



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Studi Perancangan dan Kelaik Lautan Kapal *Offshore Patrol Vessel* (OPV) untuk Menjaga Kedaulatan Wilayah Laut Natuna Utara

Eghy Audhi Rachman Pradana<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>2)</sup>, Ocid Mursid<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Desain dan Digitalisasi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*e-mail: eghyaudhi99@gmail.com

### Abstrak

Indonesia merupakan negara maritim dengan letak yang strategis dan menjadi salah satu jalur perdagangan dunia. Dengan kekayaan maritim yang dimiliki menjadi keuntungan tersendiri bagi Indonesia. Namun peningkatan eskalasi konflik di kawasan laut Indo-Pasifik menjadi ancaman nyata bagi keamanan wilayah maritim Indonesia terutama laut Natuna Utara. Pembaharuan alutsista maritim terutama kapal patroli lepas Pantai dengan kemampuan jelajah tinggi sangat dibutuhkan. Kapal *Offshore Patrol Vessel* merupakan kapal perang lepas pantai yang sudah lazim digunakan angkatan laut diberbagai negara namun di Indonesia merupakan kapal jenis baru. Jenis kapal ini memiliki daya jelajah tinggi dan dilengkapi sistem persenjataan sehingga cocok digunakan sebagai ujung tombak dalam mengawasi wilayah maritim Indonesia terutama laut natuna utara. kapal ini di rancang berdasarkan kapal pembanding. Kapal dirancang memiliki LOA 89,96 m, LPP 81,84 m, LWL 85,96 m, B 13,14, H 6,78, T 3,95, dan Daya jelajah 4200 Nautical miles serta memiliki kecepatan maksimal 23 Knot. Kapal ini dianalisa stabilitasnya menggunakan 6 kondisi muatan dan Analisa olah gerak dilakukan dengan mengevaluasi terhadap nilai RMS vertical acceleration at FP, pitching dan rolling dengan sudut heading 0, 45, 90, 135 dan 90 pada tinggi gelombang 1 m, 2 m dan 3 m. Analisa yang dilakukan memenuhi kriteria-kriteria yang digunakan.

Kata Kunci : *Offshore Patrol Vessel*, Laut Natuna Utara, Olah Gerak

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kekuatan angkatan laut terbesar di Asia Tenggara dan terkuat ke-6 di dunia. Angkatan Laut Indonesia memiliki inventaris kapal perang terbanyak di Asia Tenggara yang terdiri dari berbagai jenis dan diprediksi akan terus bertambah. Pada tahun 2023 Indonesia menempati posisi ke-13 dari 145 negara dengan militer terkuat di dunia menurut *Global Fire Power*. Hal ini selaras dengan luasnya geografis laut Indonesia yang bahkan menyumbang 20% devisa untuk negara. Meskipun begitu jumlah kapal TNI-AL belum cukup untuk mencakup semua wilayah NKRI terlebih di dominasi kapal-kapal tua bekas Jerman Timur. Dalam data inventaris 2022 TNI-AL memiliki 225 armada laut yang terdiri dari 179 kapal patroli, 24 kapal korvet, 7 kapal fregat, dan 5 kapal selam. Meskipun akhir-akhir ini sedang gencar dilakukan moderensasi, tentunya

ini sangat kurang bila dibandingkan dengan luas wilayah laut Indonesia.

Hal lain yang menjadi ancaman nyata bagi keamanan wilayah kedaulatan maritim Indonesia adalah dengan adanya peningkatan eskalasi ketegangan konflik di kawasan laut Indo-Pasifik [1]. Selain itu, negara tetangga Indonesia di sisi selatan sudah mengizinkan untuk melakukan tindakan militer terhadap nelayan yang tanpa izin masuk ke wilayah maritimnya [2]. Dari ketegangan dan kondisi yang ada sudah seharusnya armada kapal patroli bersenjata Indonesia ditambah. Sudah seharusnya dalam memenuhi *Minimum Essential Force* (MEF) tahap terakhir lebih difokuskan pada pengembangan dan pembangunan kapal TNI-AL baik berupa kapal patroli maupun kapal perang dengan persenjataan lengkap.

Penelitian tentang perancangan kapal perang sebelumnya terbatas pada kapal patroli jarak dekat

dan kapal perang fregat kelas berat. Pada penelitian difokuskan pada perencanaan kapal perang *offshore patrol vessel* yang merupakan kapal jenis baru di Indonesia. Kapal ini didesain memiliki daya jelajah yang tinggi. Untuk menjaga keutuhan wilayah maritim Indonesia terutama Laut Natuna Utara yang sekarang menjadi arena bagi kapal perang asing, kapal perang dengan ukuran yang lebih besar dapat menghindari dari serangan kawanan kapal yang lebih kecil sehingga bisa lebih mempertahankan posisinya dalam operasi [3]. Namun disinilah keunggulan OPV yaitu lebih ekonomis dibandingkan dengan kapal perang kelas berat seperti fregat maupun korvet. Selain itu OPV merupakan jenis kapal multiperan dimana kapal jenis ini bukan hanya bisa digunakan untuk militer namun juga bisa menjadi platform kapal patroli diluar militer seperti Bakamla [4]. Selain Fleksibilitasnya kapal ini dapat menjadi salah satu opsi diplomasi pertahanan maritim [5].

Pada penelitian ini kapal *Offshore Patrol Vessel* yang dirancang untuk beroperasi diperairan Laut Natuna Utara yang menjadi pusat ketegangan di wilayah Asia-Pasifik. Kapal OPV ini dirancang memiliki daya jelajah yang tinggi mengingat tugas utamanya adalah sebagai garda terdepan untuk mengamankan wilayah maritim Indonesia di Laut Natuna Utara. Oleh karena itu, penulis melakukan analisa stabilitas dan *seakeeping* atau olah gerak pada desain kapal yang dibuat.

Pada Analisa olah gerak atau *seakeeping* kapal disimulasikan pada beberapa kondisi muatan termasuk kondisi kapal ketika menerjunkan pasukan khusus ditengah pelayaran. Hal ini untuk mengetahui kondisi stabilitas kapal sudah sesuai dengan perencanaan. Selanjutnya analisa *seakeeping* dilakukan untuk mengetahui keandalan dan efisiensi dari desain kapal yang dibuat. Analisa *seakeeping* yang dilakukan meliputi *heaving rolling* dan *pitching*. Dari dua analisa yang dilakukan diharapkan desain kapal yang dibuat benar-benar dapat diterapkan.

Pada penelitian, *General Arrangement*, 3D modeling juga tidak luput dari perhatian sehingga kapal pada penelitian ini mampu ditampilkan secara visual oleh penulis. Dari penelitian ini diharapkan proporsionalitas pengadaan Alutsista siap pakai dari luar negeri yang masih tinggi bisa semakin berkurang dengan adanya penelitian-penelitian komponen pertahanan yang menjadi sebuah gambaran nyata bahwa anak bangsa mampu turut serta dalam pembangunan pertahanan terutama maritim dan menjadi efek *deterrence* bagi negara lain yang berniat mengganggu kedaulatan NKRI [6].

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Data dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder yang didapatkan dari teori, jurnal, dan literatur lainnya yang mendukung penelitian.

Data primer merupakan data utama berupa ukuran utama kapal pembanding, karakteristik daerah operasi, dan peralatan pendukung termasuk persenjataan.

Data sekunder berfungsi sebagai pendukung data primer yang didapatkan dari berbagai literatur.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Pembanding

No	Nama Kapal	LPP	B	T	H
1	A.R.A Piedranuena	81,7	13,6	4,4	5,67
2	Kiem Ngu Viet Nam	83,94	14	4	7
3	PNS Yarmook	83,22	14	3,97	6,75
4	KRI Diponegoro	83,23	13,02	3,77	6,3
5	BRP Melchora Aquino	87,3	11,5	4,3	5,2
6	Piloto Pardo	73,72	13	3,9	6,55
7	Sahil Guvenlik	80	12,2	3,6	8,2
8	Tun Fatimah RMNS	74,13	13,7	3,9	6,8
9	Sultan Moulay Ismail	86,33	13,02	3,6	8,75
10	Austal 83	81,7	13,3	4	6,5

Tabel 1 merupakan ukuran utama kapal pembanding yang digunakan sebagai data primer penelitian kecuali kecepatan yang sudah ditentukan sebesar 23 Knot.

### 2.2. Metode Regresi

Setelah mendapatkan data kapal pembanding selanjutnya adalah menentukan ukuran utama kapal baru dengan metode regresi linier. Metode ini menggunakan persamaan garis matematis yang dikenal dengan garis regresi. Metode ini memberikan prediksi nilai Y untuk nilai X yang diberikan. Melakukan prediksi terhadap variabel Y merupakan salah satu fungsi dari analisa regresi [7]

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2} \quad (1)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2)$$

$$Y = a + bX \quad (3)$$

Dimana Y merupakan variabel yang dicari, X merupakan variabel bebas, b merupakan perubahan rata-rata Y terhadap satu variabel X. Kemudian nilai a merupakan *slope*, b sebagai *intercept* dan n adalah banyaknya data perhitungan.

Metode regresi linier digunakan karena salah satu fungsi dari regresi linier adalah memprediksi data dari beberapa data yang ada. Dalam hal ini data yang dikumpulkan adalah data ukuran utama kapal perbandingan dengan grafik yang linier.

### 2.3. Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki fokus untuk mendapatkan hasil analisa berupa hambatan, stabilitas, dan olah gerak kapal yang didapatkan dari ukuran utama kapal yang baru.

Parameter yang ditentukan sebagai batasan dalam penelitian ini meliputi:

- Kecepatan kapal saat patroli ditentukan sebesar 15 Knot dan kecepatan pengejaran ditentukan sebesar 23 Knot.
- Kapal didesain memiliki *displacement* 2000 ton.
- Karakteristik gelombang yang digunakan adalah karakteristik gelombang *slight*, *moderate*, dan *rough* berdasarkan spektrum gelombang JONSWAP.
- Tinggi gelombang yang digunakan adalah 1 m, 2 m dan 3 m.

### 2.4. Tipe Lambung Kapal

Pada Penelitian ini kapal didesain menggunakan lambung Tunggal atau *monohull semi-displacement*. Kapal dengan lambung *monohull* akan cenderung lebih lincah bermanuver dibandingkan dengan lambung katamaran.

### 2.5. Daerah Operasional

Daerah operasional yang direncanakan pada kapal yang dirancang merupakan Laut Utara dimana daerah dengan eskalasi konflik maritim paling tinggi saat ini. Laut Natuna Utara sendiri rata-rata memiliki tinggi gelombang maksimum pada bulan Desember [8]. Jarak antara Surabaya-Sabang dijadikan acuan dalam lama waktu kapal melakukan satu kali operasional. Jarak yang ditempuh yakni, 1355 *nautical miles*.

### 2.6. Analisa Hambatan

Hambatan merupakan faktor utama dalam menentukan mesin yang akan digunakan. Sehingga dalam hal ini hambatan merupakan faktor utama untuk mendapatkan kecepatan dinas kapal. Nilai hambatan pada kapal ini didapatkan menggunakan bantuan *software* khusus. Hambatan kapal dipengaruhi oleh hambatan total yang terdiri dari hambatan lambung utama, hambatan bagian kapal yang menonjol dari hul serta hambatan udara pada bagian lambung kapal di atas air [9].

Metode yang digunakan untuk mendapatkan hambatan pada desain kapal adalah metode *holtrop*. Metode ini digunakan karena metode ini dapat digunakan semua jenis kapal bahkan untuk kapal perang dengan kecepatan tinggi dengan mempertimbangkan limitasi nilai hidrostatis kapal.

Tabel 2. Parameter Hidrotatis metode *Holtrop for High Speed Naval Vessel*[10]

No	Parameter	Value
1	Lwl/Bwl	6.00 - 9.50
2	Bwl/T	3.00 - 4.00
3	Cp	0.55 - 0.67
4	Fn	0.00 - 0.45

### 2.7. Analisa Stabilitas

Stabilitas kapal adalah kondisi dimana kapal dapat kembali ke keadaan semula setelah mendapatkan gaya baik dari internal maupun dari eksternal lambung kapal. Stabilitas kapal sendiri terdiri stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Stabilitas kapal pada penelitian didapatkan menggunakan *software* analisa stabilitas kapal.

Analisa stabilitas kapal kapal ini menggunakan kriteria dari kriteria *International Maritime Organization (IMO) Intact Stability Code (IS Code) 2008* [11] yaitu *CodeA.749 (18) Ch 3-design criteria applicable to all ships, HSC2000 Ch 2 Part B –Passenger Craft* [12], dan US Navy DDS 079-1-b(1) *Intact Stability* [13].

Tabel 3. Kriteria Stabilitas

Criteria	Value	Unit
<b>All Ship</b>		
Area 0 to 30; (>)	3,15	m.deg
Area 0 to 40; (>)	5,16	m.deg
Area 30 to 40; (>)	1,72	m.deg
Max GZ at 30 or greater; (>)	0,20	m
Angle of Maximum GZ; (>)	25,00	deg
Initial GMt; (>=)	0,15	m

Passenger Crowding: Angle of equilibrium ( $\geq$ )	10,00	deg
Angel of Steady Heel ( $\leq$ )	16,00	deg
Angel of Steady Heel/Deck Edge Immersion Angle ( $\leq$ )	80,00	%
<b>Passenger Craft</b>		
Angle of Equilibrium ( $<$ )	10,00	deg
High-speed turning (Ht) ( $<$ )	8,00	deg
Hpc + Hw ( $<$ )	10,00	deg
Ht + Hw ( $<$ )	12,00	deg
<b>US Navy DDS 079</b>		
High Speed Turning-Angle of steady heel shall be less than ( $<$ )	15,00	deg
High Speed Turning-Area1 / Area2 shall be greater than ( $>$ )	40,00	%
High Speed Turning-GZ(intersection) / GZ(max) shall be less than ( $<$ )	60,00	%

## 2.8. Sistem Persenjataan

Sistem persenjataan merupakan unsur utama dalam sebuah kapal perang. Dalam menjalankan tugas tentu kapal ini membutuhkan sarana penunjang agar misi dapat berjalan dengan baik. Komponen penunjang misi dalam kapal perang adalah hal yang menentukan seberapa besar kapal memiliki efek *deterrence*. Kapal direncanakan mempunyai sistem persenjataan yang terintegrasi sehingga dapat menjalankan misi dengan baik.

## 2.9. Rencana Umum

Rencana umum merupakan desain 2 dimensi kapal yang berfungsi sebagai pembagi sekat antar ruangan. Seperti halnya bangunan di darat kapal juga membutuhkan pembagian sekat ruangan untuk mempermudah fungsional kapal. Pada rencana umum kapal Dalam rencana umum ini juga ditentukan perencanaan tangki yang akan menjadi aspek penentu dalam analisa stabilitas kapal.

## 2.10. Desain 3D

Desain 3D merupakan gambaran visual dari desain 2 dimensi yang menjadikan garis-garis pada desain 2 dimensi menjadi bentuk nyata. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran terhadap apa yang dikerjakan dan dapat menjadi koreksi bagi desain 2 dimensi. Pada penelitian ini desain 3 dimensi dibuat dengan bantuan *software* khusus untuk mendapatkan desain serealistik mungkin.

## 2.11. Olah Gerak Kapal

Olah gerak adalah kondisi kapal dalam keadaan beroperasi baik dalam keadaan diam

maupun bergerak secara aman dan efisien. Seperti halnya stabilitas olah gerak kapal juga dipengaruhi oleh faktor dari dalam dan luar kapal. Pada olah gerak faktor utama yang memberikan pengaruh adalah gelombang.

Gerakan rotasi terdiri dari *rolling*, *pitching* dan *yawing*. Sedangkan gerakan linier terdiri dari *surgings*, *swaying* dan *heaving*. Namun pada kapal sendiri gerakan gelombang yang bisa direspon hanya gelombang rotasi.

### 2.11.1. Respon Amplitude Operator (RAO)

RAO merupakan hubungan antara amplitudo gelombang dengan amplitudo respon. Sumbu vertikal pada RAO mewakili rasio amplitudo gerak terhadap amplitudo gelombang dalam mode tertentu sedangkan sumbu horizontal RAO mewakili frekuensi[14]. Pada olah gerak kapal respon kapan dinyatakan minimum apabila puncak RAO juga minimum.[15]

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

Pada penelitian ini Olah gerak kapal didapatkan dengan bantuan *software* khusus dengan memperhatikan kriteria olah gerak kapal yang sesuai. Pada penelitian ini kriteria olah gerak yang digunakan adalah kriteria olah gerak USCG atau U.S. Coast Guard Cutter Certification Plan [16].

Tabel 4. Kriteria Olah Gerak [16]

No	Criteria	RMS	Unit
1	Vertical acceleration at forward perpendicular	0,4(3,9)	g(m/s)
2	Pitch	4,0	deg
3	Roll	8,0	deg

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Analisa Misi Kapal

Kapal patroli sendiri memiliki fungsi utama untuk menjaga keamanan suatu wilayah dimana kapal tersebut ditugaskan. Kapal perang merupakan simbolis kekuatan militer suatu negara. Simbolis yang mampu memberikan sinyal politis [17].

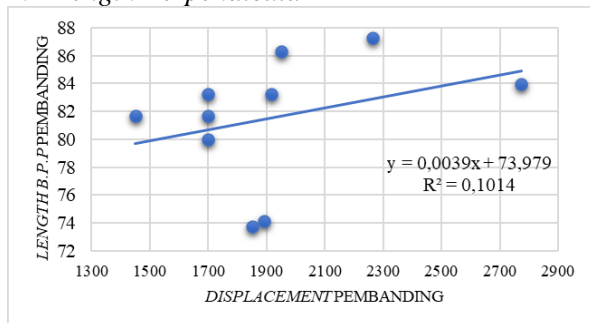
Tugas utama kapal ini adalah menjaga teritori terluar Indonesia terutama wilayah laut Natuna Utara. Tentunya sesuai dengan *endurance* kapal yaitu 4200 nm atau pelayaran 15 hari. Kapal dilengkapi sistem radar 3 dimesin, dek pendaratan hingga hanggar yang mampu membawa helikopter Panther AS 565 *Anti-Submarine*. Helikopter ini mampu mendeteksi kapal selam dan memberikan serangan awal pada kapal selam. Selain itu kapal memiliki *deck* amfibi yang mampu membawa pasukan khusus untuk misi

penyusunan maupun difungsikan sebagai pembawa pasukan. Dalam menjalankan misi perang tentunya kapal membutuhkan pertahanan, kapal ini juga dilengkapi dengan Meriam bofors untuk mengambil tugas pertahanan kapal. Dalam misi yang lebih kecil kapal ini dilengkapi dengan *Machine Gun* yang dapat digunakan untuk menghadapi perompak atau memberikan tembakan peringatan kepada kapal yang dirasa mengancam.

### 3.2. Ukuran Utama Kapal Baru

Penentuan ukuran utama kapal baru menggunakan metode regresi linier ukuran utama kapal pembanding dengan tipe lambung *monohull* serta dari jenis kapal OPV dan sejenisnya. Dalam menentukan ukuran utama kapal pembanding *displacement* kapal merupakan acuan untuk menentukan kapal pembanding yang digunakan. Hal ini dimaksudkan karena *displacement* merupakan dimensi utama yang dikunci dalam mendesain kapal.

#### 1. Length Perpendicular



Gambar 1. Regresi Length Perpendicular (LPP)

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 1$$

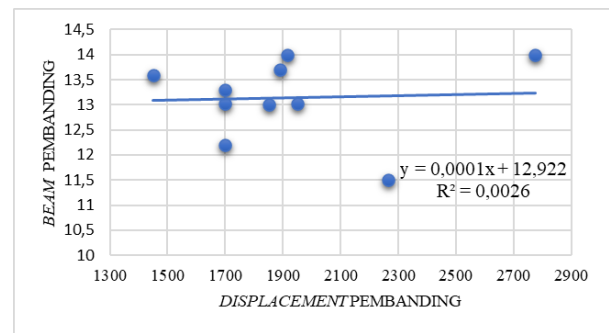
$$a = \frac{(815)(38056579^2) - (19193)(1569544)}{10(38056579^2) - (19193)^2} = 73,97871$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 2$$

$$b = \frac{10(1569544) - (19193)(815)}{10(38056579) - (19193)^2} = 0,00393$$

$$Y = 73,978771 x 0,00393(2000) = 81,84 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 3$$

#### 2. Breadth



Gambar 2. Regresi Breadth (B)

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 1$$

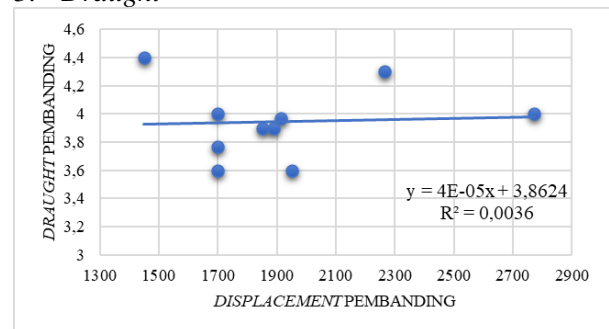
$$a = \frac{(131)(38056579^2) - (19193)(252216)}{10(38056579^2) - (19193)^2} = 12,9221$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 2$$

$$b = \frac{10(252216) - (19193)(131)}{10(38056579) - (19193)^2} = 0,00011$$

$$Y = 12,9221 x 0,00011(2000) = 13,14 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 3$$

#### 3. Draught



Gambar 3. Regresi Draught (T)

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 1$$

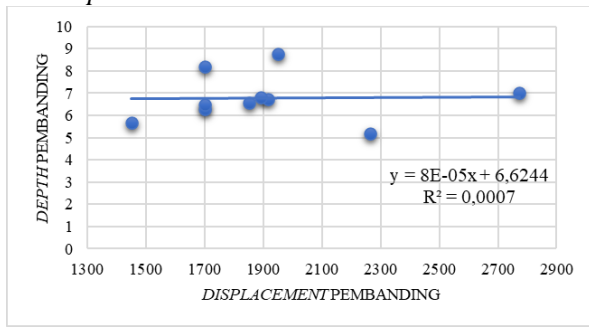
$$a = \frac{(39,44)(38056579^2) - (19193)(75749)}{10(38056579^2) - (19193)^2} = 3,86238064$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 2$$

$$b = \frac{10(75749) - (19193)(34,44)}{10(38056579) - (19193)^2} = 0,00004$$

$$Y = 3,86238064 x 0,00004(2000) = 3,95 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 3$$

#### 4. Depth



Gambar 4. Regresi Depth (H)

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 1$$

$$a = \frac{(67,72)(38056579^2) - (19193)(130068)}{10(38056579^2) - (19193)^2} = 6,62444$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 2$$

$$b = \frac{10(130068) - (19193)(67,72)}{10(38056579) - (19193)^2} = 0,00008$$

$$Y = 6,62444 \times 0,00008 (2000) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 3$$

$$= 6,78$$

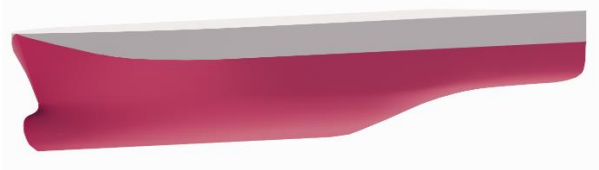
Gambar 1 hingga gambar 4 merupakan regresi linier dari setiap ukuran utama pada kapal pemandang dan menghasilkan ukuran utama kapal baru.

Table 5. Ukuran Utama Kapal Baru

No	Dimension	Value	Unit
1	Length Perpendicular	81,84	m
2	Breadth	13,14	m
3	Depth	6,78	m
4	Draught	3,95	m
5	Speed	23	m
6	Displacement	2000	Ton

#### 3.3. Permodelan

Permodelan pada penelitian ini menggunakan bantuan software khusus sehingga didapatkan permodelan kapal dan koefisien dari permodelan tersebut. Permodelan dilakukan dengan memperhatikan displacement model hingga didapatkan ukuran yang sesuai dengan perencanaan.

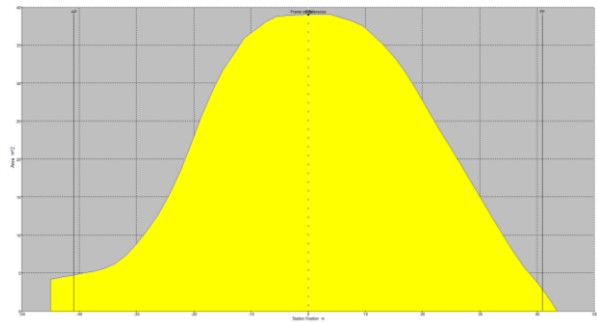


Gambar 5. Model Kapal

#### 3.4. Rencana Garis (Lines Plan)

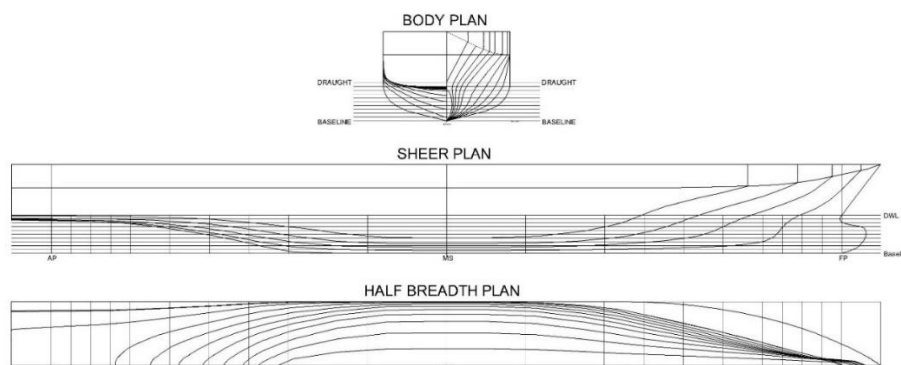
Rencana Garis didapatkan dari desain modeler dan disempurnakan menggunakan software khusus 2 dimensi.

Gambar 5 merupakan rencana garis kapal yang terdiri dari 3 bagian yaitu *body plan*, *half breadth plan*, dan *sheer plan*. *Body plan* menggambarkan 2D kapal tampak depan, *half breadth plan* menggambar 2D kapal tampak samping dan *sheer plan* menggambarkan 2D kapal tampak atas.



Gambar 6. CSA Kapal Model

Gambar 6 merupakan Curve Section of Area yang menunjukkan luasan kapal setiap station.



Gambar 7. Lines Plan Kapal

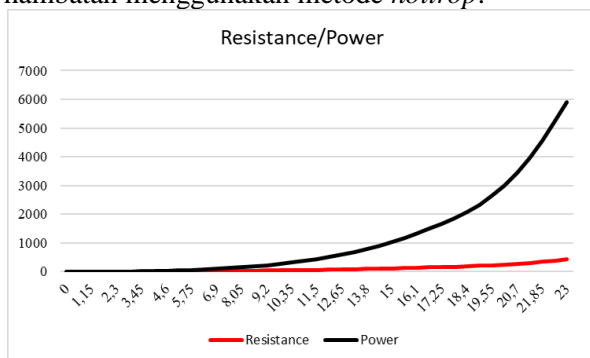
### 3.5. Analisa Hambatan

Analisa hambatan pada penelitian ini menggunakan bantuan *software* khusus *resistance* berdasarkan metode *Holtrop* dengan mempertimbangkan parameter koefisien hidrostatis kapal. Parameter hidrostatis *holtrop* terdiri dari nilai garis air ( $Lwl$ ) dibagi lebar ( $Bwl$ ), Lebar ( $Bwl$ ) dibagi sarat ( $T$ ), Koefisien Prismatic ( $Cp$ ) dan *Froude Number* ( $Fn$ )

Tabel 6. Kofiisen Hidrostatik Kapal

No	Parameter	Value	Desain	Status
1	Lwl/Bwl	6.00 – 9.50	6,54	Memenuhi
2	Bwl/T	3,00 - 4,00	3,33	Memenuhi
3	Cp	0,55 - 0,67	0,58	Memenuhi
4	Fn	0,00 - 0,45	0,42	Memenuhi

Tabel 6 menunjukkan koefisien kapal memenuhi parameter hidrostatis untuk analisa hambatan menggunakan metode *holtrop*.



Gambar 8. Garfik *Resistance* berbanding *Power*

Gambar 8 merupakan grafik power kapal pada kecepatan patroli 15 *knot* dan kecepatan pengejaran 23 *knot*. Pada kecepatan patroli 15 *knot* daya yang dibutuhkan sebesar 1041 kW dengan hambatan 115 Kn dan pada kecepatan pengejaran 23 *knot* daya yang dibutuhkan sebesar 5900 kW dengan hambatan sebesar 424 kN.

### 3.6. Rencana Umum

Rencana umum kapal ini didesain berdasarkan rencana umum kapal OPV yang pernah dibuat dengan melakukan penyesuaian agar sesuai dengan kebutuhan. Kapal ini didesain memiliki dek dengan pintu rampa untuk menurunkan pasukan khusus. Selain itu kapal ini juga didesain mempunyai hangar yang cukup untuk menampung helikopter anti kapal selam TNI-AL sehingga memiliki kemampuan *multi-role* yang tidak hanya patroli tetapi bisa menjalankan misi lain seperti penerjunan pasukan khusus. Kapal ini didesain memiliki jarak tempuh 4200 *nautical miles* dimana jarak yang sangat cukup untuk melakukan patroli selama sehari-hari tanpa kembali ke pelabuhan. Kapal ini

dirancang dengan diawaki 65 personel dengan tugasnya masing-masing.

Tabel 7. Kapasitas Tangki

No	Tangki	Kapasitas	Units
1	Fuel Oil Tank		
	FOT 1	150,98	m3
	FOT 2	127,75	m3
	FOT 3	31,80	m3
	FOT 4	38,65	m3
	FOT 5	35,46	m3
2	FO Day Tank	35,86	m3
	FO Settling Tank	11,92	m3
3	Diesel Oil Tank	9,50	m3
	DOT 1	59,56	m3
	DOT 2	15,75	m3
4	Lubricating Oil Tank		
	LOT	8,51	m3
	LO Day Tank	4,08	m3
5	LO Settling Tank	4,08	m3
	Fresh Water Tank		
	FWT 1	72,48	m3
	FWT 2	13,05	m3
6	FWT 3	101,65	m3
	FWT 4	38,71	m3
	Fuel Oil RIB/Heli		
	AVCAT	21,28	m3
7	RIB FUEL	5,57	m3
	BALLAST TANK		
	WBT 1	44,67	m3
	WBT 2	10,79	m3
8	AFT	45,82	m3
	FPT	41,29	m3

Tabel 7 merupakan kapasitas tangki pada kapal. Kapasitas tangki dibuat berdasarkan kebutuhan pelayaran kapal.

Tabel 8. Susunan Anak Buah Kapal

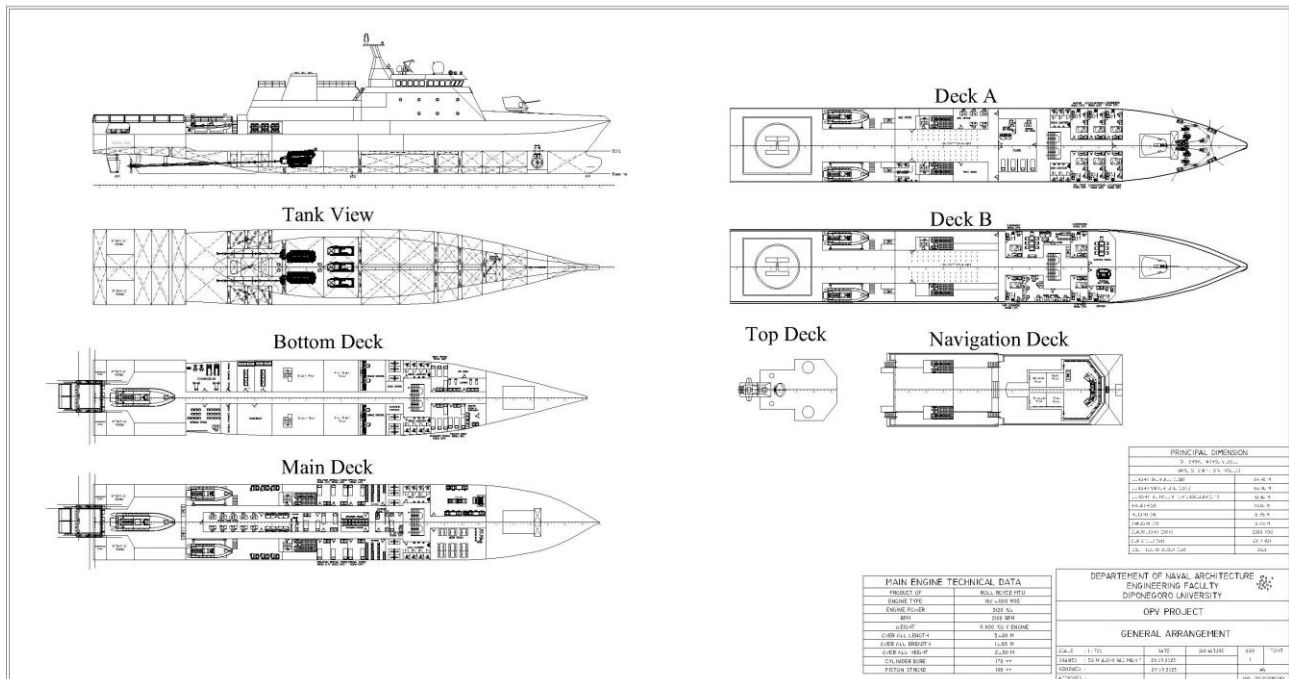
No	Jabatan	Jumlah
1	Master Captain	1 Orang
2	Deck Department	
	Chief Operation Officer	1 Orang
	Chief Officer	1 Orang
	1st Officer	1 Orang
	2nd Officer	1 Orang
	3rd Officer	1 Orang
	Radio Officer	1 Orang



Helicopter Pilot	2 Orang
Doctor	1 Orang
Nurses	1 Orang
Heli Crews	8 Orang
Weapon Crews	8 Orang
Special Force	16 Orang
Deck Rating	8 Orang
3 Engine Department	
Chief Engineer	1 Orang
1st Engineer	1 Orang

2nd Engineer	1 Orang
3rd Engineer	1 Orang
Electrician Engineer	1 Orang
Engine Rating	8 Orang
<b>Total</b>	<b>65 Orang</b>

Tabel 8 adalah susunan anak buah pada kapal yang direncanakan dengan mempertimbangkan kebutuhankapal.



Gambar 9. Rencana Umum

Gambar 9 merupakan rencana umum kapal yang terdiri dari 5 dek akomodasi, 1 dek untuk tangki dan 1 dek untuk sistem radar kapal. Pembagian ruangan pada rencana umum penelitian ini antara lain:

1. *Side View* menggambarkan pembagian dek kapal secara *vertical* atau dilihat dari sisi samping kapal.
2. *Tank View* menggambarkan pembagian tanki kapal dilihat dari atas. Pada bagian ini terdiri dari kamar mesin dan tangki yang mempunyai fungsinya sendiri-sendiri.
3. *Bottom Deck View* menggambarkan pembagian ruangan kapal pada bottom deck dilihat dari atas. Pada dek ini ini terdiri dari *engine control room, laundry, lavatory, ammunition warehouse, crew's bedroom, gymnasium, mission room, workshop, special force hangar* dan *ship store*.
4. *Main Deck View* menggambarkan pembagian ruangan kapal pada *main deck* dilihat dari

- atas. Pada dek ini ini terdiri dari *kitchen, mess room, lavatory, nurses bedroom, C. off. Cook bedroom, provision, gun storage, helicopter crew bedroom, special force bedroom, mini bar, special force office, emergency generator room*, dan *rigid inflatable boat space*.
5. *A Deck View* menggambarkan pembagian ruangan kapal pada dek A dilihat dari atas. Pada dek ini ini terdiri dari *officer's bedroom, lavatory, clinic, helicopter hangar*, dan *helipad*.
6. *B Deck View* menggambarkan pembagian ruangan kapal pada dek B dilihat dari atas. Pada dek ini ini terdiri dari *captain day room & bedroom, officer's bedroom, VVIP bedroom, meeting room, ship office*, dan *officer's lounge*.
7. *Navigation Deck View* menggambarkan pembagian ruangan kapal pada *navigation*



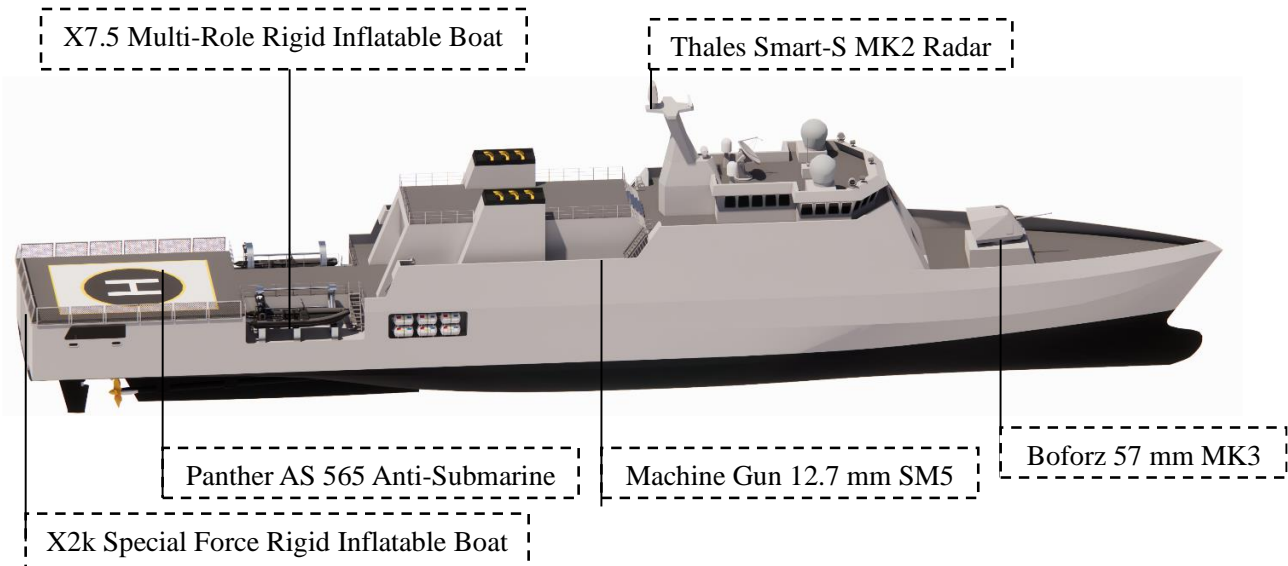
deck dilihat dari atas. Pada deck ini ini terdiri dari *navigation room* dan *helicopter control room*

8. *Top Deck View* menggambarkan pembagian ruangan kapal pada *top deck* dilihat dari atas. Dek ini merupakan tempat dimana

diletakkannya radar dan sistem komunikasi pada kapal

### 3.7. Sistem Persenjataan

Sistem persenjataan merupakan nyawa dari kapal perang dimana sistem persenjataan merupakan unsur yang memberikan efek *deterrence* bagi lawan.



Gambar 10. Sistem Persenjataan

Gambar 10. merupakan sistem persenjataan yang terpasang pada kapal. Sistem persenjataan yang digunakan dipilih berdasarkan kebutuhan misi yang dapat dijalankan oleh kapal. Selain itu sistem senjata yang digunakan dipilih berdasarkan sistem senjata sejenis atau versi *upgrade* yang digunakan TNI-AL sehingga akan lebih mudah dalam perawatan.

### 3.8. 3D Model

3D model dibuat berdasarkan pemodelan *lines plan* dan rancangan umum yang sudah dibuat. Pada tahap ini semua komponen penunjang yang digunakan dalam kapal juga diperhatikan sehingga visualisasi model menjadi lebih nyata. 3D modeling bertujuan untuk memberi gambaran nyata desain kapal yang dirancang. 3D model juga memberikan visualisasi dari sistem persenjataan yang digunakan. Pada tahap ini 3D model yang ditampilkan adalah 3 model kapal tampak depan, 3D model tampak belakang dan 3D model tampak samping.



Gambar 11. *Front and Rear View*

Gambar 11 dan 12 merupakan 3D model kapal, menggambarkan permodelan kapal secara realistis.



Gambar 12. Side View 3 Model

1

### 3.9. Analisa Stabilitas

Pada penelitian ini analisa stabilitas menggunakan 6 kondisi muatan. Dengan setiap kondisi memiliki misinya masing-masing. Selain kondisi yang sudah diatur, yang memengaruhi stabilitas adalah pembebanan kapal dimana LWT kapal sebesar 62% atau 1241 ton dari displacement kapal dan DWT kapal sebesar 38% atau 758 Ton dari displacement kapal. Hal lain yang diperhatikan dalam stabilitas kapal adalah perencanaan pembebanan sehingga sesuai dengan batasan trim kapal pada Non Convention Vessel Standard (NCVS) 2009 [18].

Berikut ini adalah pembagian loadcase yang direncanakan.

1. *Loadcase 1*

LC 1 adalah kondisi dimana kapal baru memulai pelayaran dengan semua muatan kapal, bahan bakar dan air bersih dalam keadaan penuh. (Kondisi tangki ballast kosong)

2. *Loadcase 2*

LC 2 adalah kondisi pada 25% perjalanan dengan muatan kapal dalam keadaan penuh dan bahan bakar serta air bersih dalam keadaan 75%. (Kondisi tangki ballast kosong)

3. *Loadcase 3*

LC 3 adalah kondisi pada 50% perjalanan dengan muatan kapal dalam keadaan penuh, bahan bakar serta air bersih dalam keadaan 50%, serta mempersiapkan misi. (Kondisi muatan tangki ballast kosong)

4. *Loadcase 4*

LC 4 adalah kondisi kapal pada 50% perjalanan serta menjalankan misi pengintaian dengan helikopter. Kondisi air bersih dan FOT dalam keadaan 25%, Cargo 61% serta DOT 50%. (Kondisi muatan tangki ballast 50%)

5. *Loadcase 5*

LC 5 adalah kondisi kapal pada 75% perjalanan setelah menjalankan misi dan helikopter sudah kembali ke hanggar. Kondisi air bersih dan FOT dalam keadaan 25%, Cargo 61%, serta DOT 50% serta kondisi muatan 71%. (Kondisi muatan tangki ballast 75%)

6. *Loadcase 6*

LC 6 adalah kondisi kapal pada 90% perjalanan dan sudah dekat dengan pelabuhan dengan bahan bakar FOT dan DOT tersisa 10% serta kondisi muatan 72%. (Kondisi muatan tangki ballast 100%)

Tabel 9. *Loadcase*

No	Tangki	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6
1	<i>Lightweight</i>	100% 1241	100% 1241	100% 1241	100% 1241	100% 1241	100% 1241
2	<i>Fuel Oil Tank</i>	100% 395,3	75% 296,5	50% 197,6	50% 197,6	25% 98,8	10% 39,5
	FOT 1	86% 121,8	86% 121,8	66% 93,4	66% 93,4	0% 0,0	0% 0,0
	FOT 2	100% 120,1	100% 120,1	70% 84,1	70% 84,1	66% 78,7	16% 19,4
	FOT 3	100% 36,3	13% 4,6	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0
	FOT 4	100% 29,9	100% 29,9	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0
	FOT 5	100% 33,3	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0
	FOT 6	100% 33,7	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0	0% 0,0

	FO Day Tank	100 %	11,2	100%	11,2	100%	11,2	100 %	11,2	100 %	11,2	100 %	11,2
	FO Settling Tank	100 %	8,9	100%	8,9	100%	8,9	100 %	8,9	100 %	8,9	100 %	8,9
3	Diesel Oil Tank	100 %	63,3	100%	63,3	100%	63,3	75%	47,4	50%	31,6	10%	6,3
	DOT 1	100 %	50,0	100%	50,0	100%	50,0	75%	37,5	50%	25,0	13%	6,3
	DOT 2	100 %	13,2	100%	13,2	100%	13,2	75%	9,9	50%	6,6	0%	0,0
4	Lubricating Oil Tank	100 %	8,1	100%	8,1	100%	8,1	100 %	8,1	100 %	8,1	100 %	8,1
	LO Day Tank	100 %	4,0	100%	4,0	100%	4,0	100 %	4,0	100 %	4,0	100 %	4,0
	LO Settling Tank	100 %	4,0	100%	4,0	100%	4,0	100 %	4,0	100 %	4,0	100 %	4,0
5	Fresh Water Tank	100 %	225,9	75%	169,4	50%	112,9	50%	112,9	25%	56,5	10%	22,6
	FWT 1	100 %	72,5	75%	54,4	50%	36,2	50%	36,2	25%	18,1	10%	7,2
	FWT 2	100 %	13,0	75%	9,8	50%	6,5	50%	6,5	25%	3,3	10%	1,3
	FWT 3	100 %	101,7	75%	76,2	50%	50,8	50%	50,8	25%	25,4	10%	10,2
	FWT 4	100 %	38,7	75%	29,0	50%	19,4	50%	19,4	25%	9,7	10%	3,9
6	Fuel Oil RIB/Heli	100 %	23,0	100%	23,0	100%	23,0	73%	15,5	73%	15,5	73%	15,5
	AVCAT	100 %	17,9	100%	17,9	100%	17,9	65%	11,6	65%	11,6	65%	11,6
	RIB Fuel	100 %	5,1	100%	5,1	100%	5,1	75%	3,8	75%	3,8	75%	3,8
7	Ballast Tank	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	50%	81,4	75%	122,1	100 %	162,8
	WBT 1	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	50%	31,2	75%	46,9	100 %	62,5
	WBT 2	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	50%	5,5	75%	8,3	100 %	11,1
	AFT	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	50%	21,2	75%	31,7	100 %	42,3
	FPT	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	50%	23,5	75%	35,2	100 %	47,0
8	Cargo	100 %	42,9	96%	41,8	96%	40,7	61%	30,5	71%	32,6	72%	31,9
	Awak+Bagasi	100 %	8,1	100%	8,1	100%	8,1	90%	7,3	100 %	8,1	100 %	8,1
	Bahan Makanan	100 %	4,4	75%	3,3	50%	2,2	50%	2,2	25%	1,1	10%	0,4
	Helicopter	100 %	2,4	100%	2,4	100%	2,4	0%	0,0	100 %	2,4	100 %	2,4
	Amunisi	100 %	14,0	100%	14,0	100%	14,0	50%	7,0	50%	7,0	50%	7,0
	Cadangan	100 %	14,0	100%	14,0	100%	14,0	100 %	14,0	100 %	14,0	100 %	14,0
9	Displacement		1999,09		1842,72		1686,31		1734,18		1605,92		1527,51
	Units		Ton		Ton		Ton		Ton		Ton		Ton

Tabel 9 merupakan kondisi muatan dan kapasitas pada setiap tangki dimana terdapat 6 kondisi berbeda yang direncanakan.

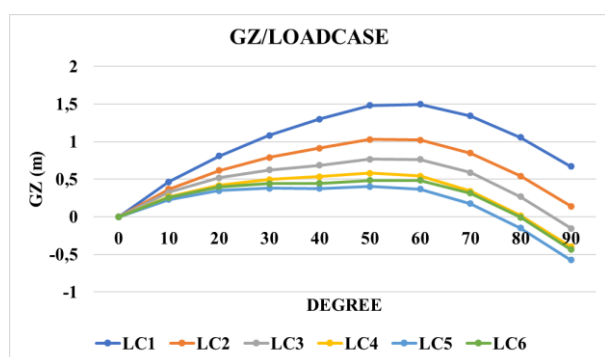
Berdasarkan analisa stabilitas berdasarkan 6 kondisi muatan pada tabel didapatkan data stabilitas kapal sebagai berikut.

Tabel 10. Hasil Analisa Stabilitas

Criteria	Value	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	Unit	Status
<b>All Ship</b>									
Area 0 to 30; (>)	3,15	18,43	14,02	11,83	9,60	7,94	9,02	m.deg	<b>Pass</b>
Area 0 to 40; (>)	5,16	30,40	22,55	18,40	14,76	11,73	13,46	m.deg	<b>Pass</b>

Area 30 to 40; (>)	1,72	11,97	8,53	6,57	5,16	3,80	4,44	m.deg	<b>Pass</b>
Max GZ at 30 or greater; (>)	0,20	1,52	1,05	0,78	0,59	0,41	0,50	m	<b>Pass</b>
Angle of Maximum GZ; (>)	25,00	55,50	54,50	55,50	28,20	52,70	55,50	deg	<b>Pass</b>
Initial GMt; (>=)	0,15	3,04	2,49	2,26	1,88	1,59	1,72	m	<b>Pass</b>
Passenger Crowding: Angle of equilibrium (>=)	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	deg	<b>Pass</b>
Angel of Steady Heel (<=)	16,00	1,20	1,60	2,10	2,40	3,10	3,00	deg	<b>Pass</b>
Angel of Steady Heel/Deck Edge Immersion Angle (<=)	80,00	2,78	3,77	4,57	5,42	6,79	6,43	%	<b>Pass</b>
<b>Passenger Craft</b>									<b>Pass</b>
Angle of Equilibrium (<)	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	deg	<b>Pass</b>
High-speed turning (Ht) (<)	8,00	0,80	1,10	1,40	1,60	2,00	2,00	deg	<b>Pass</b>
Hpc + Hw (<)	10,00	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	deg	<b>Pass</b>
Ht + Hw (<)	12,00	0,90	1,20	1,50	1,70	2,20	2,20	deg	<b>Pass</b>
<b>US Navy DDS 079</b>									<b>Pass</b>
High Speed Turning-Angle of steady heel shall be less than (<)	15,00	3,90	4,90	5,50	6,80	8,00	7,10	deg	<b>Pass</b>
High Speed Turning-Area1 / Area2 shall be greater than (>)	40,00	83,29	76,81	71,15	62,17	40,09	59,23	%	<b>Pass</b>
High Speed Turning-GZ(intersection) / GZ(max) shall be less than (<)	60,00	13,08	18,81	25,21	33,14	47,78	39,56	%	<b>Pass</b>

Tabel 10 merupakan data stabilitas pada setiap kondisi yang diasumsikan dan telah memenuhi syarat stabilitas sesuai dengan aturan *International Maritime Organization (IMO) Intact Stability Code (IS Code) 2008* yaitu *CodeA.749 (18) Ch 3-design criteria applicable to all ships, HSC2000 Ch 2 Part B –Passenger Craft*, dan US Navy DDS 079-1-b(1) *Intact Stability* sehingga desain dapat dinyatakan layak.



Gambar 13. GZ pada Setiap Kondisi

Gambar 13 merupakan kondisi GZ atau lengan pengembali pada setiap kondisi. Analisa

yang telah dilakukan didapatkan data bahwa setiap kondisi *loadcase* menggambarkan kondisi stabilitas kapal, dengan *loadcase* 1 memiliki nilai stabilitas terbaik dan sesuai jurnal rujukan dimana stabilitas terbaik terjadi pada kondisi kapal muatan penuh [19] dan dapat dikatakan bahwa model kapal memenuhi syarat stabilitas.

### 3.10. Analisa Olah Gerak

Olah gerak pada kapal ini dianalisis menggunakan *software motion*. Pada Analisa ini digunakan spectrum gelombang JONSWAP dengan 4 sudut *heading*. Selanjutnya keempat sudut *heading* yang digunakan tadi dianalisis menggunakan karakteristik gelombang *slight*, *moderate*, dan *rough*. Tinggi gelombang yang digunakan sebesar 1 m, 2 m dan 3 m. sehingga data analisis yang digunakan memenuhi syarat daerah operasi karena dalam 10 tahun terakhir tinggi gelombang di perairan Laut Natuna mendapatkan nilai skala 4 yang berkategori sedang dengan tinggi gelombang 1,19 m hingga 1,92 m[20]

Tabel 11. Hasil Analisa Olah Gerak Kapal

No	Criteria	Wave Heading	Speed						Unit	Max Value	Status
			RMS (15 Knot)			RMS (23 Knot)					
			1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			

1	<i>Heaving</i>	45	0,157	0,379	0,601	0,161	0,380	0,600	M	<i>Pass</i>	
		90	0,221	0,462	0,704	0,208	0,444	0,681		<i>Pass</i>	
		135	0,225	0,471	0,717	0,257	0,521	0,781		<i>Pass</i>	
		180	0,213	0,462	0,706	0,247	0,531	0,797		<i>Pass</i>	
2	<i>Rolling</i>	45	1,710	2,470	3,230	1,660	2,400	3,130	Deg	Max at	<i>Pass</i>
		90	3,580	5,340	7,040	3,580	5,340	7,040		8 Deg	<i>Pass</i>
		135	2,150	2,890	3,870	1,770	2,830	3,610		<i>Pass</i>	
		180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		<i>Pass</i>	
3	<i>Pitching</i>	45	0,350	0,640	0,910	0,370	0,610	0,840	Deg	Max at	<i>Pass</i>
		90	0,190	0,320	0,450	0,170	0,300	0,410		3 Deg	<i>Pass</i>
		135	0,470	0,760	1,140	0,430	0,760	1,070		<i>Pass</i>	
		180	0,460	0,880	1,260	0,420	0,820	1,180		<i>Pass</i>	
4	<i>Vertical Acceleration at FP</i>	45	0,148	0,103	0,102	0,386	0,478	0,481	m/s <sup>2</sup>	Max at	<i>Pass</i>
		90	0,283	0,377	0,477	0,274	0,362	0,458		0,4 g	<i>Pass</i>
		135	0,922	1,298	1,681	1,219	1,720	2,237		(3,9	<i>Pass</i>
		180	1,129	1,588	2,063	1,526	2,149	2,802		m/s <sup>2</sup> )	<i>Pass</i>
Status		<i>Pass</i>	<i>Pass</i>	<i>Pass</i>	<i>Pass</i>	<i>Pass</i>	<i>Pass</i>				

Tabel 11 merupakan data olah gerak kapal pada kecepatan patroli 15 *knot* dan kecepatan pengejaran (maksimal) 23 *knot*. Pada analisa ini desain kapal memenuhi kriteria *US. Coast Guard Cutter Certification Plan* dan dengan demikian desain pada penelitian ini dapat dikatakan layak.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan ukuran utama kapal *Offshore Patrol Vessel* dengan LOA 89,96 m, LPP 81,84 m, B 13,14 m, T 3,95 m, H 6,78 m, Cb 0,438, Vs 23 Knot dan LWL 85,96 serta displacement 2000 ton. Kapal mempunyai daya jelajah hingga 4200 *nautical miles* pada kecepatan patroli 15 *knot* dengan power sebesar 1041 kW. Hambatan total kapal sebesar 424 kN dengan kebutuhan *power* sebesar 5900 kW pada kecepatan pengejaran 23 *knot*. Hambatan kapal didapatkan dengan menggunakan metode *holtrop* berdasarkan parameter hidrostatis kapal.

Keenam kondisi yang disimulasikan memenuhi kriteria stabilitas pada analisa stabilitas berdasarkan *International Maritime Organization (IMO) Intact Stability Code (IS Code) 2008* yaitu *CodeA.749 (18) Ch 3-design criteria applicable to all ships, HSC2000 Ch 2 Part B –Passenger Craft*, dan US Navy DDS 079-1-b(1) *Intact Stability*.

Pada analisa olah gerak, 2 kecepatan yang dianalisis yaitu kecepatan patroli sebesar 15 Knot dan kecepatan pengejaran sebesar 23 Knot memenuhi kriteria USCG atau *US. Coast Guard*

*Cutter Certification Plan*. Berdasarkan hasil analisa stabilitas dan olah gerak kapal pada penelitian memenuhi kriteria.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. O. Delanova and Y. M. Yani, "Dampak Kebijakan Amerika Serikat Di Indo-Pasifik Dalam Menghadapi China Terhadap Keamanan Indonesia," *J. Acad. Praja*, vol. 5, no. 1, pp. 79–97, 2022, doi: 10.36859/jap.v5i1.413.
- [2] D. J. Letts, "The use of force in patrolling Australia's fishing zones," *Mar. Policy*, vol. 24, no. 2, pp. 149–157, 2000, doi: 10.1016/S0308-597X(99)00026-3.
- [3] H. Abel, "Frigate Defense Effectiveness in Asymmetrical Green Water Engagements," 2009..
- [4] A. Ljulj, V. Slapničar, I. Grubišić, and L. Mihanović, "Concept Design of a Hybrid Offshore Patrol Vessel," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.3390/jmse11010012.
- [5] A. P. B. Adikara and A. I. Munandar, "Tantangan Kebijakan Diplomasi Pertahanan Maritim Indonesia Dalam Penyelesaian Konflik Laut Natuna Utara," *J. Stud. Diplomasi Dan Keamanan*, vol. 13, no. 1, pp.

- 83–101, 2021, doi: 10.31315/jsdk.v13i1.4365.
- [6] H. Y. Irwanto, L. Mariani, and A. Sarjito, "Evaluasi Industri Pertahanan Dalam Rangka Kemandirian Alutsista Dengan Bercermin Pada Industri Pertahanan Negara Maju," *J. Lemhannas RI*, vol. 10, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.55960/jlri.v10i1.266.
- [7] A. A. Smadi and N. H. Abu-Afouna, "On Least Squares Estimation in a Simple Linear Regression Model with Periodically Correlated Errors: A Cautionary Note," *Austrian J. Stat.*, vol. 41, no. 3, pp. 211–226, 2016, doi: 10.17713/ajs.v41i3.175
- [8] P. D. Anggara, D. Adrianto, W. S. Pranowo, and T. M. Alam, "Analisis Karakteristik Gelombang Laut Guna Mendukung Data Informasi Operasi Keamanan Laut di Wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara," *J. Chart Datum*, vol. 3, no. 2, pp. 107–131, 2022, doi: 10.37875/chartdatum.v3i2.123.
- [9] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson. *Ship resistance and propulsion*, Cambridge: Cambridge university press, 2017.
- [10] J. Holtrop, and G.G. J. Mennen, "An approximate power prediction method", Netherlands Ship Model Basin (MARIN), 1982.
- [11] International Maritim Organization, "Intact Stability Code (IS Code)," no, p, 4, 2008
- [12] The Maritime and Coast Guard Agency, *International Code of Safety for High-speed Craft*, no July. 2008, p 380.
- [13] United State Navy Design Data Sheet 079-1. (1975), *Stability and Bouyancy of U.S. Naval Surface Ship*, Departement of the Navy
- [14] I. Ibinabo and D. T. Tamunodukobipi, "Determination of the Response Amplitude Operator(s) of an FPSO," *Engineering*, vol. 11, no. 09, pp. 541–556, 2019, doi: 10.4236/eng.2019.119038.
- [15] R. Rahmad, U. Budiarto, and G. Rindo, "Studi Perancangan Dan Analisa Olah Gerak Kapal Landing Ship Tank (Lst) Kapasitas 25 Unit Tank Leopard 2a6," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 286–296, 2016.
- [16] USCG, "*US. Coast Guard Cutter Certification Plan*", Naval Surface Warfare Center, Ship Hydromechanic Department. Bethesda Maryland, November. 1994
- [17] K. Booth, *Navies and Foreign Policy*. London, Routledge, 1977.
- [18] Kementrian Perhubungan, *Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia*. Jakarta, 2009.
- [19] W. F. Gemilang, D. Chrismianto, and A. W. B. Santosa, "Studi Perancangan dan Analisa Olah Gerak Kapal Rumah Sakit Tipe B Untuk Tanggap Bencana di Indonesia," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 9, no. 3, pp. 234–243, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/nava1>.
- [20] O. Sanjaya, M. Muliadi, and A. Apriansyah, "Karakteristik Gelombang Laut di Perairan Laut Natuna Menggunakan Data Satelit Altimetri," *Prism. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 119–126, 2019, doi: 10.26418/pf.v7i2.34261.

