan regulasi yang berlaku.

Survei implementasi ISM Code terdiri dari 20 butir pernyataan yang meliputi 4 aspek, yaitu kebijakan perusahaan, sumber daya dan personel yang berkualifikasi dan bersertifikat,

perawatan dan perbaikan yang berkelanjutan serta kelengkapan dokumen kapal.

Dalam survei keselamatan kapal, ditampilkan nilai rata-rata kondisi dan harapan sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tingkat kinerja dan kepentingan antara persepsi pengguna/pelaku aktifitas berdasarkan kondisi yang ada dibandingkan dengan tingkat harapannya. Analisis *importance-performance* dilakukan untuk menyusun ranking dari berbagai elemen dari aspek-aspek dan mengidentifikasi tindakan yang diperlukan. Analisis *importance-performance* menggunakan analisis kuadran yang berfungsi untuk menunjukkan hubungan persepsi atau penilaian antara tingkat kinerja (*performance*) dan tingkat kepentingan (*importance*). Penilaian pada kinerja yang menggambarkan kondisi dan tingkat kepentingan yang menunjukkan harapan dilakukan pada skala bernilai 1 sampai dengan 5. Pada kinerja (*performance*), skala 1 mewakili pernyataan sangat tidak setuju sampai dengan sangat setuju yang bernilai 5. Hal yang sama juga berlaku pada skala kepentingan (*importance*) yang dimulai dari sangat tidak penting sampai dengan sangat penting. Hasil analisis *importance-performance* antara kondisi dan harapan terhadap keselamatan kapal dalam penerapan ISM Code ditunjukkan melalui Tabel. 3

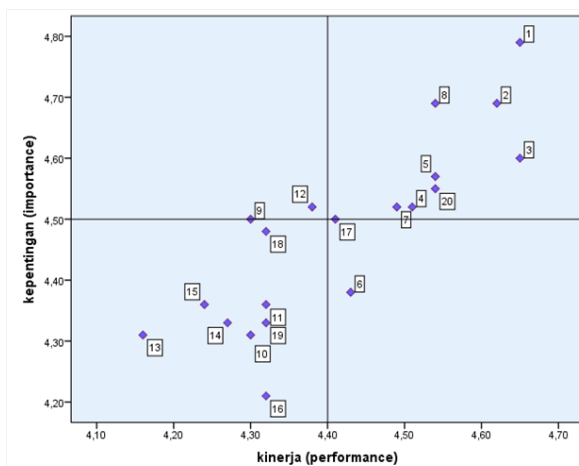
Tabel.3 Implementasi ISM Code

No.	Uraian	Rata-rata		Tingkat kesesuaian (%)
		Kinerja	Kepentingan	
Kebijakan Perusahaan				
1	Kapal melaporkan kepada perusahaan mengenai keabsahan masa berlaku semua sertifikat dan dokumen yang diperlukan dalam pengoperasian kapal.	4,65	4.79	97.14
2	Kapal melakukan prosedur untuk menjamin lingkungan kerja yang aman dalam pengoperasian kapal.	4,62	4.69	98.53
3	Kapal melakukan prosedur untuk persiapan menghadapi dan menanggulangi keadaan darurat.	4,65	4.60	101.16
4	Perusahaan membuat kebijakan mengenai keselamatan dan perlindungan lingkungan.	4,51	4.52	99.77

No.	Uraian	Rata-rata		Tingkat kesesuaian (%)
		Kinerja	Kepentingan	
5	Perusahaan melakukan pengawasan berupa audit mengenai sistem manajemen keselamatan di atas kapal.	4,54	4.57	99.32
Sumber daya dan Personil yang Berkualifikasi dan Bersertifikat				
6	Perusahaan merekrut/memilih kru kapal yang berkualifikasi, bersertifikat dan sehat secara medis untuk dipekerjakan di atas kapal.	4,43	4.38	101.18
7	Seluruh perwira dan ABK diberi waktu yang cukup untuk menyesuaikan dengan tugas-tugasnya, dalam hal ini pengenalan terhadap kapal, sijil, dan perlengkapan darurat.	4,49	4.52	99.17
8	Kapal mendokumentasikan, bahwa seluruh ABK telah menerima pengenalan dan penyuluhan serta mengerti dengan baik terhadap tugas-tugasnya.	4,54	4.69	96.80
9	Kapal melakukan drill/latihan untuk semua personil kapal dalam menunjang pelaksanaan SMS.	4,30	4.50	95.50
10	Seluruh personil kapal berkomunikasi secara efektif sesuai dengan bahasa yang dapat dimengerti oleh mereka dan melaksanakan tugas yang berhubungan dengan SMS dengan penuh tanggung jawab.	4,30	4.31	99.72
Perawatan dan Perbaikan yang Berkelanjutan				
11	Perusahaan membuat prosedur yang menjamin agar kapal dapat terpelihara sesuai dengan ketentuan peraturan yang berlaku.	4,32	4.36	99.25
12	Kapal melakukan sistem pemeliharaan berencana yang mencakup prosedur pemeliharaan untuk semua bagian dari sistem.	4,38	4.52	96.79
13	Perusahaan melakukan inspeksi untuk mengecek pelaksanaan sistem pemeliharaan peralatan di kapal.	4,16	4.31	96.58
14	Kapal mendata dan mendokumentasikan hasil pemeriksaan dan pemeliharaan yang telah dilakukan.	4,27	4.33	98.54
15	Kapal membuat laporan ke perusahaan sehubungan dengan prosedur pemeliharaan dan hasilnya.	4,24	4.36	97.39
Perawatan dan perbaikan yang Berkelanjutan				
16	Perusahaan membuat dan mengembangkan prosedur untuk mengawasi seluruh dokumen dan data yang berkaitan dengan SMS.	4,32	4.21	102.61
17	Dokumen yang digunakan untuk pelaksanaan SMS dijadikan referensi sebagai Buku Pedoman Manajemen Keselamatan.	4,41	4.50	97.90
18	Dokumen kapal selain disimpan di kapal, dokumen tersebut juga disimpan di kantor pusat/ perusahaan.	4,32	4.48	96.61
19	Dokumen yang masih berlaku dan yang kadaluarsa dipisahkan.	4,32	4.33	99.79
20	Pedoman Manajemen Keselamatan Kapal diletakkan pada tempat yang dapat dibaca.	4,54	4.55	99.84
Rata-Rata		4,42	4,48	98.68

Tabel. 3 menunjukkan hasil nilai rata-rata antara kepentingan (*importance*) dan kinerja (*performance*). Sebagian besar faktor pada setiap aspek baik kinerja dan kepentingan memiliki nilai rata-rata lebih dari 4 dari skala 5, yaitu 4,42 pada rata-rata kinerja atau kondisi, serta 4,48 pada rata-rata kepentingan atau harapan. Persentase pada tingkat kesesuaian menunjukkan pencapaian kinerja dibandingkan dengan harapan. Semua faktor pada setiap aspek memiliki nilai persentase lebih dari 95 %, bahkan terdapat 2 faktor yang bernilai lebih dari 100 %. Tingginya persentase tersebut menunjukkan bahwa tingkat kinerja pada kondisi saat ini sudah mendekati tingkat kepentingan atau harapan. Selanjutnya, nilai rata-rata setiap faktor pada kinerja dan kepentingan digunakan untuk pemetaan dalam diagram yang terbagi menjadi 4 kuadran, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar. 4

Faktor dari keempat aspek Gambar. 4 terkait keselamatan kapal tergambar pada suatu diagram yang terbagi menjadi empat kuadran yang menunjukkan tingkat prioritas atas tindak lanjut yang diperlukan. Gambar 4 menunjukkan sebaran faktor kinerja pada kondisi yang dihadapi saat ini dengan kepentingan sebagai harapan dari para pengguna atau pelaku aktifitas.



Gambar. 4 Diagram Analisis *Importance-Performance* Keselamatan Kapal

- Kuadran 1: Keep Up The Good Work (Pertahankan Prestasi), kuadran ini menunjukkan faktor yang memiliki tingkat kinerja dan tingkat kepentingan tinggi. Faktor-faktor dalam kuadran ini harus tetap dipertahankan karena tingkat kinerjanya sesuai dengan tingkat kepentingan yang diharapkan oleh pihak-pihak terkait. Faktor-faktor yang masuk dalam kuadran 1 antara lain faktor nomor 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 17 dan 20.
- Kuadran 2: Possible Overkill (Berlebihan), kuadran ini menunjukkan faktor yang memiliki tingkat kinerja tinggi tetapi tingkat kepentingan rendah. Faktor-faktor dalam kuadran ini dianggap kurang penting dan dirasakan terlalu berlebihan. Faktor-faktor yang termasuk dalam kuadran ini dapat dikurangi dengan alasan efisiensi. Faktor-faktor yang masuk dalam kuadran 2 antara lain faktor nomor 6.
- Kuadran 3: Low Priority, (Prioritas Rendah), kuadran ini menunjukkan faktor yang memiliki tingkat kinerja dan tingkat kepentingan rendah. Kuadran ini memuat faktor-faktor yang dianggap kurang penting dan kinerjanya rendah. Peningkatan kualitas faktor-faktor yang termasuk dalam kuadran ini dapat dipertimbangkan kembali karena pengaruhnya terhadap manfaat yang dirasakan rendah. Faktor-faktor yang masuk dalam kuadran 2 antara lain faktor nomor 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18 dan 19.
- Kuadran 4: Concentrate Here (Prioritas Utama), kuadran ini menunjukkan faktor yang memiliki tingkat kinerja rendah dan tingkat kepentingan tinggi. Kuadran ini memuat faktor-faktor yang dianggap penting, tetapi pada kenyataannya faktor-faktor ini belum sesuai dengan tingkat kepentingannya, sehingga faktor-faktor yang masuk dalam kuadran ini harus ditingkatkan. Faktor-faktor yang masuk dalam kuadran 4 antara lain faktor nomor 9 dan 12. Dengan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa faktor 9 yaitu pelaksanaan drill/latihan untuk semua personil kapal dalam menunjang pelaksanaan SMS belum dilaksanakan secara penuh. Pelaksanaan Drill dari data wawancara

yang peneliti lakukan diatas kapal hanya dilakukan diatas kertas berupa laporan rutin yang disampaikan untuk dokumentasi. Prakteknya pelaksanaan Drill/latihan tidak dilakukan diatas kapal. Hal ini tentu saja tidak sesuai dengan tujuan *ISM Code* yaitu Keselamatan jiwa di laut (*Safety of Life at Sea – SOLAS*), mencegah kecelakaan manusia dan hilangnya nyawa manusia, dan menghindari terjadinya kerusakan lingkungan dan properti (*kapal, fasilitas pelabuhan, rambu-rambu navigasi dan muatan*) . Dengan pelaksanaan Dril/Latihan diatas kapal diharapkan crew kapal lebih siap dalam menghadapi keadaan darurat, memastikan kondisi peralatan keselamatan dan melatih kesigapan crew dalam keadaan darurat. Dan dari factor 12 yaitu sistem pemeliharaan berencana yang mencakup prosedur pemeliharaan untuk semua bagian dari system belum terlaksana dengan baik, data wawancara kami bahwa system pemeliharaan belum terintegrasi dengan baik, system pemeliharaan masih bersifat manual sehingga terkadang terdapat pemeliharaan yang tidak terencana dengan baik sehingga tidak dilaksanakan hal ini akan memperburuk apabila tidak segera ditangani karena akan mengakibatkan kerusakan alat yang lebih parah. Sehingga dari kedua factor yang ada pada kuadran 4 yaitu memiliki kondisi yang lemah dengan kepentingan yang tinggi perlu perhatian untuk ditingkatkan.

2). Pemahaman Officer terhadap Penerapan *ISM Code* di atas Kapal

Implementasi *ISM Code* dalam penelitian ini diawali dengan deskripsi dari persentase responden yang memahami standar keselamatan tersebut. *ISM Code* dalam penelitian ini meliputi 4 aspek yaitu kesesuaian dokumen, sasaran manajemen keselamatan di perusahaan, sumber daya dan personel serta pemeliharaan kapal dan peralatannya. Berdasarkan empat aspek tersebut, didapatkan pemahaman officer mengenai *ISM Code* melalui persentase responden yang dapat memberikan jawaban secara tepat. Persentase ketepatan jawaban atas pernyataan

dari keempat aspek menunjukan pemahaman officer tentang *ISM Code*. Melalui survei dengan kuesioner didapatkan sejumlah 88 officer sebagai responden.

Aspek kesesuaian dokumen diamati melalui pendokumentasian perusahaan yang memuat kebijakan tentang keselamatan dan pencegahan pencemaran, pemberian sertifikat DOC kepada perusahaan yang telah memenuhi standar *ISM Code*, masa berlaku DOC dan SMC, pengertian SMC dan tanggung jawab nakhoda dalam menjalankan kegiatan sesuai *ISM Code* setelah kapal mendapatkan sertifikat. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa, dari 88 responden, 80 orang memberikan jawaban yang tepat. Dari hal tersebut, dapat dinyatakan bahwa 90,91% officer memahami pendokumentasian perusahaan yang memuat kebijakan tentang keselamatan dan pencegahan pencemaran. Sementara itu, dalam hal pemberian sertifikat DOC kepada perusahaan yang telah memenuhi standar *ISM Code*, terdapat 98,86 % responden yang dapat memberikan jawaban secara tepat. Selanjutnya, untuk masa berlaku DOC dan SMC, pengertian SMC dan tanggung jawab nakhoda dalam menjalankan kegiatan sesuai *ISM Code* setelah kapal mendapatkan sertifikat didapatkan masing-masing 65,91 %, 100 % dan 97,73 %.

Pada aspek sasaran manajemen keselamatan di perusahaan, hal yang diamati antara lain tujuan utama *ISM Code*, pelaporan kejadian kecelakaan kapal, tujuan kebijakan keselamatan dan perlindungan lingkungan, jaminan kekuatan peraturan dan hukum yang berlaku atas sistem manajemen keselamatan dan internal audit dalam sistem manajemen keselamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 22,73 %, 89, 77 %, 100 %, 94,32 dan 50 % responden yang memberikan jawaban secara tepat pada masing-masing faktor.

Untuk aspek sumber daya personil, terdiri dari tanggung jawab nakhoda terhadap pelaksanaan manajemen keselamatan, sifat kejujuran auditee, tanggung jawab ABK/ crew atas penerapan manajemen keselamatan,

perilaku auditor dan berlakunya manajemen keselamatan bagi kapal berbendera Indonesia. Aspek Pemeliharaan kapal dan peralatannya meliputi kecukupan suku cadang saat perawatan dan perbaikan sehingga tidak kehilangan waktu operasi (down time), perbaikan atas kerusakan yang terpantau, prosedur perawatan kapal dan peralatannya

dalam sistem manajemen keselamatan, prosedur menghadapi keadaan darurat terkait kesiapan, reaksi dan penganalisaan serta tanggung jawab crew/ABK terhadap semua alat keselamatan. Hasil persentase responden atas pernyataan dalam 4 aspek ISM Code ditunjukkan oleh Tabel. 4

Tabel. 4. Pemahaman Officer pada Implementasi ISM Code

No.	PERNYATAAN	PERSENTASE (%)
Kesesuaian Dokumen		
1	Pendokumentasian perusahaan yang memuat kebijakan tentang keselamatan dan pencegahan pencemaran	90.91%
2	Pemberian sertifikat DOC kepada perusahaan yang telah memenuhi standar ISM Code	98.86%
3	Masa berlaku DOC dan SMC	65.91%
4	Pengertian SMC	100.00%
5	Tanggung jawab nakhoda dalam menjalankan kegiatan sesuai ISM Code setelah kapal mendapatkan sertifikat.	97.73%
Sasaran Manajemen Keselamatan di Perusahaan		
6	Tujuan utama ISM Code	22.73%
7	Pelaporan kejadian kecelakaan kapal	89.77%
8	Tujuan kebijakan keselamatan dan perlindungan lingkungan	100.00%
9	Jaminan kekuatan peraturan dan hukum yang berlaku atas sistem manajemen keselamatan	94.32%
10	Internal audit dalam sistem manajemen keselamatan	50.00%
Sumber Daya dan Personel		
11	Tanggung jawab nakhoda terhadap pelaksanaan manajemen keselamatan	6.82%
12	Sifat kejujuran auditee	75.00%
13	Tanggung jawab ABK/crew atas penerapan manajemen keselamatan	95.45%

No.	PERNYATAAN	PERSENTASE (%)
14	Perilaku auditor	61.36%
15	Berlakunya manajemen keselamatan bagi kapal berbendera Indonesia	92.05%
Pemeliharaan Kapal dan Peralatannya		
16	Kecukupan suku cadang saat perawatan dan perbaikan sehingga tidak kehilangan waktu operasi (down time)	89.77%
17	Perbaikan atas kerusakan yang terpantau	75.00%
18	Prosedur perawatan kapal dan peralatannya dalam sistem manajemen keselamatan	80.68%
19	Prosedur menghadapi keadaan darurat terkait kesiapan, reaksi dan penganalisaan	82.95%
20	Tanggung jawab crew/ABK terhadap semua alat keselamatan	77.27%
	Rata-rata	77,33%

Tabel. 4 menunjukkan bahwa 100 % responden dapat memahami faktor terkait SMC (*Safety Management Certificate*) dan tujuan kebijakan keselamatan dan perlindungan lingkungan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *Safety Management Certificate (SMC)* dan tujuan kebijakan keselamatan dan perlindungan lingkungan telah dipahami oleh para officer kapal. Nilai persentase rendah ditunjukkan oleh faktor tanggung jawab nakhoda terhadap pelaksanaan manajemen keselamatan dan tujuan utama *ISM Code*. Pada pernyataan tanggung jawab nakhoda terhadap pelaksanaan manajemen keselamatan hanya 6,82 % responden yang memberikan jawaban secara tepat, sedangkan pada faktor tujuan utama *ISM Code* terdapat 22,73 % yang memahami tujuan *ISM Code*. Perlu dipahami bahwa pelaksanaan manajemen keselamatan bukan hanya tanggung jawab nakhoda, dan tujuan utama *ISM Code* bukan untuk menetapkan standar mutu perusahaan sebagaimana disebutkan dalam pernyataan kuesioner.

B. Pemahaman Crew kapal tentang *ISM Code*

Dalam penelitian ini juga ingin diketahui sejauh mana implementasi *ISM Code* melalui pengetahuan yang dimiliki oleh kru kapal terkait hal tersebut. Penelitian dilakukan melalui pemberian kuesioner pada kru yang berisi pertanyaan beserta empat opsi jawaban. Selanjutnya dilakukan rekapitulasi berupa persentase kru kapal yang memberikan jawaban secara tepat. Pada bagian ini, kru kapal diberikan pertanyaan mendasar terkait *ISM Code*. Dalam survei ini didapatkan sejumlah 155 orang kru kapal sebagai responden. Hasil rekapitulasi persentase responden ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan persentase kru kapal yang memiliki ketepatan jawaban diantara 155 orang responden. Dapat diambil contoh untuk pertanyaan terkait *ISM Code*, terdapat 83,87 % kru kapal yang dapat memberikan jawaban yang sesuai. Berdasarkan Tabel 5 didapatkan bahwa terdapat beberapa butir pertanyaan yang mendapatkan nilai persentase yang rendah, yaitu pada butir-butir diantaranya Tanggung

Tabel 5. Pemahaman dan Pengetahuan Kru tentang ISM Code

NO	URAIAN	PERSENTASE (%)
1	Pengertian ISM Code	83.87%
2	Kepanjangan dari DPA	80.65%
3	Tanggung jawab DPA Koordinasi evaluasi kecelakaan	14.84%
4	tanggung jawab dari DPA Koordinasi kendali dokumen SMS	17.42%
5	tanggung jawab dari monitoring safety drill dan safety meeting	76.77%
6	tanggung jawab dari fungsi armada	20.65%
7	tanggung jawab dari fungsi crewing / personalia	39.35%
8	tanggung jawab dari fungsi logistik	68.39%
9	tanggung jawab dari seorang nahkoda	14.84%
10	Hal yang tidak berkaitan dengan keselamatan	83.87%
11	Hal yang ingin dicapai dari PSC dalam pelayaran	75.48%
12	pedoman yang harus diperhatikan dalam inspeksi pengawasan kapal asing	85.16%
13	Indikasi yang terdapat dalam kapal substandar	63.87%
14	lingkup pemeriksaan dalam PSC	61.94%
15	maksud dengan kapal sub standar	76.77%
16	Maksud dari penahanan (detention)?	43.23%
17	Hal yang bukan Lingkup dari pemeriksaan PSC adalah.Colreg 72	70.32%
18	Aturan konvensi untuk mengetahui berlakunya sertifikat	23.23%
19	Penyelidikan dalam PSCO	58.06%
20	Wewenang dan tanggung jawab nakhoda	25.81%
	Rata-rata	54.23%

jawab DPA Koordinasi evaluasi kecelakaan, tanggung jawab dari DPA Koordinasi kendali dokumen SMS, tanggung jawab dari fungsi armada, tanggung jawab dari fungsi crewing / personalia, tanggung jawab dari seorang nahkoda, serta aturan konvensi untuk mengetahui berlakunya sertifikat. Namun demikian, beberapa hal yang memiliki persentase tinggi menunjukkan bahwa kru kapal memahami tentang pengertian ISM Code, kepanjangan dari DPA, tanggung jawab dari monitoring *safety drill* dan *safety meeting*, hal yang berkaitan dengan keselamatan, hal yang ingin dicapai dari PSC dalam pelayaran dan pedoman yang harus diperhatikan dalam inspeksi pengawasan kapal asing. Secara umum dapat dinyatakan bahwa pemahaman kru kapal tentang ISM Code termasuk dalam kategori kurang, yang ditunjukkan oleh nilai persentase sebesar 54,23 %. Persentase tersebut menunjukkan bahwa terdapat 54,23% responden yang memberikan jawaban secara tepat.

4. KESIMPULAN

Simpulan yang didapatkan dari penelitian ini diantaranya adalah

1. Implementasi ISM Code pada kapal-kapal di Pelabuhan Tanjung Perak menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor yang perlu mendapatkan perhatian dan peningkatan yaitu pelaksanaan drill/latihan untuk semua personil kapal dalam menunjang pelaksanaan SMS dan sistem pemeliharaan berencana yang mencakup prosedur pemeliharaan untuk semua bagian dari sistem. Implementasi ISM Code yang diamati dari pemahaman Officer menunjukkan bahwa secara umum termasuk dalam kategori baik, dimana sebanyak 77,33 % responden memberikan jawaban dengan benar.
2. Tingkat pemahaman dan pengetahuan crew tentang ISM Code termasuk dalam kategori kurang dimana terdapat 54,23 % responden dapat memberikan jawaban dengan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dephub 2008. *Undang – Undang RI Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran* , Dephub Biro Hukum dan KSLN
- [2] Departemen Perhubungan Laut, Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor : PY.66/I/4-03 tentang *Tata Cara Tetap Pelaksanaan Penyelenggaraan Kelaiklautan Kapal dan Pengawasan/Pemeriksaan tentang Nautis, Tekni, Radio dan Peralatan Pencegahan Pencemaran (OWS,AOD), Pengawasan Keselamatan Kapal*
- [3] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, 1993 . Suatu Bahasan tentang Komfrensi Internasional IMO, tentang : *Prevention of Pollution from Ships, 1973, as midified by the protocol of 1978 (Marpol, 73/78), Safety of Life at Sea, 1974, and Its Protocol of 1988 (Solus, 74/78), Seafarer's Traning Certification and Watch Keeping, 1995 Amandemen 1997 (STCW Code 95, 79), International Safety Management Code (ISM Code Tahun 1994, Resolusi IMO No. A. 741 (18 Tahun 1993)*
- [4] Bittel, M.A., and Bittel, L.R. (1978). *Encyclopedia of profesional management*. Danbury, Connecticut: Grolier International.
- [5] Handoko. 2000. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta: Balai Pustaka
- [6] Moenir. 1992. *Manajemen Pelayanan Umum*. Jakarta: Haji Musary
- [7] Paemboban A.R. 1994. *Analisis Tentang Koordinasi Pengelolaan Lingkungan Hidup (studi Kasus di Kabupaten Tana Toraja)*. Disertasi Program Pascasarjana IPB. Unhas

POTENSI RUMPUT LAUT GRACILARIA SP SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

Aminatus Sa'diyah^{1*}, E. Alfianto², Mohamad Nurul Huda¹, Dycka Anugerah SP¹

¹Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

email: am.sadiyah@ppns.ac.id

²Sistem Komputer, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

diterima tanggal : 22 Februari 2018 disetujui tanggal : 10 Mei 2018

Abstrak

Rumput laut *Gracilaria sp* adalah salah satu komoditas di daerah perairan bagian selatan Porong, Sidoarjo. Telah dilakukan studi untuk mengetahui potensi rumput laut *gracilaria sp* sebagai material alternatif pelapis DSSC, dengan memanfaatkan fikokieritrin atau pigmen berwarna merah yang terkandung dalam tumbuhan tersebut. Nilai penyerapan cahaya diidentifikasi sebagai parameter untuk menentukan potensial dari fikokieritrin menggunakan metode regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fikokieritrin yang terkandung dalam *Gracilaria sp* memiliki potensial penyerapan cahaya antara 489-545 nm yang nilainya mendekati panjang gelombang sinar matahari dengan rentang antara 300-800 nm. Dengan perolehan rentang tersebut disimpulkan bahwa *Gracilaria sp* dapat digunakan sebagai material alternatif DSSC.

Kata Kunci : *Gracilaria, sp. Fikokieritrin, Regresi, Absorpsi Cahaya, DSSC*

Abstract

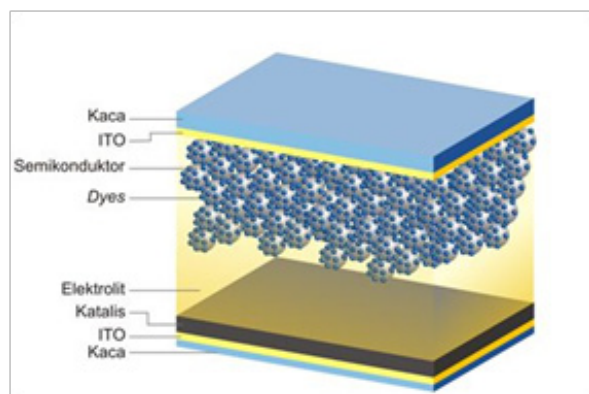
Seaweed *Gracillaria Sp.* is one of the commodities Southern waters Porong Sidoarjo. This study was conducted to determine the potential of Seaweed *Gracillaria Sp.* as an alternative material of DSSC coating by utilizing phycoerithrin or red pigment contained in Algae plants. Light absorption value has identified as parameter to determine the potential of phycoerythrin using regression methods. The results of the study is that the phycoerythrin found in *Gracillaria, Sp.* has a potential light absorption in range 489-545 nm approximately in accordance with sun wavelength 300-800 nm. As of it, phycoerythrin in *Glacillaria Sp* can be used for DSSC alternative material.

Keywords : *Gracillaria, Sp., Phycoerythrin, Regression, Light Absorption, DSSC*

1. PENDAHULUAN

Sel surya merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Indonesia berpotensi untuk pengembangan teknologi sel surya sebagai salah satu sumber energi alternatif karena posisinya terletak pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat diterima secara optimal [1]. Sel surya telah banyak dikembangkan mulai dari sel surya berbahan silikon tunggal, silikon polikristal, dan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). DSSC pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 dan dikenal sebagai *Gratzel Cells* [2].

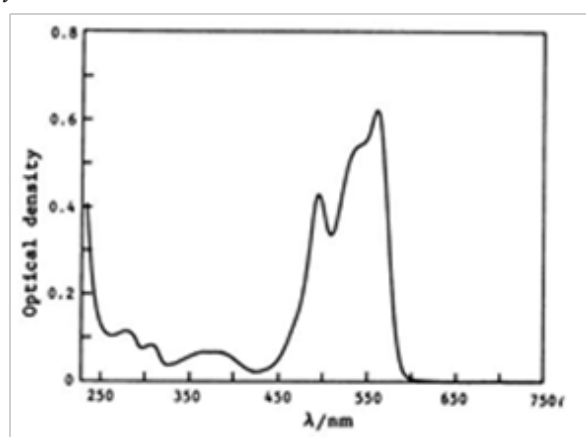
DSSC merupakan sel surya yang memanfaatkan warna alami. DSSC ini terdiri dari sepasang kaca berlapis dengan bahan TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yang saling mengapit larutan elektrolit. Elektrolit berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi redoks pada I/I₃ (*iodide/Triiodide*). Kaca berlapis tersebut berfungsi sebagai elektroda yang dideposisikan oleh *Titanium dioxide* (TiO₂) dengan transport elektron. Elektroda ini terdiri dari lapisan pigmen pewarna (antosianin) yang berfungsi sebagai donor elektron sedangkan elektroda lawan yang terlapis oleh karbon [3].



Gambar 1. DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)

Bahan alami yang sering dimanfaatkan untuk fabrikasi DSSC adalah makroalga. Makroalga merupakan tumbuhan laut yang hidup daerah perairan dangkal. Salah satu jenis makroalga yang memiliki pigmen warna (Antosianin) adalah *Gracilaria sp.* Pigmen warna yang terdapat pada *Gracilaria sp.* adalah fikoeritrin atau pigmen warna merah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan alami pembuatan DSSC [4].

Fikoeritrin merupakan sebuah protein globular dan larutannya merupakan larutan multikomponen. Fikoeritrin mempunyai kestabilan yang tinggi dibandingkan dengan pigmen yang lain, dengan rentang pH antara 5,4-6,8 [5] dalam study yang lain disebutkan R-PE dapat stabil pada pH antara 3,5 sampai 9,5 [6]. Fikoeritrin telah ditemukan di beberapa jenis rumput laut merah seperti *Gracillaria sp.*, *Eucheuma sp.*, *Porphyra yezoensis*.



Gambar 2. Tipe serapan spektrum fikoeritrin pada pH 6,8. [5]

Fikoeritrin merupakan protein yang bekerja sebagai pigmen pelengkap pada algae merah dan alga biru-hijau seperti halnya fikobilin, berfungsi dalam sel alga untuk membantu klorofil-a dalam menyerap cahaya pada proses fotosintesis. Cahaya yang diserap oleh fikoeritrin secara efisiensi dipindahkan ke fikosianin, kemudian ke allofikosianin, diteruskan ke allofikosianin B dan terakhir ke klorofil [7].

Berdasarkan serapan spektranya fikoeritrin dibagi menjadi : B-fikoeritrin (B-PE), R-fikoeritrin (R-PE) dan C-fikoeritrin (C-PE), R-PE jenis fikobiliprotein yang mendominasi algae merah [8]. Pigmen tersebut merupakan jenis pigmen yang larut air dan protein stabil. R-PE bisa digunakan dalam produksi makanan dan kosmetik, dan berperan penting dalam beberapa teknik biokimia yang berkaitan dengan sifat fluoresensinya [9]. R-PE biasanya dapat digunakan untuk pelabelan dalam imunologi, sel biologi dan *flow cytometry* [10], selain itu dapat digunakan sebagai bahan celup alami makanan dan sebagai penanda dalam gel elektroforesis dan *isoelectrofocusing* [11].

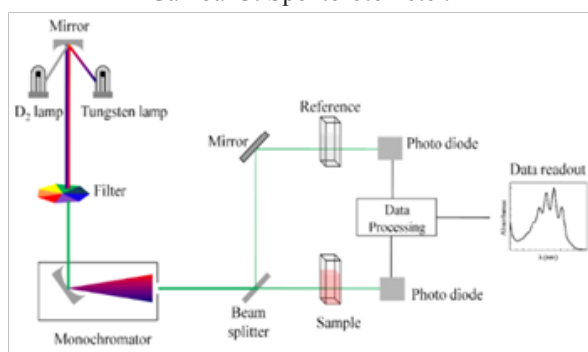
Salah satu pigmen dominan pada rumput laut merah adalah fikobilin yang terdiri dari fikoeritrin, fikosianin, dan allofikosianin [12]. Fikobilin merupakan protein, mempunyai cincin tetrapirel dan termasuk dalam gugus kromofor. Semua kromofor fikobilin mengikat sistein spesifik pada rantai polipeptida oleh ikatan-ikatan tioeter [13].

Tabel 1. Klasifikasi biliprotein berdasarkan absorbansi panjang gelombang.[14]

Biliprotein	Distribusi	Absorbansi maksimum (nm)	Emisi fluoresensi maksimum (nm)	Struktur subunit	Kandungan kromofor pada promoter (αβ)
Allofikosianin B	C, A	671>618	675	(αβ)3	2 PCB
Allofikosianin	C, A	650	660	(αβ)3	2 PCB
C-fikosianin	C, A	620	640	(αβ)3;	3 PCB
				(αβ)6	
R-fikosianin	A	617>555	636	(αβ)3;	2PCB;
				(αβ)6	PCB
Fikoerithrocianin	C	570>595	625	(αβ)3;	2 PCB;
				(αβ)6	PXB
C-fikoeritrin	C	560	577	(αβ)3;	5-6 PEB
				(αβ)6	
b-fikoeritrin	A	545>563	570	(αβ)n	6 PEB
B-fikoeritrin	A	545>563>498	575	(αβ)6 γ	6 PEB
R-fikoeritrin	C, A	565>540>498	578	(αβ)6 γ	-



Gambar 3. Spektrofotometer.



Gambar 4. Skema kerja Spektrofotometer UV-Vis. [20]

Spektrofotometer UV-VIS Spektroskopi suatu perangkat yang menginteraksikan cahaya dengan atom dan molekul. Radiasi cahaya atau elektromagnet dapat dianggap menyerupai gelombang. Dasar spektroskopi UV -Vis adalah serapan cahaya.

Secara sederhana instrument spektrofotometer terdiri dari : sumber cahaya, monokromator, sel sampel, detector dan read out (pembaca). Spektrofotometri visible disebut juga spektrofotometri sinar tampak[20].

Pada Gambar 4 merupakan rangkaian alat UV-Vis spektrofotometer. Seberkas cahaya dari sumber cahaya ultra violet (UV) dan cahaya tampak (visible) dipisahkan menjadi komponen panjang gelombang dengan kisi difraksi. Setiap monokromatik dibagi menjadi dua berkas intensitas yang sama dengan perangkat half mirror. Satu berkas sinar melewati kuvet yang berisi larutan sampel. Sinar lain, referensi (standar) melewati sebuah kuvet identik yang hanya berisi pelarut. Intensitas dari berkas cahaya tersebut kemudian diukur dengan detektor elektronik dan dibandingkan. Intensitas berkas acuan, absorsi

cahaya sedikit atau tidak ada, disebut sebagai I_0 . Intensitas berkas yang melewati larutan sampel disebut I . Semua komponen panjang gelombang yang akan diinginkan akan secara otomatis dipindai oleh spektrofotometer [20].

Bila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian dari cahaya diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul senyawa tersebut. Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum UV-Vis tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektra UV-Vis dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat dengan transisi-transisi antara tingkat-tingkatan tenaga elektronik. Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya [15].

DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) yang memanfaatkan pigmen fikoeitrin pada alga untuk menghasilkan listrik sehingga masyarakat dalam produksi dengan menggunakan alat-alat elektrik yang sumbernya dari PLN bisa diganti dengan DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) yang biayanya relatif lebih murah. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui kandungan fikoeitrin, karoten, *xantofil* yang terdapat pada Alga merah jenis *Gracilaria sp*. Hasil yang didapatkan dapat digunakan sebagai acuan untuk aproksimasi potensi Rumput laut *Gracilaria sp* jika digunakan sebagai bahan alternatif DSSC dengan memanfaatkan pigmen merah yang terkandung didalamnya..

2. METODE PENELITIAN

Studi dilakukan dengan mengambil sampel di Dusun Tanjung Sari Desa Kupang Kecamatan Jabon Sidoarjo dimana terdapat banyak tambak rumput laut. Rumput laut yang ditanam berjenis *Gracilaria, sp* yang merupakan salah satu Alga Merah.

Sampel tersebut digunakan untuk mengetahui kadar pigmen warna yang terdapat pada rumput laut *Gracilaria sp*. Dye alami yang dihasilkan dari alga merah rumput laut *Gracilaria sp* kemudian di karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur panjang gelombang yang diserap dan menghitung energi

gap dye nya. Selanjutnya dilakukan analisis data regresi berdasarkan studi literatur mengenai kadar pigmen warna merah fikoeritrin yang terdapat pada Alga merah jenis *Gracilaria sp* untuk mengetahui hubungan emisi fluoresensi terhadap kemampuan absorpsi cahaya saat fotosintesis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

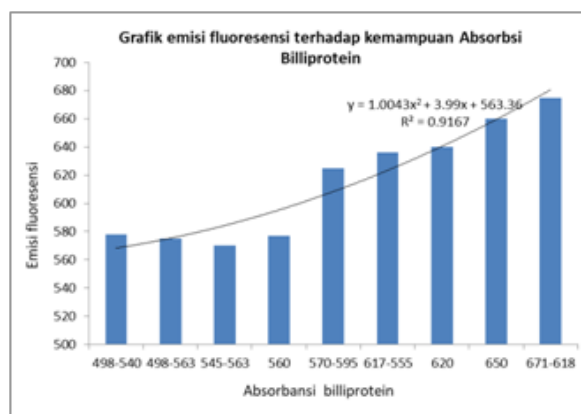
Berdasarkan pengambilan sampel dan studi literature didapatkan hasil berupa hubungan antara fluoresensi dengan kemampuan absorpsi panjang gelombang oleh bilirubin yang dimiliki alga.

Alga memiliki karakteristik yang bisa diklasifikasikan menjadi 6 kelompok berdasarkan kemampuannya menyerap cahaya [18]. Kemampuan penyerapan cahaya dapat ditentukan dari tipe klorofil dan nilai absorpsi terhadap fluoresensi maksimum berdasarkan pigmen warna [16].

Studi ini merupakan kajian awal untuk mengetahui potensi rumput laut *Gracilaria sp* sebagai bahan alternatif DSSC berdasarkan kandungan fikoeritrin atau pigmen warna merah. Sehingga berdasarkan tabel 1 dapat diketahui bahwa alga merah (*Gracilaria sp*) memiliki kandungan karoten 0,947 % , xantofil 0,727 % , klorofil a 74,920 % , fikoeritrin 8%.

Tabel 2. Kadar pigmen dalam Alga [17]

No	Filum Alga	Klorofil	Pigmen	Billiprotein fluoresensi (nm)
1	Chlorophyta	a , b	Karoten , Xantofil	380-490
2	Phaeophyta	a , c	Karoten , Xantofil	535
3	Rhodophyta	a , d	Karoten, Xantofil , Fikoeritrin	498-545
4	Chrysoophyta	a , c	Karoten, Xantofil	585, 615
5	Phyrrrophyta	a , c	Karoten, Xantofil	544, 563
6	Euglenophyta	a , b	Karoten, Xantofil	620



Larutan dye dibuat dari ekstraksi fikoeritrin pada alga merah yang dapat menyerap dan meneruskan spektrum cahaya tampak. Zat warna ini berfungsi sebagai *dye sensitizer*. Spektrum absorpsi diukur pada rentang panjang gelombang 350-800 nm. Hasil karakterisasi spektrum absorpsi (tabel 2) mempertlihatkan bahwa spektrum serapan ekstrak fikoeritrin pada alga merah terletak pada 498– 620nm. Ekstraksi fikoeritrin pada alga merah menghasilkan warna yang tampak (warna komplemen) hijau kebiruan dengan warna yang diserap adalah warna merah dengan panjang gelombang 498-620 nm [19]

Pada penelitian ini menggunakan sumber cahaya matahari yang mempunyai rentang panjang gelombang yang lebar dan intensitas yang dipancarkan ke bumi besar. Intensitas sangat mempengaruhi daya keluaran dari DSSC. Semakin besar intensitas, semakin banyak jumlah foton yang diserap oleh *dye*. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa Grafik emisi fluoresensi berdasarkan spektrofotometri terhadap kemampuan absorpsi yang dimiliki bilirubin memenuhi persamaan polinom orde 2. Kemampuan absorpsi terbesar terjadi pada *Euglenophyta*, sedangkan *Glacilaria sp* yang termasuk dalam filum *Rhodophyta* memiliki kemampuan absorpsi cahaya sebesar 498-545 nm. Hal ini menunjukkan bahwa *Glacilaria sp* merupakan alga merah yang sensitive terhadap cahaya sehingga bisa digunakan sebagai salah satu alternatif bahan pembuatan DSSC.

4. KESIMPULAN

Studi awal ini menghasilkan suatu kesimpulan yaitu DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) dapat dimanfaatkan dengan mengkombinasikan bahan anorganik TiO₂ dengan bahan organik alga merah yaitu *Gracilaria sp.* Pigmen warna yang dimanfaatkan untuk menyerap intensitas cahaya adalah fikoeritrin dengan kemampuan absorpsi pada cahaya dengan rentang panjang gelombang sebesar 498-545 nm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardianto Rino . “Uji Kerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Lapisan Capacitive Touchscreen Sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil *Nannochloropsis Sp.* Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO₂”. Jurnal Keteknikan Pertanian dan Biosistem Vo. 3 no. 3 (2015) hal. 325-337
- [2] B. O'Regan and M. Grätzel, “A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films” Natural 353 (1991) pp. 737 – 740.
- [3] Choirul M. “Pembuatan Prototype Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Memanfaatkan Ekstrak Antosianin Strawberry”. Prosiding Seminar Nasional dan Pendidikan Sains VII (2013), Vol. 4 No. I. ISSN : 2087-0922
- [4] Firmanda, E. 2014. “Pigmen Fikoeritrin dari Mikroalga *Porphyidium cruentum* Sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya Tersensitisasi Dye”. IPB. Bogor
- [5] Mizuno, T. 1979. “Illustration of the freshwater plankton of Japan”. Hoikusha Publishing Co.Ltd. Japan : 313 p.
- [6] Kawsar, A. “Protein R-phycoerythrin From Marine Red Alga *Amphiroa anceps*: Extraction, purification and characterization”. Phytologia Balcanica 17 (3) : 347-354, Sofia, 2011.
- [7] Chakdar H. “Potential application of blue green Algae”. Journal of Scientific & Industrial Research (2012).Vol. 71. Pp. 13-20.
- [8] Marsac NT. “Phycobiliproteins and phycobilisomes : the early observations”. Photosynthesis Research 76 : 2003. Netherlands : Kluwer Academic Publisher.
- [9] Albertsson, PA. 2003. The contribution of photosynthetic pigments to the development of biochemical separation methods : 1900-1980. –Photosynth. Res, 76 (1-3): 217-225
- [10] Wilson, GD. “Probing the Cell Cycle with Flow Cyometry”. J. Biomedical Science and Engineering, 2014. 7. 698-711. SciRes. Scientific Research.
- [11] Agnolo, D. “Isolation and Characterisation of a foaming fraction from hot water extract of roasted coffee”. Colloq. Sci. Int. Café 18th. 1999. 95-105
- [12] Pagulendren, S. “Extraction of R-Phycoerythrin from *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex Silva and analyses of its physico-chemical properties. J. Acad. Indus. Res. Vol. 1 (7) 2012. P. 407. ISSN : 2278-5213
- [13] Niu, J-F. Wang, G-C and Tseng, C-K. “Methods for Large Scale Isolation and Purification of R-Phycoerythrin Red Alga *Polysiphonia urceolata* Grev. Protein Expression and Purification, 49, No. 1, 23 (2006)
- [14] Gary J, Wedemayer, Daniel G., David E, Wemmer, and Alexander D Glazer. Phycobilins of Cryptophycean Algae. The Journal of Biological Chemistry. Vol. 267. No. 11. pp. 7315-7331. 1992. The American Society for Biochemistry and Molecular Biology, Inc.
- [15] Khopkar, SM. 2006. Basic Concepts of Analytical Chemistry. 3rd edition. ISBN : 978-81-224-2092-0. New Age International Publisher..
- [16] Jin-Ching Lee, Ming-Feng Hou, Hung Wen Huang, Fang-Rong Chang, Chi-Chen Yeh, Jen-Yang Tang, Hsueh-Wei Chang. Marine Algal natural products with anti-oxidative, anti-inflammatory, and anti-cancer properties. Cancer Cell International 2013, 13-55.
- [17] Edward W. Wilde, Carl B. Fliermans.

Fluorescence Microscopy for Algal studies.
Transaction of the American Microscopical
Society Vol. 98, No. 1 (Jan 1979), pp. 96-
102

- [18] John T. O. Klirk. 2010. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems.* Cambridge University Press. p.293-300
- [19] Samsonoff WA, MacColl R. Biliproteins and phycobilisomes from cyanobacteria and red algae at the extremes of habitat. Springer. Archives of Microbiology. 2001, Vol. 176, Issue 6, pp 400-405.

PENERAPAN *FACTOR ANALYSIS* UNTUK MEREDUKSI VARIABEL SEKTOR PERIKANAN KABUPATEN/KOTA DI JAWA TIMUR

Farizi Rachman¹

¹Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

farizirachman@ppns.ac.id

diterima tanggal : 10 April 2018 disetujui tanggal : 10 Mei 2018

Abstrak

Penelitian ini akan membuat analisis faktor perikanan laut dan perairan umum di Jawa Timur. Analisis ini merupakan kelanjutan dari pemetaan sektor perikanan Kabupaten/Kota di Jawa Timur dengan menggunakan Fuzzy K-means. Analisis faktor adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mampu menjelaskan hubungan atau korelasi antara berbagai indikator independen yang diobservasi. Tujuan dari analisis faktor adalah untuk menggambarkan hubungan-hubungan kovarian antara beberapa variabel yang mendasari tetapi tidak teramati, kuantitas random yang disebut faktor. Berdasarkan analisis faktor dengan menggunakan analisis factor maka didapatkan bahwa 70,150% persoalan perikanan laut yang terdiri dari Sembilan variabel bergantung pada dua faktor utama dan saling independen. Sedangkan analisis faktor untuk perairan umum didapatkan bahwa 70,144% persoalan perairan umum yang terdiri dari Sembilan variabel bergantung pada dua faktor utama dan saling independen. Proses analisis faktor ini melalui proses rotasi dengan varimax.

Kata Kunci: Perikanan, Analisis faktor, Varimax

Abstract

This research will make variable factor analysis, marine fishery and public waters in East Java. This analysis is a continuation of mapping of fishery sector of City in East Java by using Fuzzy Kmeans. Factor analysis is a technique used to look for factors that can explain the relationship or correlation between the various independent indicators that are observed. The purpose of factor analysis is to illustrate the covariance relationships between some underlying but unobserved variables, random quantities called factors. Based on factor analysis using factor analysis it is found that 70,150% marine fishery problem consist of Nine variables depend on two main factor and mutual independent. While factor analysis for general waters found that 70.144% of the general waters problem consisting of Nine variables depend on two main factors and is independent. The process of analyzing this factor through the rotation process with varimax.

Keywords: Perikanan, Analisis faktor, Varimax

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data statistik tahun 2014, diketahui bahwa distribusi Produk Domestik Regional Bruto Jawa Timur diperoleh dari sektor industri dan pengolahan sebesar 28,90%, sektor perdagangan, hotel dan restoran sebesar 17,24%, dan yang ketiga sektor pertanian,

kehutanan dan perikanan sebesar 13,73%. Seiring perkembangan lingkungan strategis, peran laut menjadi signifikan serta dominan dalam mengantar kemajuan suatu negara. Jika kekuatan dan kekayaan laut diberdayakan, maka akan meningkatkan kesejahteraan dan keamanan suatu negara. Salah satu kekayaan laut yang perlu diperhatikan adalah

sektor perikanan. Potensi sumber daya perikanan tangkap, budaya, dan pengolahan sebesar US\$ 29 miliar per tahun. Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi dengan volume hasil perikanan tangkap di laut terbesar di Indonesia dengan produksi 362.624 ton/tahun.

Pemerintah Jawa Timur melansir bahwa konsumsi ikan Provinsi Jawa Timur tidak kurang dari 31,6 kg/kapita/tahun. FAO (*Food and Agriculture Organization*) memiliki standar minimal konsumsi ikan di dunia yaitu 30 kg/tahun. Dengan demikian, konsumsi ikan di Jawa Timur sudah melebihi standar FAO. Konsumsi ikan yang tinggi di Jawa Timur berkaitan erat dengan produksi ikan yang terjadi di wilayah ini. Jika Konsumsi ikan tinggi, maka idealnya produksi ikan di Jawa Timur juga harus tinggi. Data volume produksi perikanan tangkap di Jawa Timur mencapai 375.823,8 ton per tahun yang merupakan angka tertinggi kedua di Indonesia [1, 2, 3].

Kenyataannya, potensi setiap kabupaten/kota di Jawa Timur belum terjabarkan secara spesifik. Sehingga perlu dikaji lebih mendalam mengenai penyebaran potensi perikanan kabupaten/kota di Jawa Timur, disusun suatu sistem yang terintegrasi sehingga pada akhirnya mampu memberikan *value added* bagi masyarakat setempat setiap kabupaten/kota di Jawa Timur khususnya, dan meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi provinsi Jawa Timur.

Penelitian ini akan melakukan analisis faktor untuk mereduksi variabel variabel pada perikanan laut dan perairan umum. Analisis ini merupakan kelanjutan dari pemetaan sektor perikanan Kabupaten/Kota di Jawa Timur dengan menggunakan *Fuzzy K-means* [4]. Analisis faktor adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mampu menjelaskan hubungan atau korelasi antara berbagai indikator independen yang diobservasi. Tujuan dari analisis faktor adalah untuk menggambarkan hubungan-hubungan kovarian antara beberapa variabel yang mendasari tetapi tidak teramati, kuantitas random yang disebut faktor [5].

Analisis pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu perairan umum dan perikanan laut. Masing-masing kelompok memiliki variabel yang sama yaitu jumlah nelayan/ petani ikan, jumlah

Rumah tangga/ perusahaan perikanan, jumlah Perahu/ kapal ikan yang digunakan, jumlah alat penangkap ikan, Produksi ikan, Nilai produksi ikan, Pengeluaran ikan, Angka Harapan Hidup (AHH), dan PPP (Pengeluaran Per Kapita).

Dengan menggunakan analisis faktor maka akan bisa dianalisis hubungan kedekatan antar variabel sektor perikanan laut dan perairan umum di Jawa Timur. Sehingga masing-masing faktor yang terbentuk akan memiliki karakteristik tersendiri. Sehingga bisa diajukan acuan oleh pemerintah untuk membuat kebijakan yang lebih terarah karena penanganan akan disesuaikan dengan karakteristik masing-masing faktor yang sudah terbentuk.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis faktor dengan pendekatan varimax. Tujuan dari analisis faktor adalah untuk menggambarkan hubungan-hubungan kovarian antara beberapa variabel yang mendasari tetapi tidak teramati, kuantitas random yang disebut faktor [5]. Vektor random teramati X dengan p komponen, memiliki rata-rata dan matrik kovarian. Model analisis faktor adalah sebagai berikut :

$$X_1 - \mu_1 = \ell_{11}F_1 + \ell_{12}F_2 + \dots + \ell_{1m}F_m + \varepsilon_1$$

$$X_p - \mu_p = \ell_{p1}F_1 + \ell_{p2}F_2 + \dots + \ell_{pm}F_m + \varepsilon_p$$

Atau dapat ditulis dalam notasi matrik sebagai berikut :

$$X_{pxl} = \mu_{(pxl)} + L_{(pxm)}F_{(mxl)} + \varepsilon_{pxl}$$

dengan

μ_i = rata-rata variabel i

ε_i = faktor spesifik ke $- i$

F_j = common faktor ke- j

ℓ_{ij} = loading dari variabel ke $- i$ pada faktor ke- j

Bagian dari varian variabel ke $- i$ dari *mcommon faktor* disebut komunalitas ke $- i$ yang merupakan jumlah kuadrat dari loading

variabel ke $- i$ pada $mcommon$ faktor [5]
dengan rumus :

$$h_i^2 = \ell_{i1}^2 + \ell_{i2}^2 + \dots + \ell_{im}^2$$

Tujuan analisis faktor adalah menggunakan matriks korelasi hitungan untuk 1) Mengidentifikasi jumlah terkecil dari faktor umum (yaitu model faktor yang paling parsimoni) yang mempunyai penjelasan terbaik atau menghubungkan korelasi diantara variabel indikator. 2.) Mengidentifikasi, melalui faktor rotasi, solusi faktor yang paling masuk akal. 3.) Estimasi bentuk dan struktur loading, komunalitas dan varian unik dari indikator. 4.) Interpretasi dari faktor umum. 5.) Jika perlu, dilakukan estimasi faktor skor [6,7]

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Adapun data sekunder yang akan digunakan dalam penelitian adalah data perikanan tangkap dari Dinas Kelautan Perikanan (DKP), dan data sektor perikanan Kabupaten/ Kota Jawa Timur yang disajikan oleh Biro Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini terdiri dari dua kelompok yaitu perikanan laut dan perairan umum. Masing-masing kelompok memiliki variabel yang sama, tetapi memiliki data yang berbeda. Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel penelitian

No.	Variabel	Satuan
1	Nelayan/ petani ikan (X_1)	Orang
2	Rumah tangga/ perusahaan perikanan (X_2)	Unit
3	Perahu/ kapal ikan yang digunakan (X_3)	Buah
4	Alat penangkap ikan (X_4)	Unit
5	Produksi ikan (X_5)	Ton
6	Nilai produksi ikan (X_6)	Rupiah
7	Pengeluaran per kapita masyarakat (X_7)	Rupiah
8	Angka Harapan Hidup (AHH) (X_8)	Tahun
9	PPP (Pengeluaran Per Kapita) (X_9)	Rupiah

Beberapa langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

a. Kajian Pustaka.

Kajian pustaka terus dilakukan selama penelitian berlangsung untuk meningkatkan pengetahuan pelaksana kegiatan. Kajian pustaka dilakukan dengan melakukan telaah buku-buku dan artikel-artikel yang bersesuaian dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.

b. Melakukan pengambilan data.

Pengambilan data sekunder dari Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) dan Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, untuk semua variabel pada setiap kabupaten/kota Jawa Timur sejumlah 29 kabupaten dan 9 kota, sehingga total kabupaten/kota yang akan menjadi objek penelitian adalah 38 wilayah.

c. Setelah mendapatkan data, dilakukan *pre processing* data agar data lebih *smooth*.

d. Pengolahan Data

Mengolah Data menggunakan metode analisis faktor dengan pendekatan *varimax*.

e. Membuat analisa data dan mereduksi variabel menjadi beberapa faktor yang sudah terbentuk berdasarkan analisis faktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini hasil analisis faktor sektor perikanan laut dan perairan umum dengan pendekatan *varimax*. Penelitian ini diawali dengan analisis cluster dengan Fuzzy K-Means Clustering.

• Perikanan Laut

Berdasarkan pengelompokan dengan menggunakan *Fuzzy K-Means Clustering* terbentuk 4 kelompok. Cluster 1 terdiri dari Sembilan kabupaten yaitu Pacitan, Treggalek, Malang, Jember, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Bangkalan dan Sampang. Cluster 2 merupakan kelompok yang paling banyak, terdiri dari 23 Kabupaten/ Kota. Dilihat dari letak geografis anggota cluster memiliki area pantai atau laut yang sangat kecil dan sektor perikanan laut bukan merupakan penghasilan utama masyarakat setempat sehingga pengelolaan hasil laut kurang maksimal dimanfaatkan.

Cluster 3 merupakan kelompok yang memiliki potensi perikanan laut tertinggi di Jawa Timur. Kelompok ini terdiri dari 3 kabupaten yaitu Banyuwangi, Lamongan, dan Sumenep. Dilihat dari letak geografis anggota cluster memiliki area pantai atau laut yang sangat luas. Cluster 4 merupakan kelompok yang terdiri dari tiga kabupaten yaitu Gresik, Pamekasan, dan Kota Mojokerto. Pengelompokan ini cukup menarik karena Kota Mojokerto adalah Kabupaten yang terletak di perkotaan.

Tabel 2 Output analisis factor perikanan laut

Com- ponent	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared		
	Loadings					
	Total	% of Vari- ance	Cumu- lative %	Total	% of Varian-ce	Cumula- tive %
1	5.097	56.630	56.630	4.98	55.412	55.412
2	1.217	13.520	70.150	1.32	14.737	70.150
3	.806	8.953	79.102			
4	.703	7.811	86.913			
5	.609	6.770	93.683			
6	.262	2.915	96.598			
7	.179	1.989	98.587			
8	.095	1.057	99.645			
9	.032	.355	100.00			

Proses selanjutnya adalah dilakukan analisis faktor. Analisis faktor adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mampu menjelaskan hubungan atau korelasi antara berbagai indikator independen yang diobservasi.

Tabel 3 nilai komponen analisis faktor

	Component	
	1	2
X1	.913	-.243
X2	.920	-.014
X3	.965	-.105
X4	.896	-.116
X5	.604	-.259
X6	.865	-.099
X7	.650	.227
X8	-.188	.732
X9	.039	.760

Berdasarkan analisis faktor dengan menggunakan analisis factor maka didapatkan bahwa 70,150% persoalan perikanan laut yang

terdiri dari Sembilan variabel bergantung pada dua faktor utama dan saling independen. Proses analisis factor ini melalui proses rotasi dengan varimax.

Faktor pertama dibentuk oleh tujuh variabel yang terdiri dari jumlah nelayan/petani ikan, jumlah rumah tangga/perusahaan perikanan, jumlah kapal penangkap ikan, jumlah produksi ikan, nilai produksi ikan, dan pengeluaran ikan. Ketujuh variabel tersebut saling berkorelasi secara positif. Faktor ini membentuk 55,41% dari variabel yang ada. Faktor kedua dibentuk oleh dua variabel yaitu angka harapan hidup dan pengeluaran per kapita. Kedua variabel ini berkorelasi positif dan merupakan pembentuk indeks pembangunan manusia. Faktor ini membentuk 14,7% dari variabel yang ada

• Perairan Umum

Berdasarkan pengelompokan dengan menggunakan *Fuzzy K-Means Clustering* terbentuk 3 kelompok. Cluster 1 terdiri dari Sembilan Kabupaten/ Kota di Jawa Timur yaitu Pacitan, Tulungagung, Malang, Lumajang, Bondowoso, Madiun, Ngawi, Gresik dan Surabaya. Cluster 2 ini terdiri dari 3 kabupaten/ kota di Jawa Timur yaitu Bojonegoro, Tuban dan Lamongan. Cluster ini merupakan cluster terbaik dalam pengoptimalan potensi perikanan tangkap pada perairan umum di Jawa Timur pada Tahun 2016.

Cluster 3 ini terdiri dari 26 Kabupaten/ Kota di Jawa Timur yaitu kabupaten/ kota Ponorogo, Trenggalek, Blitar, Kediri, Jember, Banyuwangi, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Magetan, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kediri, Blitar, Malang, Probolinggo, Pasuruan, Mojokerto, Mojokerto, Mdiun dan Batu. Cluster 3 ini memiliki peringkat ke dua (menengah) dibandingkan dua cluster yang lain, karena cluster ini cukup baik dalam mengelola potensi perikanan tangkap pada perairannya.

Proses selanjutnya adalah dilakukan analisis factor. Berdasarkan analisis factor dengan menggunakan analisis factor maka didapatkan bahwa 70,144% persoalan perairan umum yang terdiri dari Sembilan variabel bergantung pada dua factor utama dan saling independen. Proses analisis factor ini melalui proses rotasi dengan varimax.

Tabel 4 Output analisis factor perairan umum

Com- ponent	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared		
	Loadings					
	Total	% of Vari- ance	Cumula- tive %	Total	% of Vari- ance	Cu- mula- tive %
1	5.096	56.625	56.625	4.987	55.409	55.409
2	1.217	13.519	70.144	1.326	14.734	70.144
3	.806	8.952	79.096			
4	.703	7.812	86.908			
5	.609	6.772	93.680			
6	.262	2.913	96.593			
7	.179	1.993	98.585			
8	.095	1.059	99.645			
9	.032	.355	100.000			

Tabel 5 Nilai komponen analisis faktor

	Component	
	1	2
X1	.913	-.242
X2	.920	-.014
X3	.965	-.105
X4	.896	-.116
X5	.604	-.259
X6	.865	-.099
X7	.650	.227
X8	-.188	.732
X9	.039	.761

Berdasarkan Tabel 5, terbentuk dua faktor pertama. Faktor pertama dibentuk oleh tujuh variabel yang terdiri dari jumlah nelayan/petani ikan, jumlah rumah tangga/perusahaan perikanan, jumlah kapal penangkap ikan, jumlah produksi ikan, nilai produksi ikan, dan pengeluaran ikan. Ketujuh variabel tersebut saling berkorelasi secara positif. Faktor ini membentuk 55,40% dari variabel yang ada. Faktor kedua dibentuk oleh dua variabel yaitu angka harapan hidup dan pengeluaran per kapita. Kedua variabel ini berkorelasi positif dan merupakan pembentuk indeks pembangunan manusia. Faktor ini membentuk 14,73% dari variabel yang ada.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis faktor untuk perikanan laut dan perairan umum terbentuk dua faktor utama dengan nilai *loading factor*

masing-masing 70,15% dan 70,14%

2. Hasil analisis faktor Untuk Perikanan Laut Faktor pertama dibentuk oleh tujuh variabel yang terdiri dari jumlah nelayan/petani ikan, jumlah rumah tangga/perusahaan perikanan, jumlah kapal penangkap ikan, jumlah produksi ikan, nilai produksi ikan, dan pengeluaran ikan. Faktor kedua dibentuk oleh dua variabel yaitu angka harapan hidup dan pengeluaran per kapita.
3. Hasil analisis faktor untuk perairan umum faktor pertama dibentuk oleh tujuh variabel yang terdiri dari jumlah nelayan/petani ikan, jumlah rumah tangga/perusahaan perikanan, jumlah kapal penangkap ikan, jumlah produksi ikan, nilai produksi ikan, dan pengeluaran ikan. Faktor kedua dibentuk oleh dua variabel yaitu angka harapan hidup dan pengeluaran per kapita

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, Jawa Timur Dalam Angka 2016.
- [2] Ardiansyah, M.A. 2014. "Pemetaan Potensi Perikanan Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur 2011". Surabaya: ITS
- [3] PPID. (24 Juni 2012). Konsumsi Ikan Masyarakat Jatim Terbesar. Kominfo Jatim. Halaman 1. Tersedia: <http://kominfo.jatimprov.go.id/watch/31496> (10 Oktober 2013).
- [4] Farizi R, dan Norromadani. (2016). Pemetaan sector perikanan laut Kabupaten/ Kota Jawa Timur dengan metode fuzzy k-means clustering. Master 2016 vol.01
- [5] Johnson, R.A. and Winchern, D.W. 2007. "Applied Multivariate Statistical Analysis". Pearson Education International. USA
- [6] Sharma, S. 1996. Applied Multivariate Techniques, New-York: John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. (2010). Multivariate Data Analysis Seventh Edition.

Halaman ini sengaja dikosogkan

ANALISIS PELAPISAN TEMBAGA TERHADAP LAJU KOROSI DAN STRUKTUR MIKRO GREY CAST IRON

Fitri Hardiyanti^{1*}, Mochamad Yusuf Santoso²

¹Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
email: fitridiyanti@gmail.com

²Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

diterima tanggal : 20 Maret 2018 disetujui tanggal : 10 Mei 2018

Abstrak

Material besi tuang kelabu merupakan bahan yang banyak digunakan untuk aktivitas industri, termasuk industri rumah tangga. Bahan ini memiliki titik leleh yang rendah, sehingga mudah untuk dibentuk, bahkan pada cetakan yang rumit. Masalah utama pada logam untuk industri adalah korosi. Beberapa teknik digunakan untuk menghalangi korosi. salah satu caranya adalah pelapisan logam, seperti elektroplating. Teknik ini akan diterapkan pada besi tuang kelabu untuk melindungi dari pengaruh lingkungan, seperti hujan atau air laut. Makalah ini akan melakukan kajian pengaruh waktu perendaman dan konsentrasi larutan elektroplating untuk besi tuang kelabu. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan dan semakin lama waktu perendaman, laju korosi akan melambat. Pengujian struktur mikro menunjukkan hasil bahwa bahan besi tuang kelabu akan mengalami perubahan struktur mikro setelah korosi.

Kata kunci : Besi tuang kelabu, laju korosi, elektroplating, konsentrasi larutan, uji perendaman

Abstract

Metals are material that widely used in industrial activity, including home industry. However, the main problem in metal industry is corrosion. Some techniques are utilized for corrosion inhibition. One of them are metal coating. Grey cast iron is one of cast iron which has low melting temperature. It is easily formed, even for complicated mold. This metal has potential for corrosion because it will contact environment, such as rain or sea water. Thus, grey cast iron needs corrosion protection. One of metal coating techniques is electroplating. This paper will study about the influence of immersion time and solution concentration in electroplating technique for grey cast iron. Experimental result show that the higher solution concentration and the longer immersion time, the corrosion rate will decelerate. Microstructure testing shows that corroded metal has rougher structure than uncorroded one.

Keywords : grey cast iron, corrosion rate, electroplating, solution concentration, immersion test

1. PENDAHULUAN

Logam menjadi kebutuhan pada berbagai macam industri, termasuk sektor industri rumah tangga. Salah satu permasalahan penggunaan logam untuk industri yaitu korosi [1]. Hal ini tentu saja akan memberikan hambatan untuk kegiatan industri. Korosi merupakan kerusakan atau degradasi dari material akibat reaksi reduksi-oksidasi (redoks) antara bahan dengan berbagai zat yang ada di lingkungan sehingga menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan [2]. Contoh paling

umum dari korosi adalah pengkaratan pada besi. Berbagai macam cara digunakan untuk mencegah terjadinya korosi. Salah satu tekniknya adalah dengan melapisi logam menggunakan krom [3].

Grey cast iron, atau disebut besi tuang kelabu memiliki sifat sebagai logam yang sangat mudah untuk melebur. Sifat ini menguntungkan pada proses peleburan karena menghemat bahan bakar. Besi ini juga sangat mudah untuk dibentuk, walaupun dengan cetakan yang rumit. penerapan paling banyak untuk material ini adalah knalpot

sepeda motor dan katup pada pompa air. Seperti halnya logam yang mengandung besi lainnya, besi tuang kelabu berpotensi untuk korosif. Hal ini karena pada penggunaannya, bahan ini berhadapan langsung dengan cuaca, seperti hujan atau air laut, yang menjadi penyebab utama terjadinya korosi [4].

Pelapisan krom merupakan pelapisan logam dengan teknik elektroplating. Berbagai jenis logam seperti besi, baja, dan tembaga dapat dikenai perlakuan teknik ini. Teknik ini dilakukan dengan menambahkan logam lain sebagai pelapis. Pelapisan krom juga dapat dilakukan untuk bahan plastik atau bahan non-logam lain, dengan syarat material tersebut harus dicat terlebih dahulu menggunakan cat yang mengandung logam untuk membangkitkan listrik [5].

Pelapisan krom pada besi tuang kelabu pernah dilakukan [6-8]. Namun, masih belum didapatkan informasi tentang pengaruh konsentrasi larutan dan lama waktu perendaman elektroplating untuk menghasilkan pelapisan krom yang bagus. Kedua parameter ini juga masih menjadi rahasia bagi pemilik industri elektroplating. Penelitian ini akan menjelaskan tentang pengaruh waktu perendaman dan konsentrasi larutan elektroplating. Analisis akan dilakukan terhadap laju korosi dan struktur mikro material besi tuang kelabu.

2. METODE PENELITIAN

A. Persiapan Material

Bahan yang akan digunakan untuk pelapisan krom adalah besi tuang kelabu. Besi tuang kelabu banyak sekali digunakan karena keunggulannya. Sifat unggul dari logam ini antara lain: mudah diproses, harga relatif murah, tahan aus atau gesekan, faktor redam dan kekuatan tekan yang tinggi [4].



Gambar 1. Contoh Spesimen Besi Tuang Kelabu

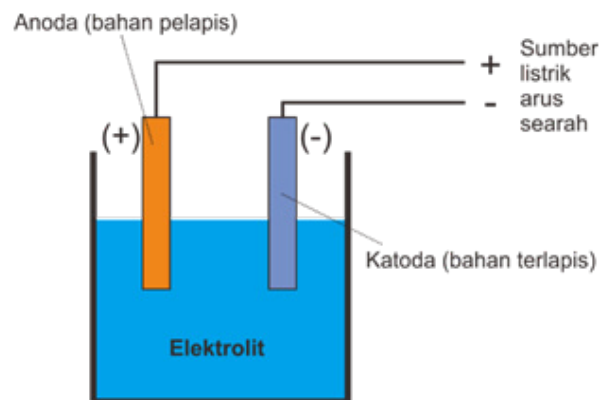
Ukuran dari spesimen pada penelitian ini adalah 50 mm (panjang) x 30mm (lebar) x 25mm (tebal). Contoh dari spesimen logam ditunjukkan pada Gambar 1.

B. Elektroplating

Elektroplating merupakan salah satu teknik pelapisan logam untuk mencegah terjadinya korosi dengan cara pengendapan pada elektroda. Tujuannya untuk membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dari logam dasarnya [5].

Teknik elektroplating merupakan teknik elektrolisa yang menggunakan bejana sel elektrolisa berisi larutan elektrolit. Skema proses elektroplating ditunjukkan pada Gambar 2. pada larutan tersebut, minimal terdapat dua elektroda yang tercelup. setiap elektroda dihubungkan dengan arus listrik untuk menjadi kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda) [5].

Prinsip dasar pelapisan logam dengan teknik elektroplating adalah menempatkan ion-ion logam dan elektrom pada logam yang dilapisi. Ion-ion tersebut berasal dari anoda dan elektrolit yang digunakan. Arus listrik akan mengalirkan elektron melalui anoda menuju katoda. Persiapan permukaan logam yang akan dilapisi perlu dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan daya ikat antara lapisan dan spesimen [5]. Material pelapis yang digunakan adalah tembaga dan larutan elektrolitnya menggunakan larutan tembaga sulfat (CuSO_4). Gambar 3 menunjukkan peralatan yang digunakan untuk proses pelapisan logam.



Gambar 2. Skema Proses Elektroplating [5]

Terdapat tiga variasi nilai konsentrasi larutan dengan waktu perendaman tetap dan tiga variasi waktu perendaman dengan satu konsentrasi tetap. Masing-masing variasi diwakili oleh tiga spesimen. Sehingga total spesimen yang digunakan berjumlah 18 (delapan belas).

Tabel 1. Variasi spesimen

Nomor Spesimen	Konsentrasi CuSO ₄ (%)	Waktu Perendaman (menit)	Massa (grams)	Volume (cm ³)
1	70%	90	208.1302	27.76874
2	70%	90	193.9187	20.95632
3	70%	90	210.5441	26.81024
4	50%	90	189.8993	25.70906
5	50%	90	213.0327	31.3158
6	50%	90	207.4928	29.80027
7	30%	90	196.2182	28.75635
8	30%	90	180.3598	26.23556
9	30%	90	180.9015	29.42529
10	50%	120	199.9050	28.52677
11	50%	120	190.3201	33.65517
12	50%	120	172.9842	28.68964
13	50%	90	191.7462	23.64613
14	50%	90	185.1865	31.88086
15	50%	90	160.0659	22.8735



Gambar 3. Instrumen Elektroplating

C. Proses Korosi

Korosi dapat dikatakan sebagai penurunan kualitas logam. Korosi dapat terjadi akibat reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan. Salah satu kondisi lingkungan yang sering mengakibatkan korosi pada besi adalah air laut. Air laut mengandung berbagai macam garam, dengan prosentase garam terbesar adalah NaCl [9].

Untuk menghasilkan korosi pada material spesimen, dilakukan uji perendaman. Spesimen direndam dalam larutan garam (NaCl) selama 8 hari, yang ditunjukkan pada Gambar 4. Larutan garam digunakan karena larutan ini merupakan media korosif [9]. Hasil proses perendaman kemudian ditimbang untuk diketahui massa setelah mengalami proses korosi.

D. Perhitungan Laju Korosi

Laju korosi dengan immersion test dilakukan berdasarkan kehilangan berat. Metode kehilangan berat dilakukan dengan menghitung selisih antara berat awal dan berat akhir yang terjadi setelah beberapa waktu pencelupan [10].



Gambar 4. Proses Perendaman Spesimen pada Larutan NaCl

$$CR = (87,6 \times W) / (D \times A \times T) \quad (1)$$

dimana:

CR = laju korosi (mmpy)

W = berat yang hilang (gram)

D = density benda uji korosi (gram/cm³)

A = luas permukaan (in²)

T = waktu, hour (jam).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

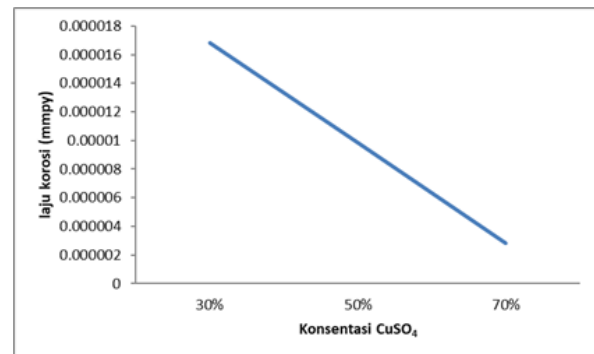
Massa dari spesimen yang sudah mengalami korosi ditunjukkan pada Tabel 2. Dengan menggunakan informasi kehilangan berat, diperoleh nilai laju korosi. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan grafik hubungan konsentrasi larutan terhadap laju korosi yang ditunjukkan pada Gambar 5. Sedangkan Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan antara lama perendaman proses elektroplating dengan korosi.

Gambar 5 menunjukkan grafik nilai laju korosi berdasarkan perubahan konsentrasi CuSO₄. Grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan CuSO₄, maka laju korosi akan semakin menurun. Pada Gambar 6, ditunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman, maka laju korosi akan semakin rendah.

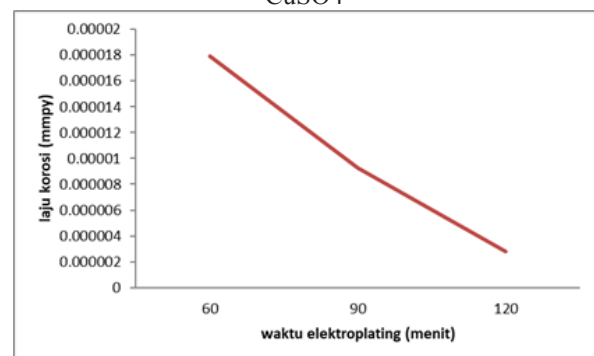
Tabel 2. Hasil Perhitungan Laju Korosi

Nomor Spesimen	W1 (gram)	W8 (gram)	W (gram)	Cr (mmpy)
1	208.1302	208.1281	0.0021	2.137E-06
2	193.9187	193.9152	0.0035	3.396E-06
3	210.5441	210.5410	0.0031	2.998E-06
4	189.8993	189.8900	0.0093	9.936E-06
5	213.0327	213.0235	0.0092	9.644E-06
6	207.4928	207.4832	0.0096	9.959E-06
7	196.2182	196.2046	0.0136	1.470E-05
8	180.3598	180.3407	0.0191	2.158E-05
9	180.9015	180.8896	0.0119	1.424E-05
10	199.9050	199.9022	0.0028	2.965E-06
11	190.3201	190.3181	0.0020	2.408E-06
12	172.9842	172.9817	0.0025	3.099E-06
13	191.7462	191.7390	0.0072	7.622E-06
14	185.1865	185.1785	0.0080	9.634E-06
15	160.0659	160.0570	0.0089	1.059E-05

16	200.6378	200.6198	0.0180	1.982E-05
17	156.0315	156.0188	0.0127	1.632E-05



Gambar 5. Grafik Laju Korosi Terhadap Konsentrasi CuSO₄

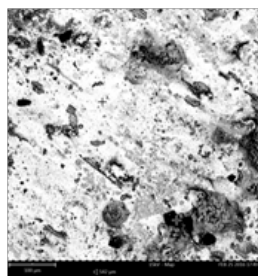


Gambar 6. Grafik Laju Korosi Terhadap Waktu Elektroplating

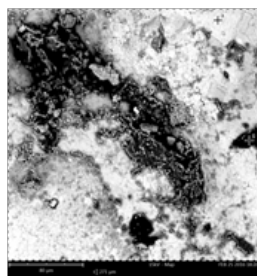
Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan tembaga sulfat akan meningkatkan ketahanan korosi besi tuang kelabu. Begitu juga dengan meningkatkan waktu perendaman, material akan lebih lambat mengalami korosi jika semakin lama direndam. Namun, tentu saja peningkatan dua parameter pada penelitian ini akan berdampak pada sifat mekanis lainnya, Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan formulasi konsentrasi larutan tembaga sulfat dan waktu perendaman yang tepat agar mendapatkan hasil krom yang dapat melindungi logam dari korosi secara maksimal dan dapat mempertahankan sifat unggul dari material.

Setelah didapatkan nilai laju korosi untuk tiap specimen, tahapan berikutnya adalah melakukan pengujian struktur mikro. Pengujian struktur mikro specimen dilakukan dengan mikroskop elektron. Tujuan dari pengujian struktur

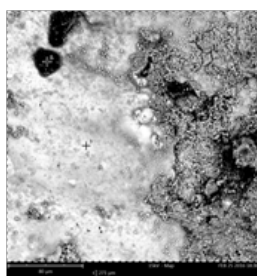
mikro adalah mengetahui bagaimana struktur mikro dari spesimen yang mengalami korosi dan tidak mengalami korosi.



sampel 1



sampel 2



sampel 3

Gambar 7. Hasil pengujian mikro spesimen yang mengalami korosi



Gambar 8. Hasil pengujian mikro spesimen yang tidak mengalami korosi

Hasil pengujian struktur mikro untuk spesimen yang mengalami korosi ditunjukkan pada Gambar 7. Terdapat tiga buah spesimen uji dengan perbesaran 1000 kali. Sedangkan untuk material yang tidak mengalami korosi, hasil pengujian mikro ditunjukkan pada gambar 8. Berdasarkan hasil pengujian mikro, didapatkan hasil bahwa spesimen yang mengalami korosi memiliki permukaan yang lebih kasar daripada spesimen yang tidak mengalami korosi. Hal ini menunjukkan bahwa material yang tidak

mengalami korosi memiliki struktur yang lebih teratur daripada yang tidak mengalami korosi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan, didapatkan bahwa konsentrasi larutan dan waktu perendaman pada proses elektroplating berpengaruh terhadap laju korosi. Semakin tinggi konsentrasi larutan, maka semakin rendah laju korosinya. Untuk waktu perendaman, laju korosi akan semakin lambat jika waktu perendaman semakin lama. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan material yang mengalami korosi memiliki struktur yang lebih tidak teratur daripada material yang tidak mengalami korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Topayung, D., *Pengaruh Arus Listrik Dan Waktu Proses Terhadap Ketebalan Dan Massa Lapisan Yang Terbentuk Pada Proses Elektroplating Pelat Baja*. Jurnal Ilmiah Sains, 2011. 11(1): p. 97-101.
- [2] Haryono, G., et al. *Ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi*. in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*(1). 2010.
- [3] Mubin, A., *Uji Pemanfaatan Teknologi Elektroplating Pada Produk Pandai Besi Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas dan Daya Saing*. Jurnal Teknik Industri, 2001. 2(1).
- [4] Subarmono, S., R. Rusiyanto, and S.W. Siswanto, *Pengaruh pemanasan paska pengelasan terhadap sifat mekanis besi tuang kelabu*. Jurnal Mesin dan Industri, 2007. 4(1): p. 89-95.
- [5] Suarsana, K., *Pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam pelapisan khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram, 2008. 2(1): p. 48-60.
- [6] Romijarso, T.B., *Perbandingan Kekerasan Dan Ketahanan Abrasi Proses Pelapisan Kromisasi, Boronisasi Dan Vanadisasi Pada Besi Cor Kelabu*. Metalurgi, 2017. 28(3): p. 167-176.

- [7] Sukrawan, Y., *Analisis Variasi Waktu Proses Hard Chrome Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Besi Cor Kelabu*. Torsi, 2016. 1(1).
- [8] Umardani, Y., D.B. Wibowo, and A. Suprihanto, *Perbaikan Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan Unsur Crom Dan Tembaga*. 2005.
- [9] Ludiana, Y. and S. Handani, *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia Sinensis) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B Erw*. Jurnal Fisika Unand, 2012. 1(1).
- [10] Pattireuw, K.J., F.A. Rauf, and R.C.A. Lumintang, *Analisis laju korosi pada baja karbon dengan Menggunakan air laut dan H₂SO₄*. Jurnal Online Poros Teknik Mesin Unsrat, 2013. 2(1).

ANALISA KOROSI MATERIAL PADA PROSES HYDROTREATING POLY FATTY ACID DESTILLATE

Mukhlis^{1*}, Bambang Widyanto²

¹Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

email: mukhlis.ppns15@gmail.com

²Teknik Material, Institut Teknologi Bandung

diterima tanggal : 20 Februari 2018 disetujui tanggal : 10 Mei 2018

Abstrak

Kajian ini bermaksud untuk menentukan material yang tahan korosi untuk peralatan proses hydrotreating Poly Fatty Acid Distillate (PFAD). Pengujian korosi ini dilakukan terhadap baja tahan karat feritik dan austenik dengan metode imersi dalam autoclave. Hasil pengujiaa ini untuk melengkapi pengujian yang sama yang telah dilakukan pada material baja karbon, baja krom-moly dan baja tahan karat martensitic. Autoclave dioperasikan pada tekanan sekitar 15,7÷ 29,42 bar; temperatur 140 ÷ 300°C, kadar TAN 45 ÷ 169,19 mg KOH/ml per sampel minyak dan kadar air 0 ÷ 17% volume. Kemudian, karakterisasi material dan media digunakan FTIR-GCMS, mikroskop cahaya, scanning electron microscope, dan uji kehilangan berat material. Dari hasil FTIR-GCMS diketahui adanya agen korosi berupa asam karboksilat, namun belum dapat dipastikan secara signifikan bahwa asam tersebut adalah asam naftanik. Sementara itu, hasil pengamatan dengan mikroskop cahaya dan SEM terlihat profil permukaan material yang terkorosi. Ketika uji imersi dilakukan pada temperatur 300°C, tekanan 29,42 s/d 34,3, kadar air 17% volume and nilai TAN 169,19 mg KOH / gr sampel minyak, terlihat bahwa temperature dan nilai TAN berpengaruh signifikan terhadap laju korosi. Setelah membandingkan hasil penelitian ini dan sebelumnya, baja tahan karat austenik memiliki ketahanan korosi yang baik pada proses hydro-treating media yang mengandung Poly Fatty Acid Distillate (PFAD).

Kata kunci: Hydro-treating, PFAD, korosi, baja tahan karat.

Abstract

This study has objective to find corrosion resistant material for hydro-treating process of Poly Fatty Acid Distillate (PFAD). Corrosion testing on this study was conducted on ferritic stainless steel and austenitic stainless steel by immersion testing in autoclave. Results of this study will outfit the prior study which was done on carbon steel, chrome-moly steel, and martensitic stainless steel. Autoclave is operated at range of pressure about 15,7÷ 29,42 bar; temperature 140 ÷ 300°C, feed's TAN value 45 ÷ 169,19 mg KOH/ml of oil sample and water content of feed about 0 ÷ 17% volume. Characterization of material and feed will performed by FTIR-GCMS, optical microscope, scanning electron microscope, and weight loss test. It was observed by FTIR –GCMS that corrosion agent is carboxylic acid, but it was not well understood if subjected acid is naphthenic acid. While, through optical microscopy and SEM it was found that uniform corrosion was occurred. When immersion testing was performed at 300°C, 29,42 s/d 34,3 bar, 17% volume of water and TAN value 169,19 mg KOH / gr sample, it was observed significant effect on corrosion rate which show that temperature, and TAN value have significant effect on corrosion rate. Comparing result of corrosion study between material from carbon steel, chrome-moly steel, martensitic stainless steel, ferritic stainless steel and austenitic stainless steel, it was found that austenitic stainless steel has good corrosion resistant in hydro-treating process of Poly Fatty Acid Distillate (PFAD).

Keywords: hydro-treating, PFAD, corrosion, stainless steel.

1. PENDAHULUAN

Harga minyak dunia selalu bergejolak. Hal ini dapat mempengaruhi stabilitas ekonomi dan politik, terutama bagi Negara – Negara pengimpor minyak mentah seperti Indonesia. Untuk itu perlu upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber energy alternative yang melimpah dan ramah lingkungan untuk diolah menjadi biodiesel. Sebagai Negara penghasil kelapa sawit, Indonesia memiliki bahan baku biodiesel yang melimpah, diantaranya poly fatty acid destilate. PFAD merupakan produk sampingan dalam proses produksi minyak nabati yang dikonsumsi manusia [12].

Biodiesel tersusun dari monoalkil ester fatty acid yang dapat disintesis dari minyak tumbuhan, hewan, maupun alga [7,13]. Beberapa kelebihan dari penggunaan bahan bakar biodiesel antara lain biodegradable (dapat terurai oleh lingkungan), tidak beracun, serta dapat menggantikan bahan bakar solar diesel dalam banyak aplikasi seperti boiler dan mesin pembakaran internal tanpa modifikasi pada mesin atau kehilangan unjuk kerja. Bahkan dengan pemakaian biodiesel mampu mereduksi emisi hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan particulate matter (PM) serta dapat mengeliminasi emisi sulfat dan karbon dioksida (CO₂) [1]. Selain itu, biodiesel memiliki sifat yang hampir sama seperti halnya bahan bakar diesel konvensional dalam berbagai hal diantaranya viskositas, flash point, cetane number (TAN), dll [8].

Untuk menghasilkan biodiesel dari minyak nabati, metode yang umum dikenal yaitu metode trans-esterifikasi. Kelemahan proses ini adalah produk biodiesel mudah teroksidasi dalam penyimpanan.

Salah satu alternative metode produksi biodiesel yakni metode hydrotreating [5]. Hydrotreating merupakan salah satu proses yang sudah umum dilakukan dalam proses distilasi minyak mentah menjadi solar. Proses ini berlangsung pada tekanan dan temperature tinggi. Bio-solar dari hasil hydrotreating minyak nabati memiliki sifat yang sangat mirip dengan solar konvensional, daya tahan simpan yang lebih baik.

Disisi lain, bahan baku dari minyak nabati atau minyak kualitas rendah memiliki nilai TAN

yang melampaui syarat minimum nilai TAN yang aman terhadap permasalahan korosi pada peralatan hydrotreating [3,6]. Korosi material akan terjadi ketika terekspose dalam proses hydrotreating dengan media minyak nabati [2,4,9,10,11,14].

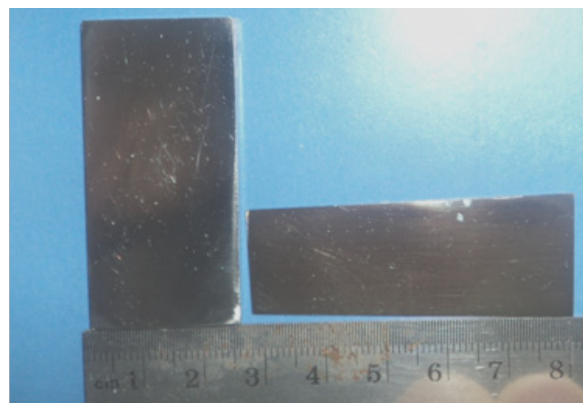
Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh parameter nilai TAN dan temperature terhadap ketahanan korosi material, mengetahui jenis korosi dan mengetahui material yang memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dalam kondisi hydrotreating process.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Material uji dan Bahan

Dalam penelitian ini, material uji yang digunakan adalah baja tahan karat :

- Grade 316 / A240 TP316, baja tahan karat tipe austenik
- Grade 430 / A240 TP430, baja tahan karat tipe feritik



Gambar 2.1 Kupon uji Immersion



Gambar 2.2 PFAD

Media uji Pada Gambar 2.1 merupakan kombinasi antara :

- PFAD.
- Minyak goreng
- Aquades

Bahan pendukung pada Gambar 2.2 antara lain :

- Aseton
- Alkohol
- Kertas amplas

2.2 Peralatan

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoclave.

Pada autoclave ini dilengkapi dengan heater yang mampu mencapai temperature 600°C. kemudian, Untuk mengetahui kondisi operasinya, maka dilengkapi dengan indicator temperature dan tekanan.



Gambar 2.3 Autoclave mini

Sementaraitu, alat pendukung yang digunakan adalah :

- Alat untuk mempersiapkan specimen uji seperti; alat potong accutom merk struers,

mesin amplas, hair drier, kaliper, timbangan presisi tinggi,

- Alat untuk mempersiapkan media hydrotreating seperti; gelas ukur, pipet, oven.
- Alat untuk mengkarakterisasi material; mikroskop optis, SEM.
- Alat untuk mengakarakterisasi media hydrotreating seperti; FTIR merk Shimadzu, GCMSmerk shimadzu.

Setelah perangkat dan bahan tersebut tersedia, percobaan dilakukan dengan langkah – langkah sbb:

1. Purging autoclave dengan nitrogen, untuk menghilangkan agen korosi lain dalam atmosfir autoclave.
2. Immersion testing pada dengan kondisi tekanan 22,6bar, kadar air 17%, temperature kerja 230°C - 300°C dengan variasi TAN masing masing adalah 45,32, 106,45, 118,89 dan 169,19 mg KOH per gr.sampel PFAD
3. Karakterisasi produk korosi dengan FTIR-GCMS, karakterisasi material dengan Optical microscope, SEM dan weigh loss test.

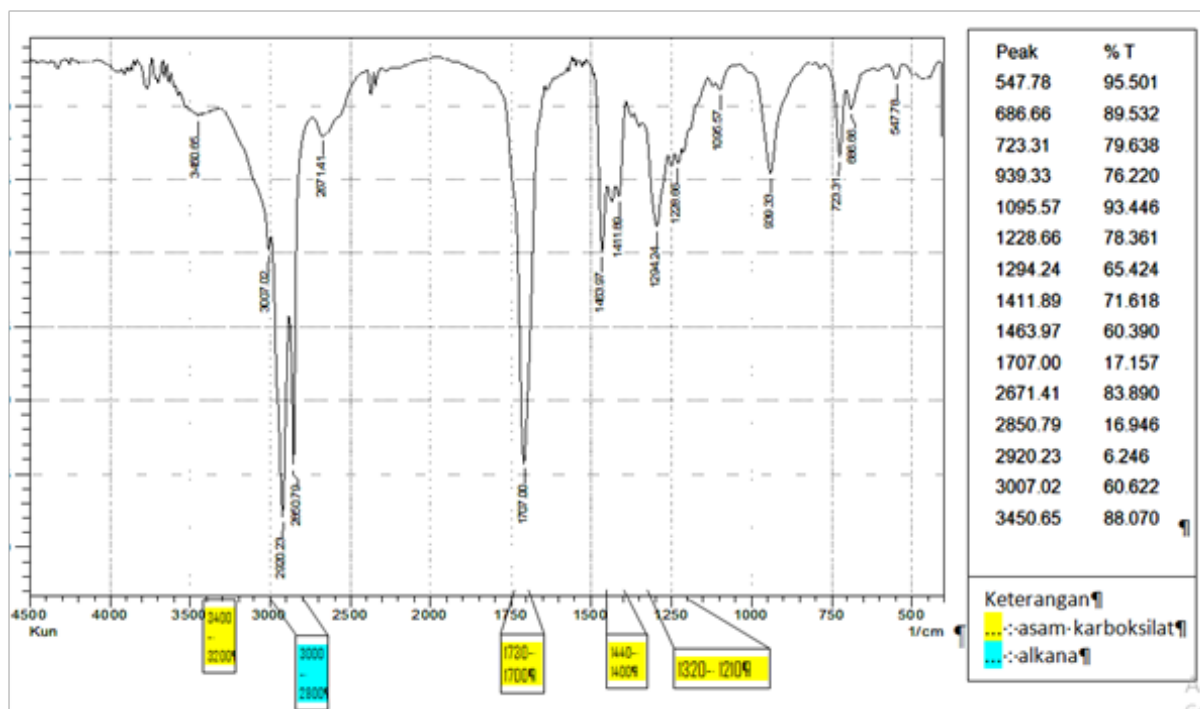
Penggunaan FTIR-GCMS diharapkan terdeteksi keberadaan asam naftanik, agen korosi yang biasanya terdapat dalam media. Pengamatan visual dengan Optical microscope dan SEM digunakan untuk melihat profil yang terkorosi. Dan, weight loss testing akan menggambarkan ketahanan korosi material uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil FTIR dan GCMS

Dalam penelitian ini, korosi diindikasikan oleh adanya asam naftanik dalam media. Asam naftanik merupakan salah satu gugusan asam karboksilat, keberadanya akan terdeteksi dari hasil FTIR-GCMS. Absorpsi IR asam karboksilat terdiri dari empat kategori yaitu O-H stretch (3400-2400 Cm-1), C=O stretch (1730-1700 Cm-1), O-H bend (1440-1400 Cm-1), dan C-O stretch (1320 - 1210 Cm-1).

Berdasarkan hasil FTIR berikut;



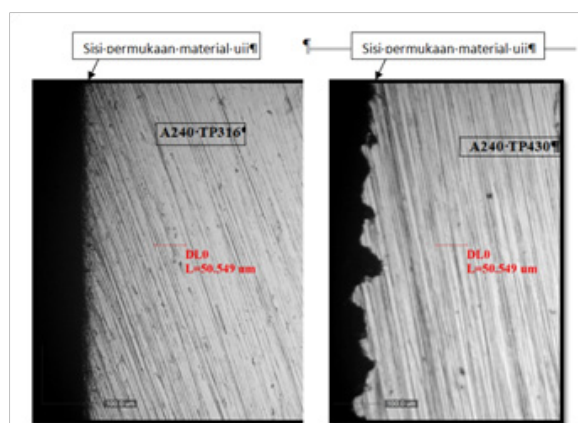
Gambar 3.1 hasil FTIR PFAD

Gugus fungsi yang terdapat pada PFAD adalah Alkana C-H stretch dan asam karboksilat C=O stretch. Hal ini mengarahkan dugaan bahwa korosi yang terjadi adalah korosi yang disebabkan oleh asam karboksilat. Dugaan ini juga diperkuat oleh berkurangnya jumlah / kadar C=O stretch (1730-1700 cm^{-1}) dalam media setelah immersion testing

Setelah memastikan keberadaan asam karboksilat dengan FTIR, langkah selanjutnya adalah mencari turunan asam karboksilat yang berupa asam naftanik, yang mana dalam penelitian ini dilakukan dengan analisa GCMS. Dari hasil GCMS tersebut tidak dijumpai adanya turunan asam karboksilat yang berupa asam naftanik, hal ini diduga disebabkan oleh kelemahan / keterbatasan GCMS untuk mendeteksi senyawa yang terlalu khas.

3.2 Hasil Optical Microscope dan SEM

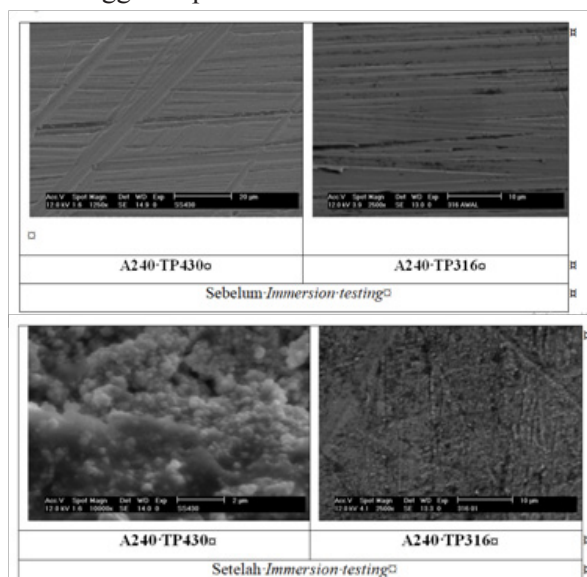
Setelah dilakukan Immersion testing dan pembersihan permukaan material uji dari minyak dan produk korosi, ada dua metode observasi visual yang dilakukan untuk melihat indikasi adanya proses korosi pada permukaan logam yaitu pengamatan dengan mikroskop optik dan pengamatan dengan mikroskop elektron.



Gambar 3.2 Potongan melintang A240 TP316 dan A240 TP430 hasil pengamatan dengan mikroskop optik setelah Immersion testing pada Tekanan 29,42 bar, T 300°C, media PFAD, durasi 24 jam

Dalam Gambar 3.3, terlihat permukaan kedua material uji sebelum immersion testing memiliki kekasaran permukaan yang relatif sama oleh karena diampas hingga grit amplas yang sama, 800 grit. Namun kekasaran permukaan kedua material tersebut terlihat berbeda setelah immersion testing yang mengindikasikan bahwa kedua material uji tersebut telah mengalami korosi dengan tingkat laju korosi yang berbeda. A240 TP430, sebelah kiri bawah, menunjukkan permukaan yang

lebih kasar dari permukaan A240 TP316, gambar sebelah kanan bawah, yang mengindikasikan bahwa kedua material mengalami korosi dimana A240 TP430 mengalami laju korosi yang relatif lebih tinggi daripada A240 TP316.

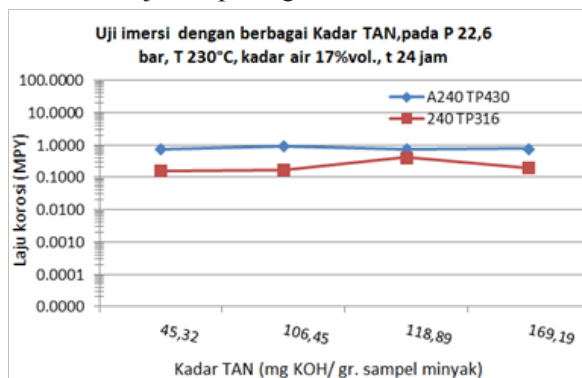


Gambar 3.3 SEM sebelum dan sesudah Immersion.

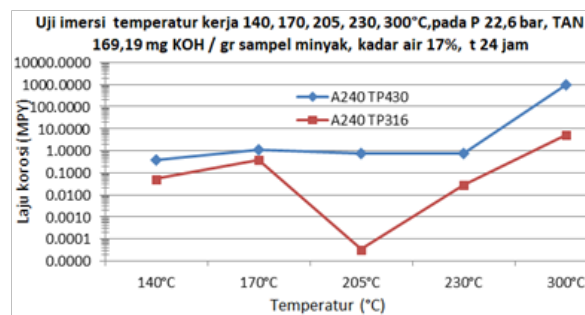
Ketahanan yang lebih baik terhadap korosi pada A240 TP316 dibandingkan dengan A240 TP430 diduga terkait dengan adanya elemen Cr, Ni, dan Mo serta rendahnya kadar karbon dibandingkan A240 TP430

3.3 Pengaruh TAN dan temperature terhadap ketahanan korosi

Untuk mengetahui pengaruh parameter nilai TAN terhadap laju korosi, immersion testing dilakukan pada nilai TAN 45,32, 106,45, 118,89 dan 169,19 mg KOH per gr.sampel PFAD, sementara temperatur kerja adalah 230°C, tekanan kerja 22,6bar dan kadar air 17% volume. Kurva korelasi antara parameter nilai TAN dengan laju korosi ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.4 Kurva nilai TAN media, mg KOH/ml sampel vs laju korosi, Mpy



Gambar 3.5 kurva T vs laju korosi

Berdasarkan kurva Gambar 3.4 tersebut, terlihat bahwa ketika immersion testing dilakukandengan nilai - nilai TAN sebagaimana disebut diatas maka nilai TAN tidak berpengaruh secara signifikan terhadap laju korosi A240 TP316 dan A240 TP430. Namun, ketika uji korosi dilakukan pada kondisi temperatur kerja 300°C, nilai TAN yang semula menunjukkan pengaruh terhadap laju korosi, terutama pada A240 TP430.

Hal lain yang bisa dilihat dalam Gambar 3.5 adalah A240 TP316 masih memiliki ketahanan korosi yang baik pada nilai TAN 169,19 mg KOH / ml sampel ketika temperatur dan tekanan kerja 300°C.

3.4 Pembahasan

Ketika immersion testing dilakukan pada nilai TAN 45,32, 106,45, 118,89 dan 169,19 mg KOH per gr.sampel PFAD, sementara temperatur kerja adalah 230°C, tekanan kerja 22,6 bar dan kadar air 17% volume. Kurva korelasi antara parameter nilai TAN dengan laju korosi ditunjukkan pada gambar 3.4. Berdasarkan kurva tersebut, terlihat bahwa ketika immersion testing dilakukandengan nilai - nilai TAN sebagaimana disebut diatas maka nilai TAN tidak berpengaruh secara signifikan terhadap laju korosi A240 TP316 dan A240 TP430. Namun, ketika uji korosi dilakukan pada kondisi temperatur kerja 300°C, nilai TAN yang semula tidak menunjukkan laju korosi yang signifikan berubah menunjukkan peningkatan laju korosi. Peningkatan laju korosi yang paling signifikan terutama pada A240 TP430.

Selanjutnya, dari pengamatan visual dengan mikroskop optik dan mikroskop elektron (SEM), material uji A240 TP316 dan A240 TP430 mengalami korosi merata. Jenis korosi yang terjadi kemungkinan besar akan berbeda jika media dalam kondisi mengalir. Foto potongan melintang dan permukaan A240 TP430 menunjukkan bahwa material tersebut mengalami proses korosi yang lebih hebat dibandingkan dengan A240 TP316. Daya tahan korosi yang lebih baik pada SS 316 kemungkinan besar didukung elemen paduannya yang lebih kaya akan Cr, Ni, dan Mo serta kadar karbon yang sangat rendah. Oleh karena komposisi yang komplisit dan kadar karbon yang lebih rendah, harga 316 kemungkinan akan lebih tinggi dari material uji lain. Walaupun memiliki harga yang tinggi, 316 ini tentu saja dapat dipertimbangkan aplikasinya untuk kondisi kerja yang kritis mengingat penghematan untuk biaya pemeliharaan alat yang dinilai sebanding dengan harga pengadaanya.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- Material mengalami korosi merata.
- Agen korosi berasal dari asam yang termasuk gugusan asam karboksilat.
- Temperatur dan TAN berpengaruh terhadap ketahanan korosi material.
- Baja tahan karat austenitic A240 TP 316 memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan baja karbon, baja krom-moly baja tahan karat feritik ataupun martensitik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Silva, M.A.V., Ferreira, B.A.G., Marques, L.G.C., Murta, A.L.S., Freitas, M.C.V., & Marcos A.V.. 2017. Comparative study of NOx emissions of biodiesel-diesel blends from soybean, palm and waste frying oils using methyl and ethyl transesterification routes. *Journal of Fuel*. pp.144-156.
- [2] Sixian, R., et al. 2014. High temperature naphthenic acid corrosion of SA210C and A335 P5. *Material and Corrosion*, 65(6), pp. 619 – 625.
- [3] Ponte, Haroldo A., et al. 2014. TAN influence analysis at the stainless steel corrosion behavior – electrochemical noise technic. *Petrobrass*.
- [4] Bota, Gheorghe, & Nesic, Srdjan. 2013. Naphthenic acid challenges to iron sulfide scales generated in situ from model oils on mild steel at high temperature. *NACE International*.
- [5] Lu, Thomas. 2012. *Challenges in Opportunity Crude Processing*. Ecolab
- [6] Gabrielsen, Jostein, et al. 2011. *Hydrotreating of Triglycerides to Make Aviation Biofuels*. Biomass. Maryland.
- [7] Xue, J., Grift, T.E., & Hansen A.C.. 2011. Effect of biodiesel on engine performances and emissions. *Renew Sustain Energy Rev*. pp. 1098–116.
- [8] Noiroj, K., Intarapong, P., Luengnaruemitchai, A., & Jai-In, S. 2009. A comparative study of KOH/Al₂O₃ and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterification from palm oil, . *Jurnal Renewable Energy*. pp. 1145-1150
- [9] Kanukuntla, Vijaya. 2008. Formation of sulfide scales and their role in naphthenic acid corrosion of steels. Thesis. Ohio University.
- [10] Kane, R.D. & Cayard, M.S.. 2002. A comprehensive study on naphthenic acid corrosion. *NACE International*.
- [11] Petkova, N., dkk. 2002. Establishing the reasons and type of the enhanced corrosion in the crude oil atmospheric distillation unit.
- [12] Widyanto, Bambang, dkk. 2012. *Penelitian Ketahanan Fasilitas Pengolahan Hydrotreated Bio Diesel (HBD)*. Bandung : LAPI ITB.
- [13] Harvey, David. 2000. *Chemistry: Modern Analytical Chemistry*. First Edition. McGraw-Hill.
- [14] Zuk, Heinz, David Johnson & Gregg R McAteer. 2003. *Mitigating corrosion from naphthenic acid streams*. Ondeo Nalco Energy Services & Norsk Hydro AS.

e-ISSN : 2620-7540



p-ISSN : 2620-4916

