



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Studi Perancangan *Fish Processing Vessel* dengan Bentuk Lambung *Catamaran* untuk Perairan Indonesia

Rizaldy Ilham<sup>1)</sup>, Ahmad Fauzan Zakki<sup>1)</sup>, Dedy Chrismianto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Komputer & Desain Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>e-mail : rizaldyilham98@gmail.com, ahmadfzakki@yahoo.com, dedychrismianto@yahoo.co.id

### Abstrak

Ketimpangan rasio antara jumlah ketersediaan ikan dengan frekuensi penangkapan pada wilayah perairan dangkal kurang dari 12 mil laut berdampak pada menurunnya hasil tangkapan nelayan. Permasalahan tersebut muncul karena hampir 95% nelayan nasional menggunakan kapal ikan yang tidak bermesin ataupun kapal bermesin dibawah 30 gross tonnage (GT), dan menggunakan alat tangkap tradisional sehingga mengurangi lingkup eksplorasi serta kuantitas hasil tangkapan. Selain itu, penanganan hasil tangkapan yang tidak mengikuti prosedur yang benar, karena tidak tersedianya fasilitas *cold storage* pada kapal juga memperburuk kualitas tangkapan. Karena permasalahan tersebut maka di rancang *Fish Processing Vessel* yang memiliki fasilitas untuk bongkar muat dan pengelolaan hasil tangkapan ikan. *Fish Processing Vessel* dirancang dengan panjang LPP 85,90 m, LOA 94,70 m, lebar 25,60 m, sarat 5,74 m, dan kecepatan 17 knot. Kapal ini dirancang untuk perairan Indonesia dan juga dianalisa olah geraknya dengan acuan nilai RMS vertical acceleratioan at FP, pitching, rolling, MSI dan MII pada tinggi gelombang 1,25 m, 1,875 m dn 2,5 m pada sudut heading 0°, 45°, 90°, 135° dan 180°. Pada tinjauan stabilitas dan olah gerak pada model kapal ini telah memenuhi kriteria yang telah ditentukan.

Kata Kunci : *Fish Processing Vessel*, hambatan, rencana garis, rencana umum, stabilitas, olah gerak

### 1. PENDAHULUAN

laut Indonesia yang membentang sepanjang kurang lebih 5000 km dapat memberikan dampak yang besar bagi penyediaan sumberdaya perikanan nasional bahkan dunia [1]. Akan tetapi besarnya potensi SDA tersebut ternyata belum bisa sepenuhnya mewujudkan kesejahteraan bagi nelayan, berbagai permasalahan teknis saat kegiatan penangkapan ikan yang menjadi penyebab rendahnya pendapatan nelayan diantaranya seperti nilai jual, ongkos melaut, ketersediaan ikan, efisiensi teknologi penangkapan ikan, dll [2]. Ketimpangan antara rasio jumlah ketersediaan ikan dengan frekuensi penangkapan pada wilayah perairan dangkal kurang dari 12 mil laut berdampak pada menurunnya hasil tangkapan nelayan secara signifikan dikarenakan belum terpenuhinya waktu regenerasi ikan pada perairan tersebut. Permasalahan tersebut muncul karena hampir 95% nelayan nasional menggunakan kapal ikan yang tidak bermesin ataupun kapal bermesin

dibawah 30 gross tonnage (GT), dan menggunakan alat tangkap tradisional sehingga dengan keterbatasan fasilitas kapal tersebut mengurangi lingkup eksplorasi kapal ikan untuk melaut lebih jauh lagi dari daratan untuk menangkap ikan lebih banyak. Selain itu penanganan hasil tangkapan yang tidak mengikuti prosedur yang benar akibat belum tersedianya fasilitas *cold storage* pada kapal sehingga berimplikasi pada buruknya kualitas hasil tangkapan yang mengakibatkan rendahnya mutu dan harga penjualan hasil tangkap. Untuk memperoleh ikan yang bermutu dan berdaya awet panjang, hal penting yang harus diperhatikan dalam menangani ikan adalah bekerja cepat, cermat, bersih, dan pada suhu rendah. Hal-hal yang berpengaruh buruk pada mutu ikan adalah kenaikan suhu, penanganan yang kurang baik, dan penundaan waktu penanganan [3].

Berdasarkan dari permasalahan tersebut, penerapan teknologi perkapalan pada kegiatan penangkapan ikan di Indonesia dapat menjadi

solusi atas keterbatasan akses *fishing ground* dan ketersediaan teknologi pengelolaan hasil tangkapan. Salah satu alternatif solusi adalah penggunaan *mother ship / ship processing vessel* pada kegiatan penangkapan ikan. *Mother ship* berangkat dengan mengikutsertakan kapal-kapal kecil yang menyebar dan kembali setelah mendapatkan hasil tangkapan untuk dibongkar ditengah laut dan diproses oleh *mother ship*, sehingga kualitas dan kesegaran hasil tangkapan terjaga dengan baik. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas seputar kapal pemroses ikan, seperti pada penelitian [4] yang membahas perancangan kapal pengolah ikan untuk diterapkan di Perairan Lamongan, penelitian [5] yang membahas seputar perancangan kapal pengolah ikan yang dilengkapi fitur alat penangkapan ikan, dan penelitian [6] yang membahas dampak perubahan modifikasi kapal ikan menjadi kapal pengolah ikan jika ditinjau dari aspek teknis dan ekonomisnya. Pada beberapa penelitian tersebut menghasilkan ukuran utama, gambar rencana garis, rencana umum sampai analisa stabilitas kapal. Akan tetapi penelitian tersebut masih terbatas pada jenis lambung kapal tipe *monohull*, dan belum membahas tentang analisa olah gerak kapal, sehingga dirasa perlu dilakukan penelitian sejenis namun dengan penambahan aspek perhitungan olah gerak kapal berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, serta dengan membuat rancangan lambung kapal dengan tipe *catamaran*. Salah satu tantangan yang harus diantisipasi pada desain *hullform fish processing vessel* adalah karakteristik stabilitas dan olah gerak kapal, karena kapal akan melakukan bongkar muat dan aktivitas pengolahan ikan di tengah laut. Selain itu, rencana umum juga dikembangkan sebagai bagian dari perencanaan sistem pengelolaan tangkapan ikan.

Dari permasalahan tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan rekomendasi rencana garis dan rencana umum yang sesuai untuk pemrosesan langsung hasil tangkapan di atas laut, serta mendapatkan desain *hullform fish processing vessel* dan mengetahui karakteristik kapal dilihat dari segi ukuran utama, hambatan, stabilitas, dan olah geraknya. Batasan masalah dari penelitian ini adalah perancangan *fish processing vessel* yang meliputi penentuan ukuran utama, hambatan, rencana garis, rencana umum, stabilitas, serta olah gerak. Selain itu pada penelitian ini bentuk lambung adalah *catamaran*, serta tidak menghitung konstruksi profil, layout kamar mesin serta perlengkapan yang dibawa dan olah gerak disesuaikan dengan karakteristik perairan Indonesia.

## 2. METODE

### 2.1 Objek Penelitian

Objek yang diteliti meliputi data primer dan data sekunder serta literatur yang menjadi aspek fundamental dalam penelitian ini.

Data primer adalah berupa data kapal – kapal pemandang pada badan klasifikasi dengan tipe lambung katamaran yang disajikan di Tabel 1. Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari literatur (jurnal ilmiah dan data dari beberapa penelitian sebelumnya).

Tabel 1. Data Primer Kapal Pemandang

NO	NAMA KAPAL	L	B	H	T	DWT
1	VOLCAN DE TANO	95	26	4,5	4	700
2	VOLCAN DE TIRAJANA	97	26	7	3	710
3	BENCOMO EXPRESS	95	26	4,3	3	710
4	NORMANDIE EXPRESS	97	26	4,6	3	717
5	HAI XIA HAO	97	26	4,6	3	717
6	DUBLIN SWIFT	101	27	7,3	4	721
7	T&T SPIRIT	97	26	4,6	3	721
8	TURGUT OZAL	87	24	7.3	3	750
9	ADNAN MENDEREZ	87	24	7,3	3	750
10	MILENIUM DOS	98	26	4,8	3	755
11	BENTAGO EXPRESS	96	26	4,3	4	755
12	SWIFT 1	98	26	4,6	4	758
13	ALBORAN	92	26	4,3	4	800
14	MANANNA N	92	26 2	4,3	4	800
15	BONANZA EXPRESS	92	26	4,3	4	838

### 2.2. Variabel Penelitian

Fokus penelitian ini berada pada hasil analisa dari penentuan ukuran utama yakni untuk dinilai dari segi hambatan, stabilitas, dan olah geraknya.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya :

- Kecepatan kapal yang dipakai pada penelitian ini adalah sebesar 17 knot.
- Tinggi gelombang diantaranya 1,25 meter, 1,875 meter dan 2,5 meter (*moderate sea*) yang mengacu pada Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Menggunakan spektrum gelombang ITTC.
- Analisa MSI dan MII hanya tereletak di geladak area pabrik *fish processing vessel*.

### 2.3 Hambatan

Salah satu faktor penting dalam perencanaan suatu kapal ada besaran hambatan yang bekerja pada kapal tersebut. Besaran hambatan kapal yang relatif rendah akan banyak memberikan dampak positif pada operasional kapal tersebut. Analisa hambatan kapal pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat luna *Maxsurf Resistance*.

### 2.4 Rencana Umum

Penentuan dari ruangan kapal untuk segala kegiatan (fungsi) dan peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan letak dan jalan untuk mencapai ruangan tersebut adalah rencana umum kapal atau *general arrangement* [7].

Fungsi dari rencana umum ini adalah agar setiap ruangan yang ada di kapal dapat di rancang seefisien mungkin baik itu dari penempatan maupun ukurannya. Salah satunya dengan peletakan ruangan-ruangan, pintu dan jalan-jalan yang tepat. Penempatan ruangan-ruangan yang tepat akan mewujudkan nilai guna dan ekonomis suatu kapal. Hal ini juga mempengaruhi biaya dan konstruksi pada kapal tersebut.

### 2.5 Stabilitas

Kemampuan sebuah kapal untuk kembali kedudukan semula setelah dikenai oleh gaya - gaya dari luar adalah stabilitas kapal [8]. Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software maxsurf*. Karakteristik stabilitas kapal pada penelitian kali ini diharapkan memungkinkan untuk kegiatan proses bongkar muat diatas laut. Mengacu pada salah satu publikasi International Maritime Organization yaitu "Safety Code for Special Purpose Ship" [9] telah tercantum pada *chapter 2.1* bahwa kemampuan stabilitas kapal harus mematuhi aturan dari International Code on Intact Stability tahun 2008 [10] yang dijabarkan pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Kriteria Stabilitas IS Code

CRITERIA	VALUE	UNIT
----------	-------	------

Area 0 to 30; (>)	3,151	m.deg
Area 0 to 40; (>)	5,157	m.deg
Area 30 to 40; (>)	1,719	m.deg
Maximum GZ at 30 or greater; (>)	0,2	m
Angle of maximum GZ; (>)	10	deg
Turn angle :Severe wind and rolling; (<)	10	deg
Turning : Angle of steady heel; (<)	16	deg
Angle of steafy heel/deck edge immersion angle; (<=)	80	%
Initial GM <sub>0</sub> ; (>=)	0,15	m

Berdasarkan kriteria tersebut analisa dihubungkan dengan 5 kondisi muatan sebagai berikut :

- Muatan kosong saat berangkat dari pelabuhan (muatan 0%, kebutuhan 100%, dengan ballast)
- Muatan kosong saat tiba di area penangkapan (muatan 0%, kebutuhan 75%, dengan ballast)
- Muatan penuh berangkat dari area penangkapan (muatan 80%, kenbutuhan 30%, dengan ballast)
- Muatan penuh saat tiba di pelabuhan (muatan 100%, kebutuhan 10%, dengan ballast)
- Muatan penuh saat berangkat dari pelabuhan (muatan 100%, kebutuhan 100%)

### 2.6 Olah Gerak

#### 2.6.1 Respons Amplitudo Operator (RAO)

Respon gerakan kapal pada gelombang reguler dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitudo Operator*), dimana RAO adalah perbandingan antara amplitudo gerakan translasi atau rotasi terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu.

$$RAO = \frac{z_0}{\zeta_0} \quad (\text{m/m}) \quad (1)$$

$$RAO = \frac{\theta_0}{kw \zeta_0} = \frac{\theta_0}{(w^2/g)\zeta_0} \quad (\text{rad/rad}) \quad (2)$$

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (3)$$

#### 2.6.2 Root Mean Square (RMS)

RMS adalah luasan kurva di bawah kurva *spectrum response* yang dinyatakan dalam  $m_0$ , dengan persamaan :

$$m_0 = \int_0^{\infty} S \zeta r(\omega) d\omega \quad (4)$$

Jika nilai RMS dari masing-masing amplitudo gerakan ( $\zeta$ ) dinyatakan dalam  $\sqrt{m_0}$  maka dinyatakan dalam persamaan :

$$(\zeta)_{av} = 1.253 \sqrt{m_0} \quad (5)$$

Kemudian untuk mendapatkan amplitudo signifikan atau disebut dengan rata-rata dari 1/3 amplitudo tertinggi dinyatakan dengan persamaan :

$$(\zeta)_s = 2 \sqrt{m_0} \quad (6)$$

Sedangkan luasan spektrum respon untuk kecepatan dan percepatan yang dinyatakan dalam  $m_2$  dan  $m_4$  dengan persamaan :

$$m_2 = \int_0^{\infty} \omega^2 S \zeta r(\omega) d\omega \quad (7)$$

$$m_4 = \int_0^{\infty} \omega^4 S \zeta r(\omega) d\omega \quad (8)$$

### 2.6.3 Gerak Vertikal Haluan

Gerak vertikal adalah gerakan harmoni sederhana. Persamaan dari gerak relatif haluan dapat diketahui pada saat amplitudo dan sudut fase dari gerakan *heaving* dan *pitching* diketahui hubungannya dengan permukaan gelombang. Gerakan vertikal di *Centre of Gravity* (CG) dikapal dinotasikan dengan:

$$z_b = z \zeta + \sin \theta \quad (9)$$

dimana

$z = \text{heaving motion}$

$\zeta = \text{jarak titik ke CG kapal}$

gerakan vertikal adalah gerakan disetiap titik sepanjang kapal pada gelombang regular. Dalam gelombang regular persamaan *heaving pitching* dinyatakan dalam persamaan (10) dan (11) sebagai berikut:

$$z = z_a \cos(\omega_e t + \epsilon_z) \quad (10)$$

$$\theta = \theta_a \cos(\omega_e t + \epsilon_\theta) \quad (11)$$

dimana

$\epsilon_z = \text{sudut fase gerakan heaving terhadap gelombang}$

$\epsilon_\theta = \text{sudut fase gerakan pitching terhadap gelombang}$

sehingga gerakan vertikal haluan  $Z_b$  dapat dituliskan :

$$Z_b = (Z_b)_a \cos(\omega_e t + \epsilon_z) \quad (12)$$

$$(Z_b)_a = \sqrt{Z_a^2 + (\zeta \theta_a)^2 + 2Z_a \zeta \theta_a \cos(\epsilon_z - \epsilon_\theta)} \quad (13)$$

Dimana :

$Z_b = \text{gerakan relatif gabungan (m)}$

$(Z_b)_a = \text{amplitudo gerak titik b (m)}$

$\epsilon_b = \text{sudut fase terkait (rad)}$

### 2.6.4 Gerak Vertikal Haluan Relatif

Gerakan ini didapatkan dari jarak vertikal antara permukaan gelombang pada satu titik baik pada buritan/haluan dengan garis air pada area yang sama. Ketika amplitudo dan sudut fase dari gerakan *heaving* dan *pitching* diketahui hubungannya dengan permukaan gelombang maka gerak relatif haluan vertikal dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$(Z_{br})_a = \sqrt{(Z_b)_a^2 + (\zeta_a)^2 - 2(Z_b)_a \zeta_a \cos(k_e \xi - \epsilon_b)} \quad (14)$$

Dimana :

$(Z_{br})_a = \text{amplitudo gerakan haluan relatif}$

$(Z_b)_a = \text{amplitudo gerak titik b (m)}$

$\zeta_a = \text{amplitudo gelombang}$

$k_e = \text{angka gelombang efektif}$

$\epsilon_b = \text{sudut fase gerakan haluan vertikal}$

### 2.6.5 Motion Sickness Incidence (MSI)

*Motion sickness incidence* adalah sebuah istilah untuk rasa tidak nyaman dan peristiwa muntah (*vomiting*) pada awak kapal yang disebabkan dari berbagai kondisi gerakan pada kapal, pesawat, mobil, permainan ketangkasan, dalam kondisi tekanan gravitasi nol (ruang angkasa) dan di elevator/lift [11].

Indeks MSI bisa dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$MSI\% = 100 [0,5 \pm \text{erf} \left( \frac{\pm \log_{10} \frac{av}{g} \pm \mu_{MSI}}{0,4} \right)] \quad (15)$$

Dimana ;

MSI = indeks MSI

erf = *error function*

av = percepatan vertikal rata – rata pada suatu titik atau lokasi yang ditentukan.

$\mu_{MSI}$  = parameter yang dihitung dari persamaan berikut ini :

$$\mu_{MSI} = -0,819 + 2,32 (\log_{10} \omega_e)^2 \quad (16)$$

### 2.6.6 Motion Induced Interrupted (MII)

*Motion induced interrupted* adalah sebagai suatu kejadian yang memaksa seseorang dari keadaannya semula untuk kehilangan keseimbangan atau terpaksa meninggalkan aktivitasnya akibat gerakan kapal. Dampak yang sering terjadi adalah kehilangan terpeleset dan *lift off*, sedangkan yang paling sering dialami adalah kehilangan keseimbangan.

Nilai dari *upcrossings or downcrossings* per satuan waktu dari ambang batas pada level  $t$  didapat dari :

$$N_{T_p} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_2}{m_0}} \exp\left(-\frac{t_{T_p}}{2m_0}\right) \quad (17)$$

Dimana :

$N_{T_p}$  = jumlah dari kejadian *tipping* dalam satuan waktu di *post direction*

$t_{T_p}$  = batasan yang pada hal spesifik sama dengan  $\left(\frac{b}{h}\right)g$

### 2.7 Kriteria Olah Gerak

Hasil perhitungan olah gerak tentunya harus dievaluasi dengan mengacu pada suatu standar kriteria olah gerak. Pada penelitian ini, standar *seakeeping* yang digunakan adalah standar kriteria prosedur umum untuk olah gerak dalam proses desain kapal yakni NATO STANAG 4154 [12]. Bisa dilihat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Kriteria Olah Gerak NATO STANAG 4154 [12]

No	Description	RMS
1	Vertical acceleration at Forward Perpendicular	0,2 g
2	Pitch	1,5 deg
3	Roll	4,0 deg
4	MSI	20% crew dalam 4 jam
5	MII	1 tip per menit

### 2.8 Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini

1. OS : Windows 10 64 Bit
2. Processor : Intel Pentium Core i7
3. RAM : 8 GB
4. Grafik : Nvidia Geforce 940 MX

Software yang digunakan untuk penelitian ini

1. Software Modeler
2. Software CFD (*Computation Fluid Dynamic*)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Penentuan Ukuran Utama

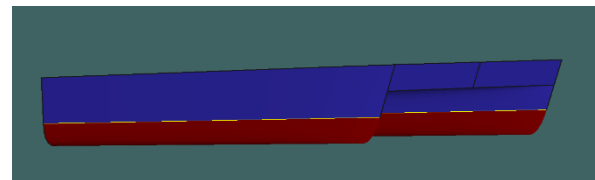
Dalam penentuan ukuran utama *fish processing vessel* ini, diguakan metode regresi linier dari dimensi kapal pembanding yang terdaftar dalam badan klasifikasi dengan lambung katamaran. Pada dimensi *draft* dan *heigh* kapal menyesuaikan pada besaran muatan kapal sehingga nilainya menjadi relative lebih besar dari hasil regresi linear tersebut. Ukuran utama *fish processing vessel* dengan bentuk lambung *catamaran* ada pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Ukuran Utama Fish Processing Vessel

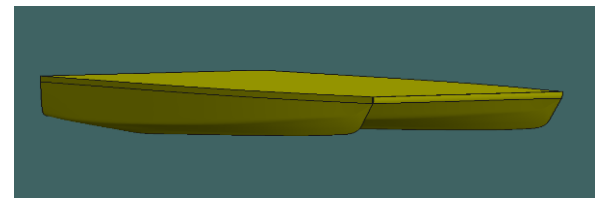
No		Dimensi
1	<i>Length Over All</i>	94,70 m
2	<i>Length Between perpendicular</i>	85,90 m
3	<i>Breadth</i>	25,60 m
4	<i>Depth</i>	9,71 m
5	<i>Draft</i>	5,74 m
6	<i>CB</i>	0,61
7	<i>Speed</i>	17 knot

### 3.2. Permodelan Kapal

Proses *generating model* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *maxsurf modeller*. Dalam permodelan menggunakan acuan model awal dengan bentuk lambung *catamaran* yang telah disediakan oleh perangkat lunak *maxsurf* yang kemudian akan dilakukan permodelan menyesuaikan hasil penentuan ukuran utama dari 15 kapal pembanding (lihat Tabel 1). Gambar 1 merupakan model awal sebelum dilakukan permodelan menggunakan perangkat lunak permodelan.



Gambar 1. Model Awal



Gambar 2. Hasil Permodelan

Gambar 2 merupakan hasil dari modifikasi model awal yang mengacu pada ukuran utama (lihat Tabel 4). Sebelum ke tahap selanjutnya, lambung kapal akan di variasikan nilai CB-nya menjadi 10 model dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Variasi Dimensi Kapal

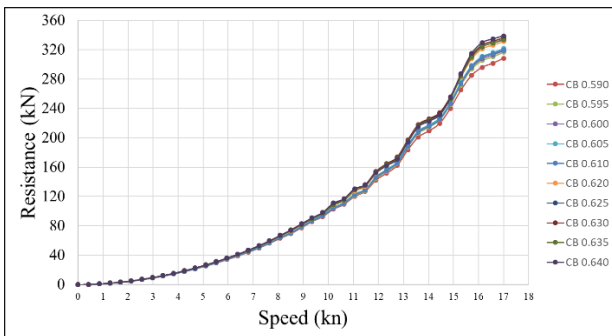
NO	CB	LOA (m)	B (m)	Displacement (ton)
1	0,590	94,70	25,60	4382

2	0,595	94,70	25,60	4428
3	0,600	94,70	25,60	4453
4	0,605	94,70	25,60	4494
5	0,610	94,70	25,60	4539
6	0,620	94,70	25,60	4613
7	0,625	94,70	25,60	4662
8	0,630	94,70	25,60	4690
9	0,635	94,70	25,60	4763
10	0,640	94,70	25,60	4778

Berdasarkan tabel 5 CB dengan nilai 0,620 merupakan model asli sebelum dilakukan variasi CB pada lambung kapal.

### 3.3. Analisa Hambatan

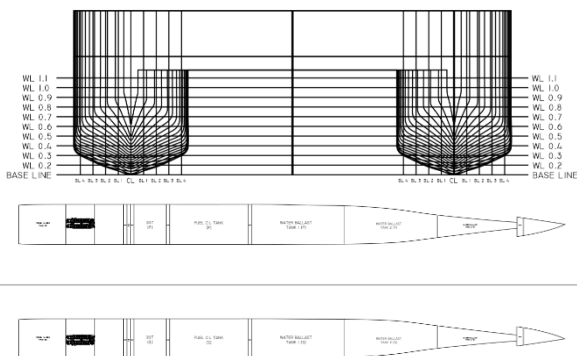
Analisa hambatan menggunakan perangkat lunak khusus analisa hambatan kapal. Model kapal dianalisa dengan menggunakan metode Molland pada kecepatan dinasnya yaitu 17 knot. Hasil analisa hambatan dapat dilihat pada Gambar 3, model kapal dengan koefisien blok ( $C_b$ ) 0,610 memiliki hambatan yang relatif kecil sebesar 301,5 kN terhadap daya angkutnya yang sebesar 4539 ton. Maka, model kapal dengan  $C_b$  0,610 yang akan digunakan dalam tahap selanjutnya.



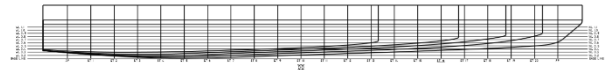
Gambar 3. Grafik Hambatan Kapal 10 model lambung kapal

### 3.4. Rencana Garis

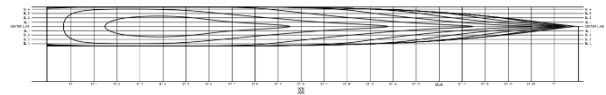
Dengan hasil yang dilakukan pada tahap analisa hambatan maka didapatkan rencana garis kapal dengan  $C_b$  0,539 dapat dilihat pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 4. Body plan fish processing vessel



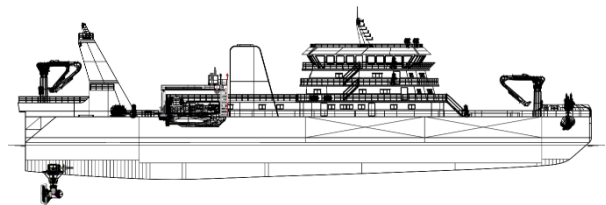
Gambar 5. Sheer plan fish procesing vessel



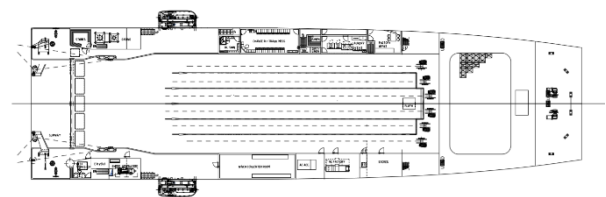
Gambar 6. Half breath plan fish processing vessel

### 3.5. Rencana Umum

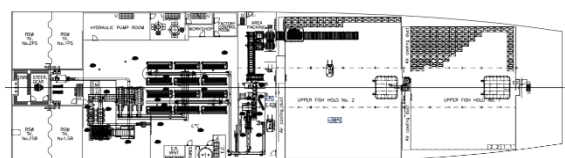
Berdasarkan hasil pada tahap sebelumnya yakni sesuai ukuran utama ,hasil analisa hambatan serta rencana garis maka di rancang rencana umum *fish processing vessel* pada tahap ini. Dalam rencana umum kali ini mengikuti regulasi dari DNV GL tahun 2007 Chapter 8 tentang “*Special Requirement for Hull Structure*” [13]. Kapal ini dirancang untuk perairan indonesia yakni diambil rute pelayaran dari Tarakan-Manado-Manokwari dengan jarak 1300 nm (nautical miles). Selain item kebutuhan kapal serta ruang muat pada tahap ini dilengkapi dengan perancangan pada geladak pemrosesan ikan (*factory area*) untuk fasilitas pemrosesan ikan.



Gambar 7. Tampak samping fish processing vessel



Gambar 8. Tampak main deck fish processing vessel



Gambar 9. Tampak second deck fish processing vessel

Gambar 10. Tampak tank top fish processing vessel



Gambar 11. Tampak perspektif 3D fish processing vessel

### 3.5.1 Perhitungan BHP

Untuk mendapatkan nilai  $BHP_{mcr}$  (brake horse power yang didapatkan saat mesin dalam keadaan maksimum) diperlukan perhitungan EHP, SHP dan DHP terlebih dahulu :

- $EHP = R_t \times V_t$   
Dimana :  
 $R_t$  = Hambatan total (hasil analisa hambatan)  
 $V_t$  = kecepatan percobaan  
 $EHP = 319,8 \times 9,2695$   
 $EHP = 2964,3861 \text{ kW}$   
 $EHP = 2964,3861 \times 1000 / 735,499$   
 $EHP = 4030,4420 \text{ HP}$
- $DHP = EHP / P_c$   
 $SHP = DHP / 0.98$   
Dimana :  
 $P_c = Propulsive\ coefficient$   
 $P_c = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$   
 $\eta_H = Hull\ efficiency$   
 $\eta_O = Open\ propeller\ efficiency$   
(efisiensi Propeller)  
 $\eta_R = Relative-rotative\ efficiency$   
Nilai *efficiency* diambil dari PNA vol II [14]  
 $P_c = \eta_H \times \eta_O \times \eta_R$   
 $P_c = 1,0684 \times 0,670 \times 0,95$   
 $P_c = 0,68$   
 $DHP = EHP / P_c$   
 $DHP = 4030,4420 / 0,68$   
 $DHP = 5926,5 \text{ HP}$   
 $SHP = DHP / 0.98$   
 $SHP = 6047,45 \text{ HP}$
- $BHP_{scr} = SHP / 0.98$   
 $BHP_{scr} = 6047 / 0.98$   
 $BHP_{scr} = 6170,9$   
 $BHP_{mcr} = BHP_{SCR} / 0,9$   
 $BHP_{mcr} = 6170,9 / 0,9$   
 $BHP_{mcr} = 6856,50 \text{ HP} = 6900 \text{ HP}$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa telah didapatkan nilai  $BHP_{mcr}$  kapal yakni sebesar 6900 HP (horse power).

### 3.5.2 Perhitungan Awak Kapal

Perencanaan awak kapal dengan rumus pendekatan (18) [15].

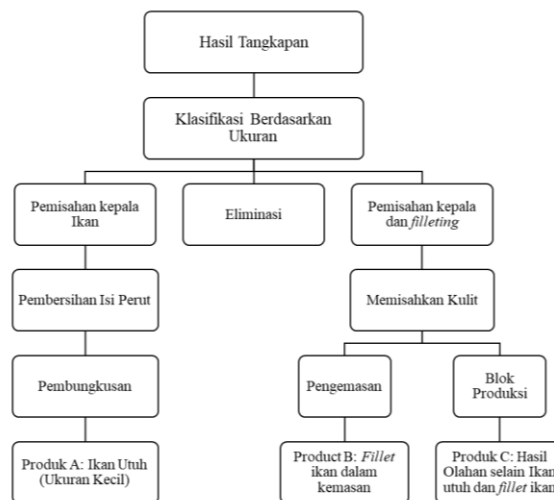
$$Z = C_{st} \cdot \{ C_{dk} (L.B.H. \cdot 35/10^5)^{1/6} + C_{eng} (BHP/10^3)^{1/5} \} + C_{det} \quad (18)$$

Dimana, Z adalah jumlah awak,  $C_{st}$  adalah koefisien *Steward Dept.*,  $C_{dk}$  adalah koefisien *Deck Dept.*,  $C_{eng}$  adalah koefisien *Engine Dept.*,  $C_{det}$  adalah koefisien cadangan.

Dari persamaan (18), didapat jumlah awak kapal sebanyak 30 orang. Dengan adanya fasilitas pemrosesan ikan maka awak kapal di asumsikan bertambah 15 orang untuk pengoperasian pabrik Berdasarkan hal tersebut maka untuk total awak kapal direncanakan sebanyak 45 orang.

### 3.5.3 Alur Proses Pengolahan Ikan

Dalam *fish processing vessel* ini, hasil tangkapan yang terdapat di atas geladak akan diteruskan ke dalam pabrik pengolahan. Proses klasifikasi manual mengirimkan ikan ke jalur *filleting* - produk "*Fillet*". Jika terlalu besar atau terlalu kecil untuk pergi ke jalur *filleting*, maka akan dialihkan ke jalur ikan utuh – produk "ikan utuh". Jika tidak dapat diproses atau tidak sesuai dengan persyaratan, maka akan dikembalikan ke laut – "Eliminasi". Rincian mendetail ada pada Gambar 12 sebagai berikut :



Gambar 12. Skema proses pengolahan ikan

### 3.5.4 Perhitungan Kapasitas Pendingin

Untuk menghitung kapasitas pendingin maka di perlukan perhitungan beberapa item terlebih dahulu yang mengacu pada [16] :

- Spesifikasi Ruang Pendingin

- Temperatur di dalam kapal – 22<sup>0</sup> C
- Temperatur yang dirancang – 23<sup>0</sup> C
- Suhu kondisi perairan laut – 35<sup>0</sup> C
- *Insulation material glass mineral wool*

- **Beban Transmisi**

$$Q_T = \sum [U \cdot A \cdot (T_{out} - T_{inside})] \quad (19)$$

Dimana :

$U = \text{Heat transfer}$

$A = \text{Luas permukaan tinjauan}$

$T = \text{Suhu}$

Dari persamaan (19) diperoleh beban transmisi sebesar 73703,6 W.

- **Beban Perubahan Kondisi Udara**

$$Q_{air\ change} = \left( \frac{\zeta}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{vol}{v} \cdot (T_{out} - T_{inside}) \right) \quad (20)$$

Dimana

$\zeta = \text{number of air changes} = 8 \text{ kali/hari}$

$Vol = \text{volume total ruangan} = 3645,85 \text{ m}^3$

$v = \text{Air specific volume} = 0,92625 \text{ m}^3/\text{kg}$

Dari persamaan (20) diperoleh beban kondisi udara sebesar 21,2442 W.

- **Beban Cahaya**

$$Q_{light} = \text{intensitas cahaya} \times \text{luas area} \quad (21)$$

Dimana

Intensitas cahaya = 35 W/m<sup>2</sup>

Luas area = 1041,667 m<sup>2</sup>

Dari persamaan (21) diperoleh beban cahaya sebesar 36458,6 W.

- **Person Load**

$$Q_{person} = N \cdot q \quad (22)$$

Dimana :

$N = \text{jumlah awak kapal}$

$q = \text{panas hasil setiap orang} = 200 \text{ W}$

Dari persamaan (22) diperoleh *person load* sebesar 9000 W.

- **Beban Produk**

$$Q_{product} = m_p^0 \cdot (cp_{b.f} \cdot (T_w - T_f) + L_p + cp_{a.f} \cdot (T_f - T_{final})) \quad (23)$$

Dimana :

$m_p^0 = \text{laju alir massa} = 6,713 \text{ kg/sec}$

$cp_{b.f} = \text{k calor jenis dibawah suhu beku} = 3,18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

$cp_{a.f} = \text{k calor jenis diatas suhu beku} = 1,67 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

$L_p = \text{k calor laten peristiwa fusi} = 276 \text{ kJ/kg}$

$T_f = \text{suhu beku} = -2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (processed fish)}$

$T_{final} = \text{suhu ruangan rancangan} = -23 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_w = \text{suhu dalam kapal} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$

Dari persamaan (23) diperoleh beban produk sebesar 2.186.424 W.

- **Beban Peralatan**

$$Q_{peralatan} = 0,1 \cdot Q_{produk} \quad (24)$$

Dari persamaan (24) diperoleh beban peralatan sebesar 218.642,4 W.

- **Cooling Load**

$$CL = Q_T + Q_{air\ change} + Q_{cahaya} + Q_{person} + Q_{produk} + Q_{peralatan} \quad (25)$$

Dari item-item diatas dijumlah maka didapatkan *cooling load* sebesar 2.524,25 kW.

- **Cooling Capacity**

Dengan adanya nilai *cooling load* maka didapat *cooling capacity* dengan persamaan (26) sebagai berikut :

$$CC = CL \cdot (1.FOS) \cdot \frac{24}{24 - \text{Downtime}} \quad (26)$$

Dimana :

$FOS = \text{factor of safety} = 15 \%$

$\text{Downtime} = 8 \text{ jam}$

$CC = 4354,33 \text{ kW}$

$CC = 1238,13 \text{ TR (ton refrigeration)}$

- **Perhitungan Kapasitas Kompresor**

Mengacu pada siklus refrigerasi dan diagram *enthalpy* terhadap tekanan, fasa, dan suhu pada [16] maka didapatkan rincian sebagai berikut:

$$T_{evaporator} = -45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{kondensor} = 48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_1 \text{ (Enthalpy fasa gas pada suhu } -45 \text{ } ^\circ\text{C)} = 1400 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 \text{ (Enthalpy fasa gas pada suhu } -8 \text{ } ^\circ\text{C)} = 1650 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 \text{ (Enthalpy fasa gas setelah proses keseimbangan massa dari flash chamber)} = 1609,167$$

$$h_4 \text{ (Enthalpy fasa gas pada suhu } 48 \text{ } ^\circ\text{C)} = 1960 \text{ kJ/kg}$$

$$m^0_1 \text{ (laju alir massa perubahan tekanan refrigerant pada tahap kompresi pertama)} = 4,356 \text{ kg/s}$$

$$m^0_2 \text{ (laju alir massa perubahan tekanan refrigerant pada tahap kompresi kedua)} = 1,051 \text{ kg/s}$$

$$\eta_{mech} \text{ (efisiensi mekanik)} = 85\%$$

$$P_{1st} = \text{Daya kompresi tahap pertama}$$

$$P_{2nd} = \text{Daya kompresi tahap kedua}$$

$$P_{comp} = \text{Total daya kompresor}$$

$$P_{1st} = m^0_1 \cdot \frac{h_2 - h_1}{\eta_{mech}} \quad (27)$$

$$P_{1st} = 1281,065 \text{ kW} = 1741,8 \text{ PK}$$

$$P_{2nd} = (m^0_1 + m^0_2) \cdot \frac{h_4 - h_3}{\eta_{mech}} \quad (28)$$

$$P_{2nd} = 2231,703 \text{ kW} = 3034,3 \text{ PK}$$



$$P_{comp} = P_{1st} + P_{2nd}$$

$$P_{comp} = 3,51 \text{ MW} = 4772,3 \text{ PK}$$

### 3.5.5 Estimasi Harga Kapal

Harga kapal yang diestimasi pada perancangan kali ini didapatkan berdasarkan desain rencana umum serta perhitungan-perhitungan yang telah diperoleh hasil atau nilainya. Selain itu harga ditentukan berdasarkan estimasi serta presentase selain itu peneliti juga mencari harga pasaran item perlengkapan dikapal di internet.

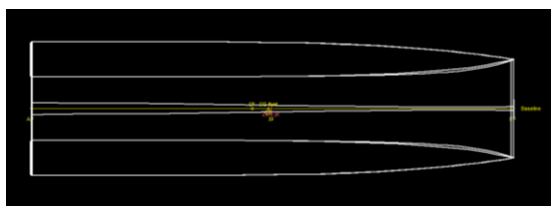
Tabel 6. Estimasi harga kapal

MAIN ITEM	Harga
Body Kapal (baja)	Rp 13.511.032.660
Engine, Sistem propulsi, & Sistem kemudi	Rp 14.125.124.000
Perlengkapal Kapal & Outfitting	Rp 7.242.641.000
Freezing Room Equipment	Rp 19.181.737.000
Factory Area Equipment	Rp 403.200.000
Kelengkapan Listrik dan Pompa Beserta Instalasi Sistem Instalasi (pipa bahan bakar, air tawar, bilge, kabel listrik)	Rp 54.000.000
Surat Kapal dan Pengiriman	Rp 185.000.000
Total	Rp 52.841.434.660
PPN (10%)	Rp 5.284.143.466
Estimasi Harga	Rp 60.145.578.126

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui harga estimasi *fish processing vessel* dalam perancangan ini yakni Rp 60.145.578.126 .

### 3.6. Analisa Stabilitas

Analisa stabilitas dilakukan dengan perangkat lunak khusus analisa stabilitas kapal. Dengan mengacu pada besarnya *displacement* kapal diperoleh besaran LWT kisaran 1500 ton dengan sarat 3,050 m dan lokasi titik berat -3,872 m dari *Amidship*. Lokasi titik berat tersebut dapat dilihat pada gambar 13 sebagai berikut :



Gambar 13. Titik berat pada kondisi LWT

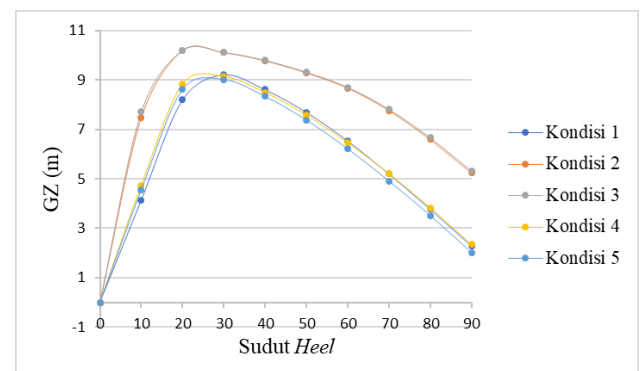
Kondisi pada analisa stabilitas disesuaikan dengan rute pelayaran. Stabilitas diukur pada kondisi tiap

kali berangkat dari tiap perhentian kapal. Kapal berlayar dari Tarakan melalui Manado kemudian tujuan akhir di Manokwari. Dengan adanya keadaan seperti itu maka didapatkan sejumlah 5 kondisi stabilitas kapal. Kemudian kelima kondisi stabilitas tersebut akan dilakukan analisa lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kondisi stabilitas untuk dianalisa

Item	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5
LOT	100%	100%	75%	30%	10%
DOT	100%	100%	75%	30%	10%
FOT	100%	100%	75%	30%	10%
Ballast	100%	100%	100%	100%	100%
Refrigerated Fish Hold Fresh Water	100%	0%	0%	80%	100%

Dengan kondisi berdasarkan tabel 7 dan mengacu pada kriteria stabilitas yang telah ditentukan pada tabel 2 didapatkan kurva perbandingan nilai GZ pada 5 kondisi serta hasil analisa stabilitas kapal sebagai berikut :



Gambar 14. Kurva perbandingan nilai GZ pada 5 kondisi

Dengan kondisi berdasarkan tabel 7 dan mengacu pada kriteria stabilitas yang telah ditentukan pada tabel 2 didapatkan hasil analisa stabilitas kapal sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil analisa stabilitas kapal

CRITERIA	VALUE	UNIT	Kondisi				
			1	2	3	4	5
Area 0 to 30; (>)	3,151	m.deg	172,8	234,4	160,7	185,7	180,8
Area 0 to 40; (>)	5,157	m.deg	262,5	333,7	203,2	274,0	267,7
Area 30 to 40; (>)	1,719	m.deg	89,6	99,4	42,5	88,3	86,9
Maximum GZ at 30 or greater; (>)	0,2	m	9,2	10,1	5,1	9,1	9,0
Angle of maximum GZ; Turn angle	10	deg	29,1	23,6	16,4	25,5	25,5
Severe wind and rolling; (<)	10	deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turning : Angle of steady heel; (<)	16	deg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Angle of steady heel/deck edge immersion angle; (<=)	80	%	1,1	0,4	0,5	0,9	0,9
Initial GM <sub>i</sub> ; (>=)	0,15	m	23,3	44,8	36,6	27,0	25,6

Tabel 8 merupakan hasil analisa stabilitas kapal sesuai 5 kondisi yang telah ditetapkan pada tabel 7, dengan demikian semua kondisi kapal memenuhi kriteria IS Code [8] yang telah ditentukan.

### 3.3. Analisa Olah Gerak Kapal

Model kapal dengan koefisien blok (Cb) 0,61, di analisa olah geraknya pada perangkat lunak khusus analisa olah gerak kapal. Hasil dari analisa olah gerak akan di tinjau berdasarkan regulasi yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 3. Untuk MSI dilakukan analisa menggunakan *maxsurf motion* sedangkan untuk item lain diolah menggunakan *Ansys Aqwa* dan *Ms. Excel*. Peneliti memakai 5 variasi wave heading yaitu 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180° dengan tiga variasi tinggi gelombang yaitu 1,25 meter, 1,875 meter dan 2,5 meter (*moderate sea*) pada kecepatan 17 knot. Untuk *MSI* dan *MII* diambil 1 lokasi titik pada geladak pemrosesan ikan (*factory area*) yakni 9,34 meter dari *centre of gravity*. Perhitungan olah gerak dievaluasi dengan standar kriteria yang telah ditentukan.

Tabel 9. Hasil analisa olah gerak kapal

Item	Wave Heading (deg)	RMS				unit	Nilai max
		1,25 m	1,875 m	2,5 m			
Heaving	0	0,161	0,243	0,324	m		
	45	0,189	0,284	0,378	m		
	90	0,285	0,428	0,570	m		
	135	0,261	0,392	0,522	m		
	180	0,307	0,458	0,610	m		
Rolling	0	0,005	0,007	0,010	deg	Max 4°	
	45	0,270	0,406	0,542	deg		
	90	0,573	0,860	1,147	deg		
	135	0,390	0,587	0,782	deg		
	180	0,031	0,046	0,061	deg		
Pitching	0	0,330	0,495	0,661	deg	Max 1,5°	
	45	0,323	0,485	0,667	deg		
	90	0,016	0,016	0,016	deg		
	135	0,024	0,024	0,024	deg		
	180	0,021	0,021	0,021	deg		
Vertical Acceleration at FP	0	0,010	0,015	0,021	g	Max 0,2 g	
	45	0,023	0,035	0,047	g		
	90	0,002	0,002	0,003	g		
	135	0,003	0,050	0,066	g		
	180	0,040	0,060	0,080	g		
MSI	0	0,000	0,000	0,000	%	Max 20 % of crew in 4 hours	
	45	0,000	0,000	0,000	%		
	90	3,622	8,753	14,83	%		
	135	2,387	6,186	11,00	%		
	180	1,775	4,822	8,85	%		
MII	0	0,000	0,000	0,000	tip	Max 1 tip per minute	
	45	0,000	0,000	0,000	tip		
	90	0,000	0,000	0,000	tip		
	135	0,000	0,000	0,000	tip		
	180	0,000	0,000	0,000	tip		

Tabel 9 menunjukkan hasil analisa olah gerak yang menyatakan bahwa item-item yang tertera kecuali pada item heaving menunjukkan bahwa nilai pada item tersebut memenuhi kriteria dari NATO STANAG 4154 [12] berdasarkan tabel 3.

## 4. KESIMPULAN

Perancangan *catamaran fish processing vessel* ini didapatkan sebuah rancangan kapal dengan panjang LPP 85,9 m, LOA 94,7 m, lebar 25,6 m, sarat 5,74 m, CB 0,610 yang beroperasi pada kecepatan dinas 17 knot dengan hambatan sebesar 319,8 kN.

Pada hasil kajian stabilitas pada lima kondisi kapal telah memenuhi kriteria IS Code [10] (tabel 2). Pada kajian olah gerak, kapal ini memenuhi kriteria olah gerak OLEH NATO STANAG [12] (Tabel 3).

Pada tahapan rencana umum juga didapatkan BHP sebesar 6750 HP, perhitungan awak kapal didapatkan 45 orang, kapasitas pendingin sebesar

1238,13 TR serta harga estimasi kapal dengan nilai Rp 58.125.578.126.

[15] A. F. Molland and S. R. Turnock, *Ship Resistance and Propulsion*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Salim. *My Fish My Life*. Diandra Pustaka Indonesia. Yogyakarta, 2016.
- [2] Dahruri, R. "Paradigma Baru Pembangunan Indonesia Berbasis Kelautan". Orasi ilmiah pengukuhan guru besar tetap bidang pengelolaan sumber daya pesisir dan lautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, 2010.
- [3] Ilyas Sofyan. *Peranan Es dalam Industri Perikanan*. Dirjen Perikanan Jakarta. Jakarta, 1972.
- [4] I. F. M. Afrianta, and A. H. Kurniawati. "Desain Kapal Pengolah Ikan sebagai Bahan Baku Pembuatan Tepung di Perairan Lamongan". *JURNAL TEKNIK ITS*, 2016.
- [5] A. Khamis Ali, et al., *Design of A Factory Stern Trawler*. Egypt: Faculty of Engineering University Alexandria, 2018
- [6] A. A. Metsa, A. Wilma, and A. A. Berlian. "Analisa Teknis dan Ekonomis Pengaruh Modifikasi Kapal Ikan Menjadi Kapal Pengolah Ikan". *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN*, 2017.
- [7] Sofi'i, Moch., Djaja, Indra Kusna. "*Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1 untuk SMK*", Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [8] Santoso, IGM, Sudjono, YJ. *Teori Bangunan Kapal*, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Indonesia, 1983.
- [9] International Maritime Organization. "Code of Safety for Special Purpose Ships" (May 2008)
- [10] International Maritime Organization. "Intact Stability Code (IS Code)". 2008.
- [11] B. Setyawan, "Analisa Pengaruh Hullform Terhadap Motion Sickness Incidence (MSI) Pada Kapal R0-Ro 500 GT," *J. Tek. perkapalan*, vol. 5, no. no 4, pp. 1–10, 2017.
- [12] NATO STANAG 4154 (Edition 3) "Common Procedures for Seakeeping in the Ship Design Process," (November 1997)
- [13] DNV-GL "*Special Requirement for Hull Structure*", 2007.
- [14] Lewis Edward V., *Principal Naval Architecture Vol. II*. USA, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.