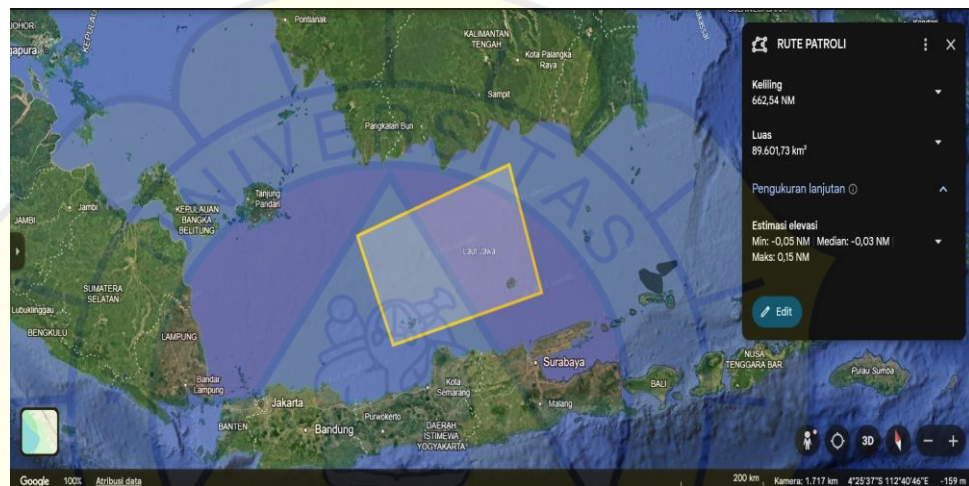


## BAB V

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Rute Patroli

Dalam 10 desain kapal patroli yang telah dirancang, meliputi penentuan dimensi utama, perhitungan hambatan, stabilitas awal, serta kecepatan rencana. Analisa dilakukan untuk memastikan bahwa desain kapal memenuhi kebutuhan pengawasan laut di wilayah Laut Jawa baik dari segi performa, kestabilan, maupun operasional.



Gambar 5. 1 Rute patroli

Wilayah operasional kapal patroli dalam penelitian ini ditetapkan di perairan Laut Jawa dengan rute patroli membentuk area segi empat seluas  $89.601,73 \text{ km}^2$  dan keliling sejauh 662,54 mil laut. Titik utama keberangkatan dan kedatangan direncanakan berada di Pelabuhan Karimun Jawa, yang secara strategis terletak di Tengah jalur patroli, memudahkan akses ke seluruh sektor wilayah pengawasan.

Penentuan area ini mempertimbangkan tingginya aktivitas pelayaran dan potensi pelanggaran hukum di Laut Jawa, seperti *illegal fishing* dan penyelundupan. Selain itu, karakteristik perairan yang relatif datar (elevasi berkisar antara -0,05 hingga 0,15 NM) menjadikannya ideal untuk operasi kapal berkecepatan tinggi. Oleh karena itu, desain kapal diarahkan agar mampu menjangkau area luas dengan efisiensi bahan bakar, kestabilan

tinggi, serta respons cepat terhadap situasi maritim dari titik sandar di karimun jawa.

## 5.2 Data perairan laut jawa

Kondisi lingkungan operasi kapal merupakan salah satu parameter penting dalam proses perancangan kapal cepat. Salah satu parameter yang perlu diperhatikan adalah tinggi gelombang signifikan (significant wave height) di wilayah operasi kapal.

Berdasarkan penelitian terbaru mengenai karakteristik gelombang di Laut Jawa, tinggi gelombang signifikan umumnya berada pada kisaran 0,2 – 1,4 m dengan rata-rata sekitar 0,6 – 0,7 m, dan nilai tertinggi biasanya terjadi pada musim timur akibat pengaruh angin monsun (al R. e., 2023)

## 5.3 Design Wave Condition

Berdasarkan data gelombang dari berbagai penelitian di wilayah Laut Jawa, maka kondisi gelombang yang digunakan sebagai parameter desain kapal adalah:

Parameter	Nilai
Significant Wave Height (Hs rata-rata)	0,5 – 1,4 m
Extreme Wave Height	1,5 – 2,5 m
Design Wave Height (digunakan desain kapal)	<b>2,5 m</b>
Wave Period (estimasi)	5 – 7 detik

Pemilihan tinggi gelombang desain sebesar 2,5 meter dilakukan dengan mempertimbangkan nilai maksimum gelombang signifikan yang tercatat di wilayah Laut Jawa selama musim angin kuat. Nilai ini digunakan sebagai design criteria untuk memastikan kapal tetap mampu beroperasi secara aman pada kondisi gelombang tertinggi yang umum terjadi di wilayah operasi kapal.

Pendekatan ini umum digunakan dalam desain kapal, dimana nilai gelombang desain diambil dari kondisi ekstrem tetapi masih realistis terhadap kondisi operasi kapal. Oleh karena itu, kapal dirancang untuk

tetap memiliki performa operasional yang baik pada kondisi gelombang hingga **2,5 m**, sehingga dapat menjamin keselamatan operasi di wilayah Laut Jawa.

Parameter	Lokasi/Layer	Nilai/Range	Satuan	Sumber
Suhu Permukaan Laut (SST)	Permukaan	27 - 32	°C	Berdasarkan CTD pengukuran di Laut Jawa (Feb–Mar 2019) ( <a href="#">Jurnal Hidrografi Indonesia</a> )
Salinitas Permukaan Laur (SSS)	Permukaan	30 - 35	PSU	Berdasarkan CTD pengukuran di Laut Jawa (Feb–Mar 2019) ( <a href="#">Jurnal Hidrografi Indonesia</a> )
Densitas Air Laut	Kolom Vertikal	1020 – 1022,5	Kg/m <sup>3</sup>	Data CTD di Laut Jawa menunjukkan nilai densitas meningkat seiring kedalaman ( <a href="#">Jurnal Hidrografi Indonesia</a> )
Arus Laut – Kecepatan (Musim barat)	Permukaan	0,05 – 0,35	m/s	Hasil analisis arus Laut Jawa model CMEMS (musim barat) ( <a href="http://jurnal.sttalhidros.ac.id">jurnal.sttalhidros.ac.id</a> )
Arus Laut – Kecepatan (Kedalaman Menengah)	Lapisan menengah	0,01 – 0,15	m/s	Pola kecepatan arus menurun seiring kedalaman ( <a href="http://jurnal.sttalhidros.ac.id">jurnal.sttalhidros.ac.id</a> )
Arus Laut – Observasi ADCP	Kedalaman 30 – 35 m	0,001 - 0,41	m/s	Pengukuran arus ADCP di Laut Jawa menunjukkan variasi kecepatan arus ( <a href="#">Portal e-Jurnal MGI</a> )
Arah Arus Dominan	Permukaan	Musim Barat: Barat - > Timur, Musim Timur: Timur -> Barat	-	Pola arah arus dipengaruhi musim monsun ( <a href="http://jurnal.sttalhidros.ac.id">jurnal.sttalhidros.ac.id</a> )

## 5.4 Penentuan Awak Kapal

Kapal patroli cepat dengan panjang kurang lebih 35 meter dan menggunakan dua mesin diesel sebagai penggerak utama memerlukan sedikitnya 6 orang awak kapal. Susunan tersebut terdiri atas Nakhoda, Mualim I, Kepala Kamar Mesin, Masinis, Juru Mudi, serta satu orang kelasi. Formasi ini dinilai telah memenuhi aspek keselamatan, efektivitas operasional, pembagian tugas jaga, serta kesiapsiagaan dalam kondisi darurat sesuai dengan prinsip *minimum safe manning* yang diatur dalam

SOLAS Bab V Regulasi 14 dan IMO Resolution A.1047(27), yang menyatakan bahwa setiap kapal harus memiliki jumlah awak kapal yang memadai untuk menjamin keselamatan navigasi serta operasi kppa secara efektif.

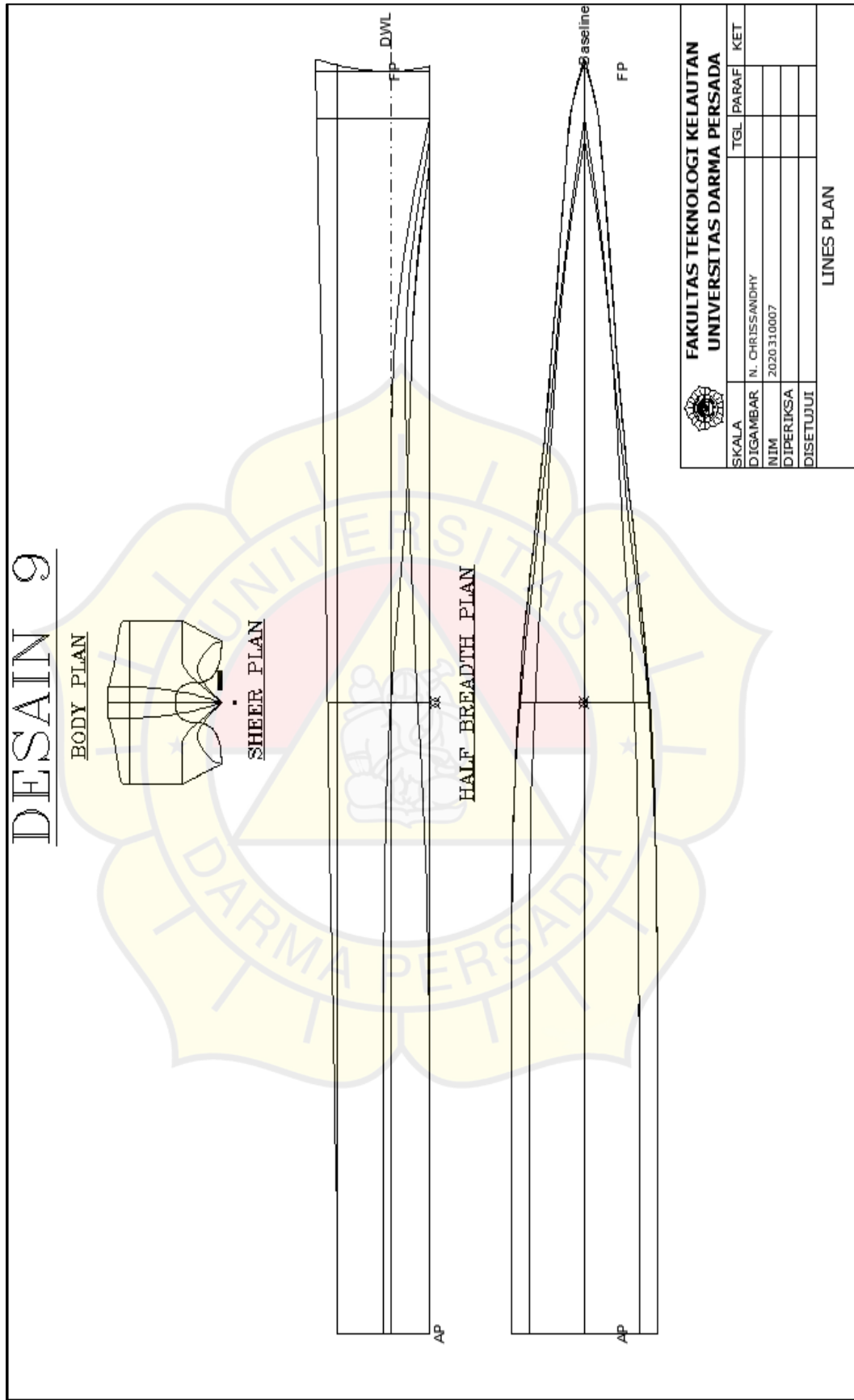
## 5.5 Penentuan Dimensi Utama Kapal

### 5.5.1 Ukuran Utama

Dari 10 desain kapal yang telah dirancang sesuai kebutuhan operasional di Laut Jawa, serta fungsi utama kapal sebagai patroli cepat. Penelitian ini menggunakan Maxsurf dengan analisis hasil yang didapat sebagai berikut.

*Table 34 Rencana utama desain terpilih*

<b>DESAIN 9</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
LOA	25	m
LWL	24,764	m
B	4	m
H	2,5	m
T	0,85	m
Vs	40,6	knot
Cb	0,521	
Cw	0,626	
Cp	0,691	
Lcb	10,801	
Lcf	12,586	
$\nabla$	26,568	$m^3$



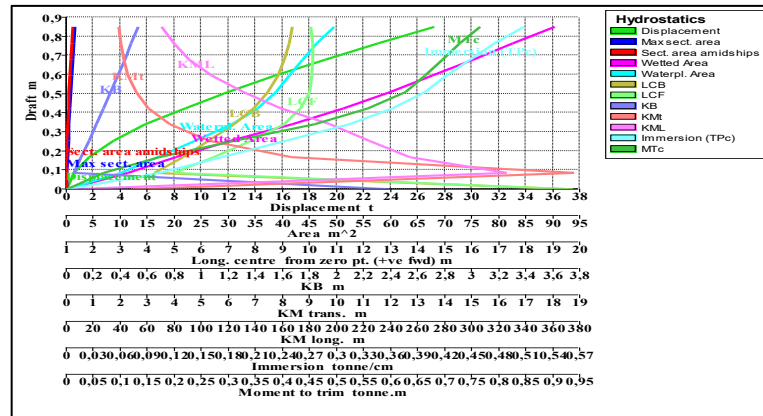
Gambar 5. 2 LinesPlan desain 9

### 5.5.2 Hidrostatik Kapal patroli

Analisa hidrostatik kapal rancangan dilakukan menggunakan *software* Maxsurf, dengan pembagian garis air sebagai berikut.

Draft Amidships m	0,000	0,085	0,170	0,255	0,340	0,425	0,510	0,595	0,680	0,765	0,850
Displacement t	0,0000	0,5121	1,687	3,456	5,850	8,731	11,96	15,45	19,14	23,06	27,23
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,000	0,085	0,170	0,255	0,340	0,425	0,510	0,595	0,680	0,765	0,850
Draft at AP m	0,000	0,085	0,170	0,255	0,340	0,425	0,510	0,595	0,680	0,765	0,850
Draft at LCF m	0,000	0,085	0,170	0,255	0,340	0,425	0,510	0,595	0,680	0,765	0,850
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	1,976	24,854	24,835	24,818	24,804	24,792	24,783	24,775	24,769	24,766	24,764
Beam max extents on WL m	0,000	2,479	2,558	2,637	2,716	2,795	2,874	2,953	3,033	3,112	3,191
Wetted Area m <sup>2</sup>	0,000	11,323	20,247	30,323	41,747	51,201	59,804	67,565	75,104	82,589	90,197
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	0,000	10,090	16,848	23,813	30,667	35,270	38,758	41,175	43,618	46,329	49,516
Prismatic coeff. (Cp)	0,000	0,305	0,374	0,434	0,495	0,547	0,588	0,620	0,645	0,665	0,681
Block coeff. (Cb)	0,000	0,095	0,152	0,202	0,249	0,289	0,321	0,346	0,366	0,382	0,395
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,000	0,312	0,408	0,465	0,503	0,529	0,546	0,558	0,567	0,574	0,581
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,000	0,164	0,265	0,364	0,455	0,509	0,544	0,563	0,581	0,601	0,627
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	19,754	4,231	5,287	6,261	7,201	7,919	8,438	8,803	9,052	9,231	9,360
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	19,754	4,969	6,425	7,851	9,055	9,646	9,997	10,083	10,106	10,094	10,043
KB m	2,391	0,054	0,108	0,163	0,219	0,273	0,326	0,377	0,427	0,478	0,528
KG m	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850
BMI m	0,000	18,727	8,218	5,104	3,592	2,741	2,237	1,903	1,681	1,524	1,406
BML m	0,000	325,855	253,741	223,422	194,619	158,709	130,495	106,732	90,240	78,521	69,887
GMI m	1,541	17,930	7,476	4,416	2,961	2,164	1,712	1,430	1,258	1,151	1,085
GML m	1,541	325,059	252,999	222,734	193,988	158,132	129,971	106,258	89,817	78,149	69,565
KMI m	2,391	18,780	8,326	5,266	3,811	3,014	2,562	2,280	2,108	2,001	1,935
KML m	2,391	325,909	253,849	223,584	194,838	158,982	130,821	107,108	90,667	78,999	70,415
Immersion (IPC) tonner/cm	0,000	0,103	0,173	0,244	0,314	0,362	0,397	0,422	0,447	0,475	0,508
MTC tonne.m	0,000	0,067	0,172	0,311	0,458	0,558	0,628	0,663	0,694	0,728	0,765
RM at 1 deg = GMT Disp sin(1) tonne.m	0,000	0,160	0,220	0,266	0,302	0,330	0,358	0,385	0,420	0,463	0,515
Max deck inclination deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

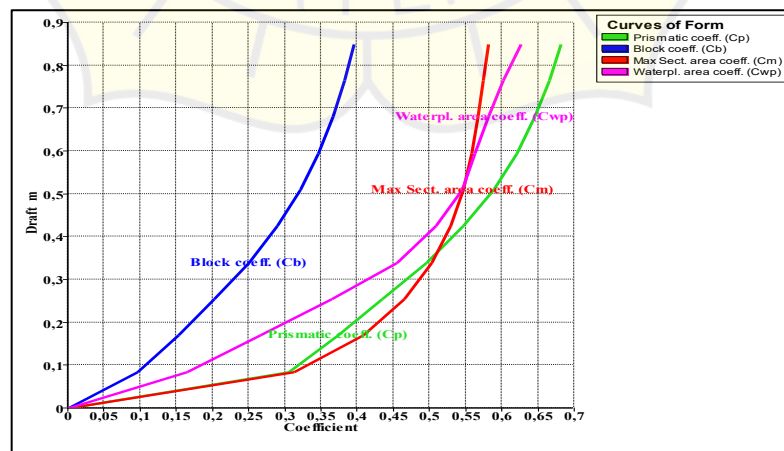
Gambar 5. 3 koefisien desain 9



Berdasarkan grafik hidrostatik:

- Displacement maksimum sekitar 38 Ton
- Draft operasi  $\pm 0,8 - 0,9$  m
- Kapal memiliki stabilitas awal yang baik
- Sensitif terhadap perubahan muatan (karena TPC relatif kecil)
- Cocok untuk operasi kecepatan tinggi di perairan dangkal

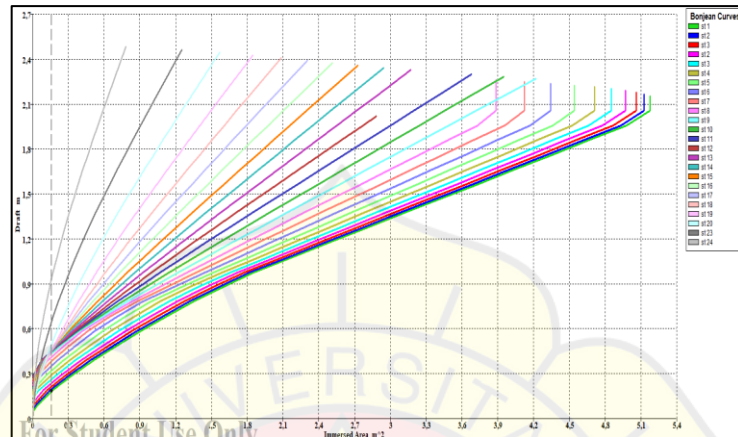
Kapal memiliki stabilitas awal yang baik karena nilai KM relatif tinggi sehingga menghasilkan GM positif, yang berarti kapal mampu kembali ke posisi tegak setelah mengalami kemiringan. Pada displacement maksimum sekitar 38 ton dan draft operasi 0,8–0,9 m, karakteristik hidrostatik menunjukkan kapal stabil untuk kondisi operasi.



Berdasarkan kurva koefisien bentuk, kapal memiliki:

- Lambung ramping

- Displacement ringan
- Cocok untuk operasi kecepatan tinggi
- Stabilitas awal cukup tanpa membuat rolling terlalu keras
- Karakteristik tipikal *fast patrol boat*



Gambar 5. 4 HCBC DESAIN 9

sumber : maxsurf

Berdasarkan Desain dari Bonjean kapal memiliki:

- Penampang tengah dominan
- Haluan & buritan ramping
- Distribusi volume merata
- Cocok untuk kecepatan tinggi
- Stabilitas memadai tanpa meningkatkan hambatan

### 5.5.3 Analisa Hambatan Kapal Patroli

Analisis hambatan dilakukan dengan menggunakan *software* Maxsurf, berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh Savitsky dan Holtrop. Hasil analisis hambatan sebagai berikut.

Table 35 *kN & kW DESAIN 9*

Speed (kN)	Froude No. LWL	Froude No. Vol	Savitsky Resist, (kN)	Savitsky Power, (kW)	Holtrop Resist, (kN)	Holtrop Power, (kW)	Slender, Resist, (kN)	Slender Power, (kW)
20	0,66	1,902	19,1	196,43	20,5	210,794	25,2	259,607
21,375	0,706	2,033	20,6	227	21,8	240,248	27,8	305,849
22,75	0,751	2,164	22,2	260,139	23,1	269,887	30,4	355,673
24,125	0,796	2,294	23,8	295,779	24,5	304,503	33	409,898
25,5	0,842	2,425	25,4	333,82	27	354,745	35,8	469,002
26,875	0,887	2,556	27,1	374,138	29,7	410,362	38,6	533,387
28,25	0,933	2,687	28,7	416,591	32,5	471,601	41,5	603,311
29,625	0,978	2,817	30,3	461,029	35,3	538,698	44,5	678,802
31	1,023	2,948	31,8	507,308	38,4	611,889	47,7	760,266
32,375	1,069	3,079	33,3	555,305	41,5	691,407	50,9	847,704
33,75	1,114	3,21	34,8	604,932	44,8	777,482	54,2	941,479
35,125	1,16	3,34	36,3	656,146	48,2	870,347	57,6	1041,213
36,5	1,205	3,471	37,8	708,953	51,7	970,232	61,1	1147,75
37,875	1,25	3,602	39,2	763,41	55,3	1077,367	64,7	1260,405
39,25	1,296	3,733	40,6	819,617	59	1191,985	68,3	1379,95
40,625	1,341	3,863	42	877,709	62,9	1314,315	72,1	1506,35

sumber : maxsurf

Dari data diatas untuk kecepatan kapal 40,6 knot didapatkan total hambatan 42 kN dengan power 877,09 kW.

#### 5.5.4 Perhitungan dengan Metode Savitsky

Spesifikasi kapal:

Table 36 Parameter metode Savitsky

Parameter	Nilai
LWL	24,764 m
B	4 m
T	0,85 m
$\nabla$	26,586 m <sup>3</sup>
$\Delta$	27,23 ton
V	40,6 knot = 20,89 m/s
Jumlah Mesin	2
Material	Baja ringan
Bentuk Lambung	<i>Semi-displacement</i> (cenderung ke planing)

- *Froude Number (Fn)*

$$Fn = \frac{20.89}{\sqrt{9.81 \times 24.764}}$$

$$Fn = 1.34$$

- *Wetted Surface Area (S)*

$$S = 1,7 \times L \times T$$

$$S = 1,7 \times 24,764 \times 0,85$$

$$S = 35,8 \text{ m}^2$$

- Koefisien hambatan total (Ct)

$$Ct = 0.0045 - 0.006$$

$$Ct = 0.005$$

- Hambatan Total (RT)

$$RT = \frac{1}{2} \rho S C_T V^2$$

Dengan:

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$S = 35,8 \text{ m}^2$$

$$V = 20,89 \text{ m/s}$$

$$RT = 0,5 \times 1025 \times 35,8 \times 0,005 \times (20,89)^2$$

$$RT = 43,000 \text{ kN}$$

- *Effective Power (EHP)*

$$PE = RT \times V$$

$$PE = 43,000 \times 20,890$$

$$PE = 898 \text{ kw}$$

- Daya Porors (*Shaft Power*)

Dengan efisiensi propulsi  $\eta = 0,60$

$$P_{shaft} = \frac{PE}{\eta}$$

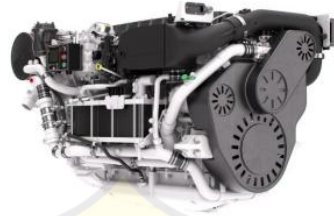
$$P_{shaft} = \frac{898}{0,60}$$

$$P_{shaft} = 1497 \text{ kw}$$

Dengan kesimpula dari hasil perhitungan, ditetapkan untuk harga kw berkisar 750 kw per mesin.

### 5.5.5 Pemilihan Mesin

Berdasarkan kebutuhan daya yang di dapat 750 kw per mesin, pemilihan mesin yang di hasilkan adalah 2x mesin Caterpillar Cat C12.9.



Gambar 5. 5 Mesin rancangan

sumber: caterpillar catalog

Komponen	Detail
Type	C12.9
Input Power	735 KW
Comparable petrol outboards	985 HP
Speed	2300 rpm
Configuration	In-Line 6
Bore	135 mm
Stroke	150 mm
Length of engine	1463 mm
Width of engine of engine	1110 mm
Height of engine	1085 mm
Weight	3.3 Ton

### 5.5.6 Estimasi Daya Waterjet

Untuk menentukan spesifikasi waterjet, digunakan beberapa perhitungan dasar berikut:

- *Effective Power (EP)*

$$P_e = P_{\text{engine}} \times \eta$$

$$P_e = 1470 \times 0,68$$

$$P_e = 999,6$$
$$= \underline{1000} \text{ kw}$$

- *Thrust*

$$T = \frac{P_e}{v}$$

$$T = \frac{1000,000}{20,89}$$

$$T = \underline{47,90} \text{ kN}$$

$$\text{Per jer: } 47,9/2 = \underline{23,9} \text{ kN}$$

- *Jet Velocity (vj)*

$$V_j = 1,3 - 1,4V$$

$$V_j = 1,35V$$

$$V_j = 1,35 \times 20,89$$

$$V_j = \underline{28,2} \text{ m/s}$$

- *Luas Nozzle (A)*

*Thrust waterjet:*

$$T = \rho A V_j (V_j - V)$$

$$23,9 = 1025 \times A \times 28,2 \times (28,2 - 20,89)$$

$$23,9 = 1025 \times A \times 28,2 \times 7,31$$

$$23,9 = 211,000A$$

$$A = 0,113 \text{ m}^2$$

- *Diameter nozzle*

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,113}{3,1416}}$$

$$D = 0,38 \text{ m}$$

Diameter nozzle 380 mm

- *Bollard Thrust*

$$T = \rho A V_j^2$$

$$T = 1025 \times 0,113 \times 28,2^2$$

$$T = 1025 \times 0,113 \times 795$$

$$\begin{aligned}
 T &= 920 \text{ Nperjet} \\
 &= 920 \times 2 \\
 &= 184 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 5.5.7 Pemilihan *Waterjet*

Efisiensi *waterjet* ( $\eta_j$ )

$$\eta_j = \frac{2V}{V_j + V}$$

Dimana:

$V$  = kecepatan kapal = 20,89m/s

$V_j$  = Kecepatan jet keluar nozzle = 28,2 m/s

$$\eta_j = \frac{2 \times 20,89}{28,2 + 20,89}$$

$$\eta_j = \frac{41,78}{49,09}$$

$$\eta_j = 0,851$$

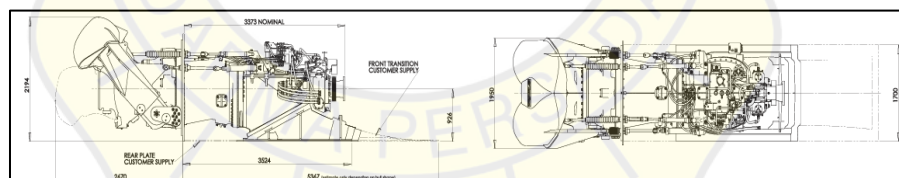
$$\eta_j = \frac{2V}{V_j}$$

$$\eta_j = \frac{2 \times 20,89}{0,851}$$

$$= 49,095 \text{ kw}$$

$$\text{Per unit: } \frac{49,095}{2} = 24,547 \text{ kw}$$

Maka *waterjet* yang ditentukan sebagai berikut:



Gambar 5. 6 *waterjet* rancangan

sumber: HamiltonJet katalog

Komponen	Detail
<i>Type</i>	HamiltonJet HM565
<i>Input Power</i>	500 KW
<i>Comparable petrol outboards</i>	900 HP
<i>Nozzle Diameter</i>	400 mm
<i>Thrust est</i>	20-25 kN

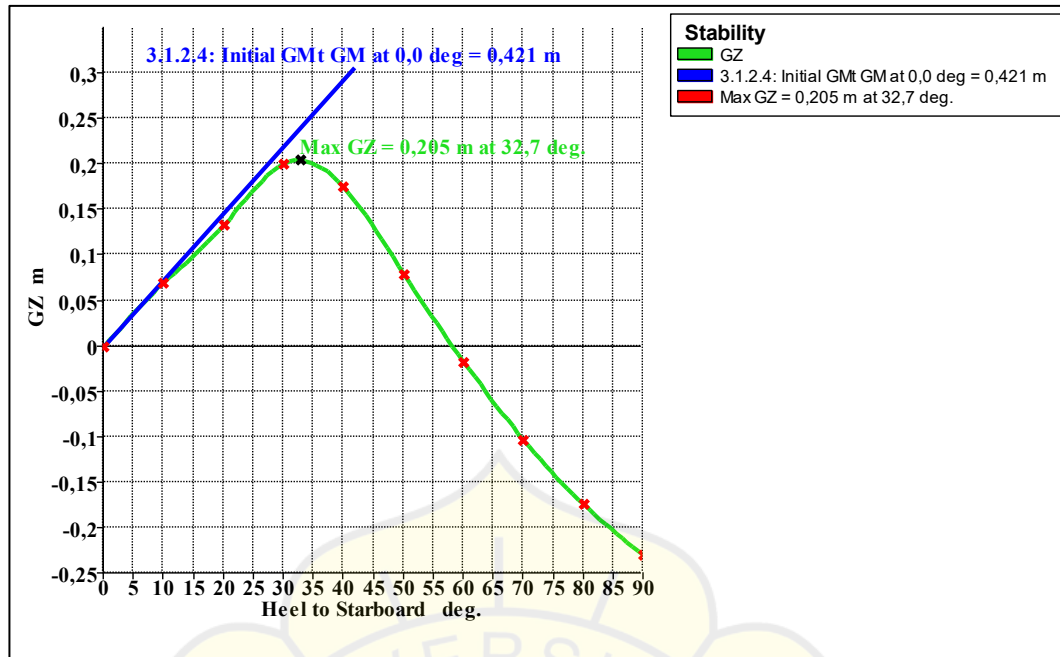
## 5.5.8 Analisa Stabilitas

Evaluasi stabilitas kapal dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Maxsurf *Stability* dan mengacu pada standar IMO A.749 (18). Hasil evaluasi disajikan sebagai berikut:

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	13,900	13,900			12,500	0,000	1,500	0,000	User Specified
Crew	6	0,007	0,042			8,670	0,000	3,000	0,000	User Specified
Engine	2	2,400	4,800			3,240	0,000	1,000	0,000	User Specified
FOT	50%	11,494	5,747	12,172	6,086	8,196	0,000	0,558	8,322	Maximum
BALLAST	50%	5,046	2,523	4,923	2,462	21,354	0,000	0,591	0,446	Maximum
Total Loadcase			27,012	17,095	8,547	10,760	0,000	1,128	8,768	
FS correction									0,325	
VCG fluid								1,453		

Heel to Starboard deg	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
WL Length m	24,775	24,775	24,776	24,777	24,785	24,793	24,799	24,798	24,789	24,892
Beam max extents on WL m	3,119	3,074	3,093	3,169	2,747	2,210	2,209	2,353	2,398	2,292
Wetted Area m <sup>2</sup>	89,223	88,706	87,512	84,536	76,144	77,716	79,649	81,051	80,986	77,081
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	48,417	47,874	47,948	47,454	40,754	41,559	43,888	46,417	49,057	49,093
Prismatic coeff. (Cp)	0,771	0,769	0,766	0,761	0,758	0,721	0,699	0,689	0,690	0,691
Block coeff. (Cb)	0,298	0,307	0,318	0,286	0,335	0,453	0,509	0,490	0,488	0,521
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	10,778	10,779	10,780	10,782	10,790	10,798	10,803	10,804	10,804	10,801
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10,424	10,455	10,547	10,912	11,791	11,594	11,692	12,149	12,586	12,524
Max deck inclination deg	1,1714	10,0708	20,0368	30,0259	40,0305	50,0337	60,0297	70,0206	80,0098	90,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,1714	-1,2165	-1,3195	-1,5118	-2,2338	-3,3355	-4,8455	-7,4035	-14,2152	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,0550	m.deg	3,0708	Pass	+5483,31
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.deg	1,9648	Pass	+6449,30
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,205	Pass	+2,50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	32,7	Pass	+30,91
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GM <sub>i</sub>	0,150	m	0,421	Pass	+180,67



Berdasarkan kurva stabilitas ketinggian gelombang 2,5 m:

- Kapal memiliki stabilitas awal sangat baik (GM 0,421 m)
- Momen pengembali maksimum 0,205 m pada 32,7°
- Rentang stabilitas hingga  $\pm 55^\circ$
- Memenuhi kriteria dasar stabilitas utuh IMO
- Sesuai untuk kapal patroli cepat  $\pm 35$  m