



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

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

Iqbal Habib¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾, Dedy Chrismianto¹⁾

¹⁾Laboratorium Komputer & Desain Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*e-mail : iqbalhabib187@gmail.com, ahmadfzakki@yahoo.com, dedychrismianto@yahoo.co.id

Abstrak

Pelaksanaan kegiatan menangkap ikan di wilayah *overfishing*, merupakan salah satu faktor penyebab rendahnya pendapatan hasil tangkapan. Nelayan banyak melakukan kegiatan penangkapan pada perairan kurang dari 12 mill laut yang merupakan wilayah perairan *overfishing*. Hampir 95% nelayan nasional menggunakan kapal ikan yang tidak bermesin ataupun kapal bermesin dibawah 30 gross tonnage (GT) yang dilengkapi dengan alat tangkap tradisional. 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 82,89 m, LWL 90,049 m, lebar 15,544 m, sarat 6,76 m, Cb 0,539 dan kecepatan 17 knot. Kapal ini dirancang untuk perairan Indonesia dan juga dianalisa olah geraknya dengan melakukan evaluasi terhadap nilai RMS vertical acceleratioan at FP, pitching, rolling, MSI dan MII pada tinggi gelombang 1,25 m, 1,875 m dn 2,5 m dengan 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

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya nelayan merupakan masyarakat yang bermukim di wilayah pesisir. Tingkat kesejahteraan masyarakat wilayah pesisir umumnya menempati strata yang paling rendah (kelompok marjinal) dibandingkan dengan masyarakat lainnya di darat. Bahkan termasuk kelompok paling marjinal di semua negara [1]. Faktor penyebab utama nelayan menjadi kelompok marjinal dilihat dari pendapatannya [2]. Dengan semakin terbatasnya hasil tangkapan maka pendapatan dan konsumsi rumah tangga nelayan akan menurun pula [3]. Pendapatan nelayan bergantung pada nilai jual ikan hasil tangkap dan biaya melaut. Selain itu, nilai jual ikan bergantung pada ketersediaan ikan di laut, efisiensi penangkapan ikan, dan harga jual ikan. Sedangkan biaya melaut bergantung pada harga BBM, perbekalan serta logistik bergantung pada ukuran

kapal dan jumlah awak kapal ikan. Selain itu, nilai investasi kapal ikan, alat penangkapan, dan pendukungnya harus dimasukkan dalam perhitungan biaya melaut. Berdasarkan variabel tersebut setidaknya ada sembilan faktor yang mempengaruhi pendapatan nelayan yang membuat sebagian nelayan masih menjadi kelompok marjinal [4]. Pelaksanaan kegiatan menangkap ikan di wilayah *overfishing*, merupakan salah satu dari sembilan faktor penyebab rendahnya pendapatan hasil tangkapan. Nelayan banyak melakukan kegiatan penangkapan pada perairan laut dangkal kurang dari 12 mill laut yang merupakan wilayah perairan *overfishing*. Permasalahan ini muncul karena hampir 95% nelayan nasional menggunakan kapal ikan yang tidak bermesin ataupun kapal bermesin dibawah 30 gross tonnage (GT) yang dilengkapi dengan alat tangkap tradisional. Selain itu, penanganan hasil tangkapan yang tidak mengikuti prosedur yang benar, karena tidak tersedianya fasilitas *cold*

storage pada kapal juga memperburuk kualitas tangkapan. 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 [5]. Salah satu alternatif solusi adalah penggunaan *fish processing vessel* pada kegiatan penangkapan ikan, *fish processing vessel* berangkat dengan mengikutsertakan kapal kapal kecil untuk melakukan aktivitas penangkapan di wilayah fishing ground yang letaknya jauh dari daratan /pelabuhan perikanan. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan kapal pemroses ikan, seperti pada penelitian [6] yang menganalisa aspek teknis dan ekonomis modifikasi kapal ikan menjadi kapal pemroses ikan, kemudian dapat dilihat juga pada penelitian mengenai desain dan inovasi *live fish carrier* untuk perairan indonesia [7], dan juga penelitian mengenai desain *factory stern trawler* [8]. Terdapat kesamaan dari segi kriteria yang dipakai dan metode perhitungan serta proses dalam tahap desain pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang telah dijabarkan diatas, namun yang menjadi pembeda adalah pada penelitian ini difokuskan pada pengembangan desain *hullform fish processing vessel* yang beroperasi penuh di atas permukaan laut dengan memiliki fasilitas untuk bongkar muat dan pengelolaan hasil tangkapan ikan. 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 *monohull*, 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 dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder serta literatur yang menjadi dasar dalam penelitian ini.

Data primer berupa data kapal – kapal pembanding yang terdaftar di badan klasifikasi dengan kisaran kapasitas 3200 GT yang disajikan di Tabel 1. Semua kapal pembanding adalah kapal dengan bentuk lambung *monohull*. Sementara, data sekunder adalah data yang diperoleh dari literatur (jurnal dan data dari penelitian sebelumnya).

Tabel 1. Data Kapal Pembanding

NO	NAMA KAPAL	L	B	H	T	V	GT
1	BEAGLE F.I.	90	14	9	7	16	2849
2	LJUBICA	75	14	9	7	18	2749
3	EGALAB UR	77	15	10	7	18	2863
4	EUSKAD I ALAI	75	14	9	7	18	2788
5	GRAN ROQUE	77	15	10	7	17	2860
6	ITSAS TXORI	82	15	9	6	18	2994
7	IZARO	75	14	9	7	18	2737
8	JAI ALAI	75	14	9	7	18	2788
9	JOCAY	77	15	10	7	17	2838
10	MAR DE SERGIO	72	15	10	7	16	2767
11	MONTEL UCIA	82	15	10	7	18	3005
12	TXORI GORRI	82	15	9	7	18	2937
13	ASTRID	90	15	9	6	16	3413
14	GALERN A II	83	15	10	7	18	3445
15	GALERN A III	83	15	10	7	18	3445

2.2. Variabel Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada hasil analisa dari penentuan ukuran utama yakni untuk ditinjau dari segi hambatan, stabilitas, dan olah gerak.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yakni kecepatan yang digunakan sebesar 17 knot, kemudian untuk tinggi gelombang yaitu 1,25 meter, 1,875 meter dan 2,5 meter (*moderate sea*) dengan menggunakan spektrum

gelombang ITTC dan untuk analisa MSI dan MII diambil satu titik pada geladak *factory area*.

2.2 Hambatan

Dalam merencanakan kapal, faktor umum yang memegang peranan penting adalah hambatan yang akan dialami oleh kapal pada waktu bergerak. Suatu bentuk kapal dengan hambatan kecil atau sekecil mungkin adalah menjadi tujuan utama perencanaan kapal. Pada penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* khusus analisa hambatan.

2.3 Rencana Umum

Rencana Umum kapal atau (*General Arrangement*) adalah penentuan dari ruangan kapal untuk segala kegiatan (fungsi) dan peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan letak dan jalan untuk mencapai ruangan tersebut [9].

Tujuan dari rencana umum ini agar semua ruangan yang berada di kapal dapat di desain seefisien mungkin baik dari penempatan maupun ukurannya. Dalam tahap rencana umum ini juga dilengkapi dengan perhitungan BHP, awak kapal, kapasitas pendingin serta estimasi harga kapal. Desain rencana umum tampak 3D juga akan disajikan peneliti dalam tahap ini.

2.4 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan sebuah kapal untuk kembali kedudukan semula setelah dikenai oleh gaya - gaya dari luar [10]. Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software* khusus analisa hambatan. 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*" [11] telah tercantum pada chapter 2.1 bahwa kemampuan stabilitas kapal harus mematuhi aturan dari *International Code on Intact Stability* tahun 2008 [12] yang dijabarkan pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Kriteria Stabilitas IS Code [10]

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; (>)	25	deg
Turn angle : Severe wind and rolling; (<)	10	deg
Turning : Angle of steady heel; (<)	16	deg
Angle of steady heel/deck edge immersion angle; (<=)	80	%
Initial GM ₀ ; (>=)	0,15	m

Berdasarkan kriteria tersebut analisa dihubungkan dengan 5 kondisi muatan yaitu 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%, kebutuhan 30%, dengan *ballast*), muatan penuh saat tiba di pelabuhan (muatan 100%, kebutuhan 10%, dengan *ballast*) dan muatan penuh saat berangkat dari pelabuhan (muatan 100%, kebutuhan 100%, dengan *ballast*).

2.5 Olah Gerak

2.5.1 Respons Amplitude Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitude Operator*), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu.

$$RAO = \frac{Z_0}{\zeta_0} \quad (\text{m/m}) \quad (1)$$

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

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

2.5.2 Root Mean Square (RMS)

RMS merupakan 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 (ζ) 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 :

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

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

2.5.3 Gerak Vertikal Haluan

Gerak vertikal adalah gerakan harmoni sederhana. Persamaan dari gerak vertikal haluan dapat diketahui pada saat amplitudo dan sudut fase dari gerakan *heaving* dan *pitching* diketahui hubungannya dengan permukaan gelombang. Gerakan vertical 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 vertical merupakan gerakan disetiap titik sepanjang kapal diatas gelombang regular. Dalam gelombang regular persamaan *heaving* dan *pitching* dinyatakan dalam bentuk persamaan (10) dan (11) sebagai berikut:

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

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

dimana

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

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

sehingga gerakan vertikal haluan Z_b dapat dituliskan :

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

$$(Z_b)_a = \sqrt{Z_a^2 + (\xi\theta_a)^2 + 2Z_a\xi\theta_a \cos(\varepsilon_z - \varepsilon_\theta)} \quad (13)$$

Dimana :

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

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

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

2.5.4 Gerak Vertikal Haluan Relatif

Gerakan ini ditentukan dari jarak vertikal antara permukaan gelombang pada satu titik baik pada buritan maupun pada 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 dinyatakan sebagai berikut :

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

Dimana :

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

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

$\zeta_a = \text{amplitudo gelombang}$

$k_e = \text{angka gelombang efektif}$

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

2.5.5 Motion Sickness Incidence (MSI)

Motion sickness incidence adalah istilah standar untuk rasa tidak nyaman dan rasa muntah yang disebabkan berbagai kondisi gerakan : di kapal, di pesawat terbang, di mobil, permainan ketangkasan, dalam kondisi tekanan gravitasi nol (ruang angkasa) dan di *elevator/lift* [13].

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.

μ_{MSI} = parameter yang dihitung dari persamaan berikut ini :

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

2.5.6 Motion Induced Interrupted (MII)

Motion induced interrupted didefinisikan sebagai suatu kejadian yang disebabkan gerakan kapal, memaksa seseorang dari keadaannya semula untuk kehilangan keseimbangan atau terpaksa meninggalkan aktivitasnya untuk mengatasi efek dari gerakan kapal tersebut. Dampak yang sering dialami adalah kehilangan stabilitas fisik, terpeleset dan *lift off*, yang paling sering dialami adalah kehilangan keseimbangan. Akibat gerakan kapal menjadi cukup besar sampai menyebabkan orang menjadi kehilangan keseimbangan, sehingga sulit berdiri tegak.

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 $\left(\frac{b}{h}\right)g$

2.6 Kriteria Olah Gerak

Hasil perhitungan olah gerak harus dievaluasi dengan menyesuaikan 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 [14]. 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% of crew in 4 hours
5	MII	1 tip per minute

2.7 Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Rincian alat yang digunakan untuk penelitian ini yaitu OS Windows 10 64 Bit, processor Intel Pentium Core i7 dengan RAM 8 GB dan grafik Nvidia Geforce 940 MX.

Kemudian *software* yang digunakan untuk penelitian ini yaitu *software* modeler serta *Software* CFD (*Computation Fluid Dynamic*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penentuan Ukuran Utama

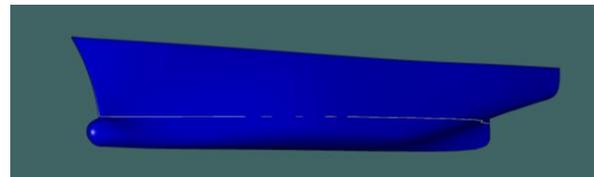
Penentuan ukuran utama *fish processing vessel* menggunakan metode *regresi linier* dari kapal pembanding yang terdaftar dalam badan klasifikasi. Semua kapal pembanding adalah kapal dengan bentuk lambung monohull. Pemilihan kapal pembanding berdasarkan nilai *gross tonnage* kapal yang akan dirancang yaitu 3200 GT. Kapal pembanding dipilih berdasarkan nilai *gross tonnage* dengan toleransi 15% dari *gross tonnage* yang telah ditentukan. Dari hasil *regresi linear* didapat ukuran utama *fish processing vessel* dengan bentuk lambung *monohull* seperti pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Ukuran Utama Fish Processing Vessel

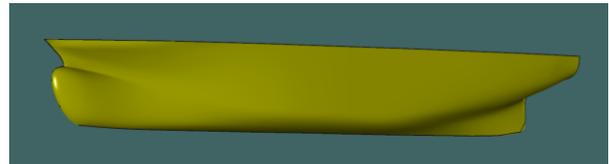
No		Dimensi
1	<i>Length Between Perpendicular</i>	82,88 m
2	<i>Breadth</i>	14,844 m
3	<i>Depth</i>	9,55 m
4	<i>Draft</i>	6,76 m
5	<i>Speed</i>	17 knot

3.2. Permodelan Kapal

Pada tahap ini permodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak permodelan. Dalam permodelan menggunakan acuan model awal dengan bentuk lambung *monohull* yang telah disediakan oleh perangkat permodelan yang kemudian akan dilakukan permodelan menyesuaikan hasil penentuan ukuran utama dari 15 kapal pemabanding lihat Tabel 4. Gambar 1 merupakan model awal sebelum dilakukan permodelan menggunakan perangkat lunak permodelan.

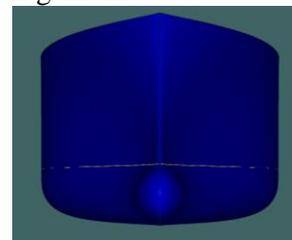


Gambar 1. Model Awal

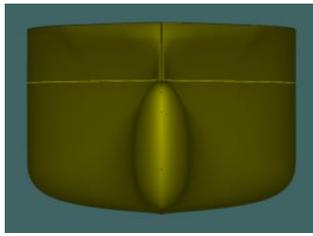


Gambar 2. Hasil Permodelan

Gambar 2 merupakan hasil dari modifikasi model awal yang menyesuaikan hasil penentuan ukuran utama melalui metode *regresi linear* pada tabel 4. Peneliti juga melakukan modifikasi haluan pada model awal untuk menyesuaikan dengan kondisi sarat air pada ukuran utama dalam tabel 4 lihat gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Bentuk haluan model awal



Gambar 4. Bentuk haluan setelah modifikasi

Sebelum ke tahap selanjutnya lambung kapal akan divariasikan Cb-nya menjadi 10 model dengan *displacement* yang sama dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Variasi dimensi kapal

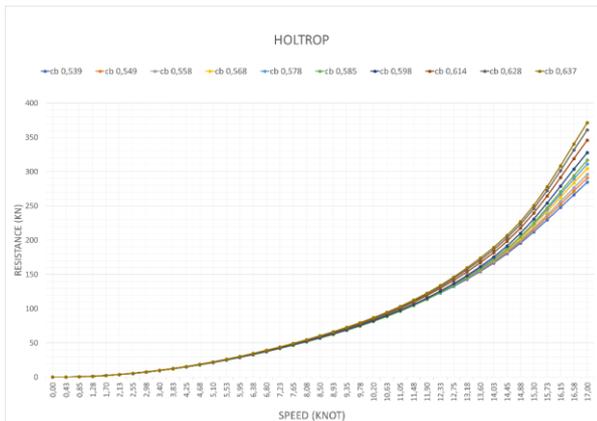
NO	Cb	LWL (m)	B (m)
1	0,539	90,049	15,544
2	0,549	89,673	15,401
3	0,558	89,264	15,262
4	0,568	88,443	15,126
5	0,578	87,807	14,993
6	0,585	87,118	14,844
7	0,598	86,094	14,740
8	0,614	85,861	14,652
9	0,628	85,245	14,562
10	0,637	84,727	14,481

Berdasarkan tabel 5 Cb dengan nilai 0,585 merupakan model asli sebelum dilakukan variasi Cb pada lambung kapal.

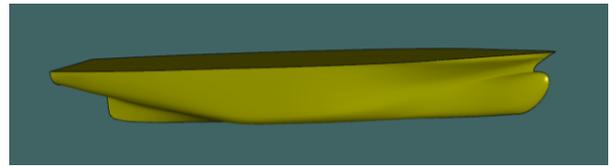
3.3. Analisa Hambatan

Analisa hambatan menggunakan perangkat lunak khusus analisa hambatan kapal. Model kapal dianalisa dengan menggunakan metode *Holtrop* pada kecepatan dinasnya yaitu 17 knot.

Hasil analisa hambatan dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6, model kapal dengan koefisien blok (Cb) 0,539 memiliki hambatan yang paling kecil dengan 284,6 kN. Maka, model kapal dengan Cb 0,539 yang akan digunakan dalam tahap selanjutnya.



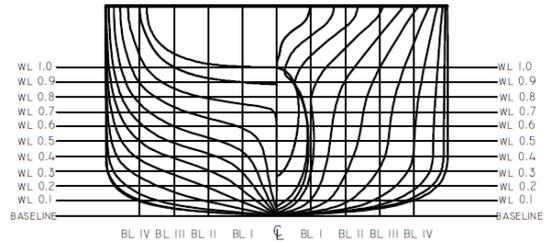
Gambar 5. Perbandingan hambatan 10 model



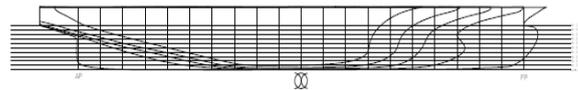
Gambar 6. Model kapal dengan Cb 0,539

3.4. Rencana Garis

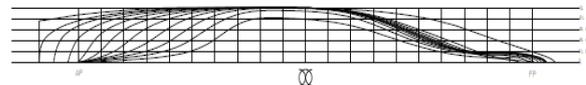
Dengan hasil yang dilakukan pada tahap analisa hambatan maka didapatkan rencana garis kapal dengan Cb 0,539 dapat dilihat pada gambar 7, gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 7. Body plan fish processing vessel



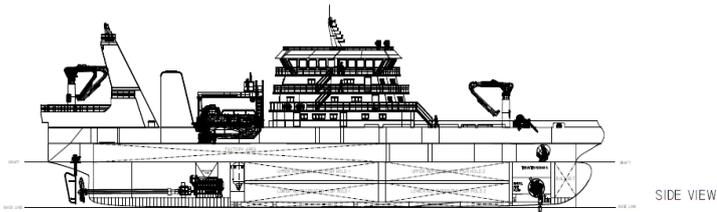
Gambar 8. Sheer plan fish processing vessel



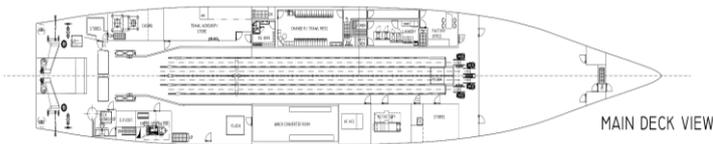
Gambar 9. Half breath plan fish processing vessel

3.5. Rencana Umum

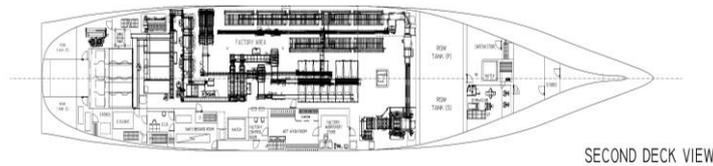
Berdasarkan hasil pada tahap sebelumnya yakni sesuai ukuran utama, hasil analisa hambatan serta rencana garis maka di rancang rencana umum *fish processing vessel* pada tahap ini. Dalam rencana umum kali ini mengikuti regulasi dari DNV GL tahun 2007 Chapter 8 tentang “*Special Requirement for Hull Structure*” [15]. 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. Detail gambar rencana umum dapat dilihat pada gambar 10, gambar 11, gambar 12, gambar 13. Pada gambar 14 peneliti menampilkan visualisasi desain 3D *fish processing vessel*.



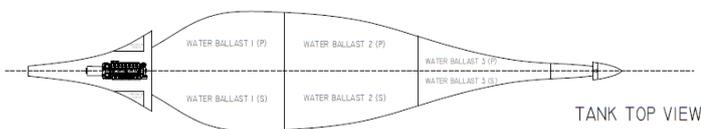
Gambar 10. Tampak samping *fish processing vessel*



Gambar 11. Tampak *main deck fish processing vessel*



Gambar 12. Tampak *second deck fish processing vessel*



Gambar 13. Tampak *tank top fish processing vessel*



Gambar 14. Tampak 3D *fish processing vessel*

3.5.1 Perhitungan BHP

Untuk mendapatkan nilai BHP (*brake horse power*) diperlukan perhitungan EHP, SHP dan SHP terlebih dahulu :

- $EHP = R_t \times V_t$
Dimana :
 R_t = Hambatan total (hasil analisa hambatan)

$$\begin{aligned} V_t &= \text{kecepatan percobaan} \\ EHP &= 284,6 \times 9,2695 \\ EHP &= 2638,0963 \text{ kW} \\ EHP &= 2638,0963 \times 1000 / 735,499 \\ EHP &= 3586,8115 \text{ HP} \end{aligned}$$

- $SHP = EHP / P_c$
 $DHP = 0,98 \times SHP$

Dimana :

$$P_c = \text{Propulsive coefficient}$$

$$P_c = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

$$\eta_H = \text{Hull efficiency}$$

$$\eta_O = \text{Open propeller efficiency (efisiensi Propeller)}$$

$$\eta_R = \text{Relative-rotative efficiency}$$

Nilai *efficiency* diambil dari PNA vol II [16]

$$P_c = \eta_H \times \eta_O \times \eta_R$$

$$= 1,0970 \times 0,6690 \times 1,0350$$

$$P_c = \mathbf{0,7596}$$

$$SHP = EHP / P_c$$

$$= 3586,8115 / 0,7596$$

$$= 4722,1031 \text{ HP}$$

$$DHP = SHP \times 0,98$$

$$= 4722,1031 \times 0,98$$

$$= 4627,6610 \text{ HP}$$

- $BHP = SHP + x \% \cdot SHP$
(dimana: x diambil 25 %)
 $BHP = SHP + 25 \% \cdot SHP$
 $= 4722,1031 + 25 \% \times 4722,1031$
 $BHP = 5902,6288 \text{ HP} \approx 6500 \text{ HP}$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa telah didapatkan nilai BHP kapal yakni sebesar 6500 HP (*horse power*).

3.5.2 Perhitungan Awak Kapal

Perencanaan awak kapal dengan rumus pendekatan (18) [17].

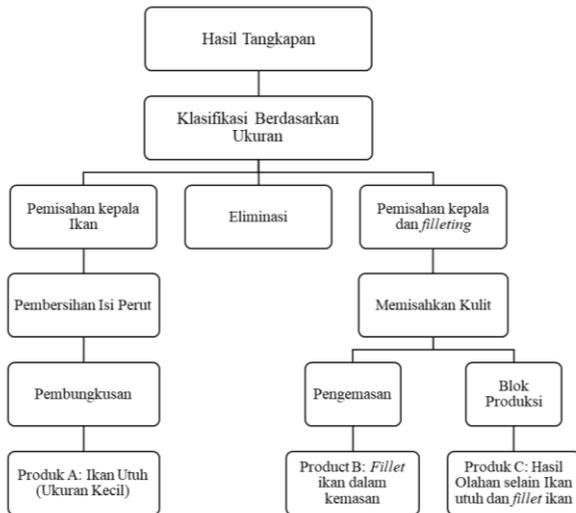
$$Z = C_{st} \cdot \{ C_{dk} (L.B.H \cdot 35/10^5)^{1/6} + C_{eng} (BHP/10^3)^{1/5} \} + C_{det} \quad (18)$$

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* ikan hasil tangkapan yang terdapat pada geladak akan dimasukkan ke dalam pabrik pengolahan. Klasifikasi manual mengirimkan ikan ke jalur filleting - produk "*Fillet*". Jika terlalu besar atau terlalu kecil untuk pergi ke jalur *filleting*, maka akan pergi ke jalur ikan utuh – produk "ikan utuh". Jika tidak dapat diproses atau tidak sesuai dengan persyaratan, maka akan dikembalikan ke laut – "Eliminasi". Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 15 sebagai berikut :



Gambar 15. Skema proses pengolahan ikan

3.5.4 Perhitungan Kapasitas Pendingin

Berdasarkan [8] maka dihitung kapasitas pendingin yang diperlukan. Diantaranya :

- Spesifikasi ruangan pendingin
 - Temperature inside ship 22⁰ C
 - Design room temperature – 35⁰ C
 - Sea condition 38⁰ C
 - Insulation material glass mineral wool

• *Transmission Load*

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

Dimana :

U = heat transfer

A = Area of surface

T = Temperature

Dari persamaan (19) diperoleh beban transmisi sebesar 60.534,62 W.

- *Air Change Load*

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

Dimana

ζ = number of air changes = 8 time/day

Vol = volume total ruangan = 3086,74 m³

v = Air specific volume = 0,92625 m³/kg

Dari persamaan (20) diperoleh *air changes load* sebesar 17.676,20 W.

- *Light Load*

$$Q_{light} = intensity \cdot Area \quad (21)$$

(21)

Dimana

Intensity = 35 W/m²

Area = 1131,768 m²

Dari persamaan (21) diperoleh *light load* sebesar 39.611,88 W.

- *Person Load*

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

Dimana :

N = jumlah awak kapal

q = heat generated tiap orang = 200 W

Dari persamaan (22) diperoleh *person load* sebesar 9.000 W.

- *Product Load*

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

Dimana :

m⁰_p = laju alir massa = 6,713 kg/sec

cp_{b.f} = specific heat below freezing = 3,18 kJ/kg.⁰ C

cp_{a.f} = specific heat above freezing = 1,67 kJ/kg.⁰ C

L_p = Latent heat of fusion = 276 kJ/kg

T_f = Freezing point = -2⁰ C (Fish)

T_{final} = design room temperature = -23⁰ C (Fish)

T_w = temperature inside ship = 22⁰ C

Dari persamaan (23) diperoleh *product load* sebesar 2.735,08 kW.

- *Equipment Load*

$$Q_{equipment} = 0,1 \cdot Q_{product} \quad (24)$$

Dari persamaan (24) diperoleh *equipment load* sebesar 273,51 W.

- *Cooling Load*

$$CL = Q_T + Q_{air\ change} + Q_{light} + Q_{person} + Q_{product} + Q_{equipment} \quad (25)$$

Dari *item-item* diatas dijumlah maka didapatkan *cooling load* sebesar 3.135,41 kW.

- *Cooling Capacity*

Dengan adanya nilai cooling load dapat diperoleh *cooling capacity* dengan persamaan (26) sebagai berikut :

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

Dimana :

FOS = factor of safety = 15 %
 Downtime = 8 jam
 CC = 5.408,58 kW = 7.353,61 PK

3.5.5 Perhitungan Daya Compressor

Dengan memperhatikan siklus refrigerasi dan diagram *enthalpy* terhadap tekanan, fasa, dan suhu pada [8] maka didapatkan rincian sebagai berikut:

$T_{\text{evaporator}} = -45 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{\text{kondensor}} = 48 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 h_1 (*Enthalpy* fasa gas pada suhu $-45 \text{ }^{\circ}\text{C}$) = 1400 kJ/kg
 h_2 (*Enthalpy* fasa gas pada suhu $-8 \text{ }^{\circ}\text{C}$) = 1650 kJ/kg
 h_3 (*Enthalpy* fasa gas setelah proses keseimbangan massa dari *flash chamber*) = 1609,17 kJ/kg
 h_4 (*Enthalpy* fasa gas pada suhu $48 \text{ }^{\circ}\text{C}$) = 1960 kJ/kg
 m^0_1 (laju alir massa perubahan tekanan *refrigeran* pada tahap kompresi pertama) = 4,356 kg/s
 m^0_2 (laju alir massa perubahan tekanan *refrigeran* pada tahap kompresi kedua) = 1,051 kg/s
 η_{mech} (efisiensi mekanik) = 85%
 $P_{1\text{st}}$ = Daya kompresi tahap pertama
 $P_{2\text{nd}}$ = Daya kompresi tahap kedua
 P_{comp} = Total daya kompresor

Dapat dihitung daya *compressor* sebagai berikut :

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

$$P_{1\text{st}} = 1.303,9 \text{ kW} = 1.772,81 \text{ PK}$$

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

$$P_{2\text{nd}} = 2.271,48 \text{ kW} = 3.088,35 \text{ PK}$$

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

$$P_{\text{comp}} = 3.575,38 \text{ kW} = 4.861,16 \text{ PK}$$

3.5.6 Estimasi Harga Kapal

Estimasi harga kapal dalam 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 dan peneliti juga mencari harga pasaran *item-item* perlengkapan kapal di internet.

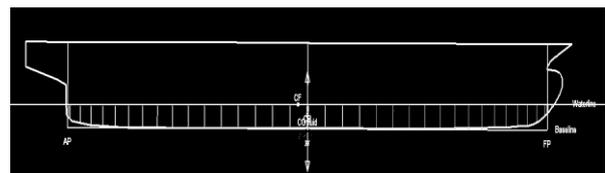
Tabel 6. Estimasi harga kapal

MAIN ITEM	Harga
Body Kapal (baja)	Rp 13.453.461.780
Engine, Sistem propulsi, & Sistem kemudi	Rp 13.624.500.000
Perlengkapal Kapal & Outfitting	Rp 7.243.516.000
Freezing Room Equipment	Rp 18.061.950.000
Factory Area Equipment	Rp 1.445.400.000
Kelengkapan Listrik dan Pompa Beserta Instalasi	Rp 58.700.000
Sistem Instalasi (pipa bahan bakar, air tawar, bilge, kabel listrik)	Rp 57.000.000
Surat Kapal dan Pengiriman	Rp 300.000.000
Total	Rp 54.252.117.780
PPN (10%)	Rp 30.000.000
Estimasi Harga	Rp 59.677.329.558

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui harga estimasi *fish processing vessel* dalam perancangan ini yakni Rp 59.677.329.558.

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 2,698 m dan lokasi titik berat -1,660 m dari *Amidship* atau 39,78 m dari AP. Lokasi titik berat tersebut dapat dilihat pada gambar 16 sebagai berikut :



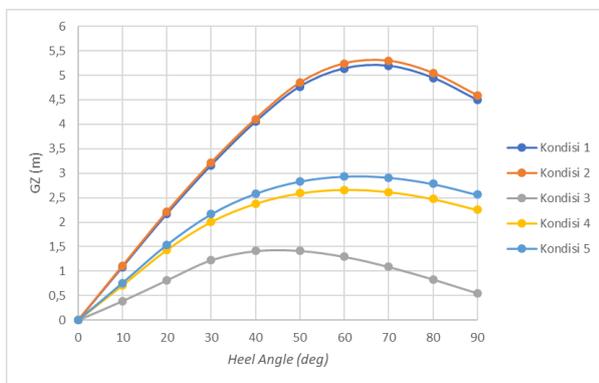
Gambar 16. Titik berat pada kondisi LWT

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 kondisi yang sudah diuraikan di atas maka didapatkan sejumlah 5 kondisi stabilitas kapal. Kemudian kelima kondisi stabilitas tersebut akan dilakukan analisa yang lebih detail mengenai kondisinya dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kondisi stabilitas

Item	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi
	1	2	3	4	5
LOT	100%	75%	30%	10%	100%
DOT	100%	75%	30%	10%	100%
FOT	100%	75%	30%	10%	100%
Ballast	100%	100%	50%	40%	0%
Refrigerated	0%	0%	80%	100%	100%
Fish					
Hold					
Fresh	100%	75%	30%	10%	100%
Water					

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



Gambar 17. Kurva perbandingan nilai GZ pada 5 kondisi

Tabel 8. Hasil analisa stabilitas kapal

CRITERIA	VALUE	UNIT	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi
			1	2	3	4	5
Area 0 to 30; (>)	3,151	m.deg	48,5	49,4	18,2	31,6	34,0
Area 0 to 40; (>)	5,157	m.deg	84,6	86,1	31,6	53,7	57,9
Area 30 to 40; (>)	1,719	m.deg	36,2	36,7	13,4	22,1	23,9
Maximum GZ at 30 or greater; (>)	0,2	m	5,2	5,3	1,4	2,7	2,9
Angle of maximum GZ; (>)	25	deg	66,4	66,4	45,5	60,9	62,7
Turn angle							
Severe wind and rolling; (<)	10	deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turning : Angle of steady heel; (<)	16	deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Angle of steady heel/deck edge immersion angle; (<=)	80	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Initial GM ₀ ; (>=)	0,15	m	6,2	6,3	2,2	4,0	4,3

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 [12] yang telah ditentukan.

3.7. Analisa Olah Gerak Kapal

Model kapal dengan koefisien blok (Cb) 0,539, di analisa olah gerak 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 bantuan *software* khusus olah gerak yang kemudian diolah lagi untuk mendapatkan nilai RMS. 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 12,59 dari *centre gravity*. Perhitungan olah gerak dievaluasi dengan standar kriteria yang telah ditentukan.

Tabel 9. Hasil analisa olah gerak kapal

Item	Wave Heading (deg)	RMS			unit	Max Value
		1,25 m	1,875 m	2,5 m		
Heaving	0	0,127	0,190	0,254	m	
	45	0,239	0,358	0,478	m	
	90	0,231	0,346	0,461	m	
	135	0,586	0,879	1,173	m	
	180	0,380	0,570	0,760	m	
Rolling	0	0,002	0,003	0,005	deg	Max 4°
	45	0,177	0,265	0,354	deg	
	90	0,034	0,052	0,069	deg	
	135	0,024	0,036	0,048	deg	
	180	0,001	0,001	0,002	deg	
Pitching	0	0,059	0,088	0,118	deg	Max 1,5°
	45	0,065	0,097	0,130	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	0,091	0,137	0,183	g	Max 0.2 g
	45	0,063	0,095	0,126	g	
	90	0,035	0,053	0,070	g	
	135	0,080	0,120	0,161	g	
	180	0,095	0,143	0,190	g	
MSI	0	0,000	0,000	0,000	%	Max 20 %
	45	0,000	0,000	0,000	%	
	90	0,736	2,505	5,183	%	
	135	4,377	10,53	17,41	%	
	180	5,316	12,27	19,76	%	
MII	0	0,006	0,111	0,465	tip	Max 1 tip
	45	0,001	0,020	0,127	tip	
	90	0,000	0,000	0,000	tip	
	135	0,002	0,053	0,262	tip	
	180	0,002	0,054	0,272	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 [14] berdasarkan tabel 3.

4. KESIMPULAN

Hasil perancangan *fish processing vessel* dengan bentuk lambung *monohull* untuk pelayaran nasional, didapatkan sebuah rancangan kapal dengan panjang LPP 82,89 m, LWL 90,049 m, lebar 15,544 m, sarat 6,76 m, Cb 0,539 yang beroperasi pada kecepatan dinas 17 knot. Kapal ini memiliki hambatan sebesar 284,6 kN.

Pada kajian stabilitas, ke lima kondisi kapal memenuhi kriteria stabilitas IS Code [12] (tabel 8).

Begitu pula untuk tinjauan analisa olah gerak pada perancangan ini semua *item* yang dianalisa telah memenuhi kriteria NATO STANAG 4154 [14].

Pada tahapan rencana umum juga didapatkan BHP sebesar 6500 HP, perhitungan awak kapal didapatkan 45 orang, kapasitas pendingin sebesar 7.353,61 PK dan daya kompresor sebesar 4.861,16 PK. Dalam penelitian ini didapatkan juga harga estimasi kapal dengan nilai Rp 59.677.329.558.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nikijuluw, V. P.H. *Rezim Pengelolaan Sumberdaya Perikanan*. P3R. Jakarta, 2002.
- [2] Rahim, A. Analisis Harga Ikan Laut Segar dan Pendapatan Usaha Tangkap Nelayan di Sulawesi Selatan, *Disertasi*. Program Studi Ekonomi Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Jogjakarta (tidak dipublikasikan), 2010.
- [3] Setyorini, A., Suherman dan I. Triarso. Analisis Perbandingan Produktivitas Usaha Penangkapan Ikan Rawai Dasar (*Bottom Set Long Line*) dan Cantrang (*Boat Seine*) di Juwana Kabupaten Pati. *Jurnal Saintek Perikanan* Volume 5 Nomor 1 November 2009: 7-14, 2009.
- [4] 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.
- [5] Ilyas Sofyan. *Peranan Es dalam Industri Perikanan*. Dirjen Perikanan Jakarta. Jakarta, 1972.
- [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] A. Khamis Ali, et al., *Design of A Factory Stern Trawler*. Egypt: Faculty of Engineering University Alexandria, 2018
- [8] Hasanudin, et al., "Design Innovation Of 600 GT Live Fish Carrier for 716 and 717 Fishing Area of Indonesian Waters" in *The 2nd International Conference on Marine Technology*, Surabaya, 2017.
- [9] Sofi'i, Moch., Djaja, Indra Kusna. "*Teknik Konstuksi Kapal Baja Jilid 1 untuk SMK*", Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [10] Santoso, IGM, Sudjono, YJ. *Teori Bangunan Kapal*, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Indonesia, 1983.
- [11] International Maritime Organization. "Code of Safety for Special Purpose Ships" (May 2008)
- [12] International Maritime Organization. "Intact Stability Code (IS Code)". 2008.
- [13] 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.
- [14] NATO STANAG 4154 (Edition 3) "Common Procedures for Seakeeping in the Ship Design Process," (November 1997)
- [15] DNV-GL "*Special Requirement for Hull Structure*", 2007.
- [16] Lewis, Edward V., *Principal Naval Architecture Vol. II*. USA: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.
- [17] A. F. Molland and S. R. Turnock, *Ship Resistance and Propulsion*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.