



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Studi Perancangan dan Analisa Olah Gerak Kapal *Trailing Suction Hopper Dredger* Untuk Reklamasi Teluk Jakarta

Priscilla Wilhelmina Yohana<sup>1\*)</sup>, Andi Trimulyono<sup>1)</sup>, Hartono Yudo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Hidrodinamika Kapal

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

<sup>\*)</sup>e-mail : [yohanawilhelminapiscilla@gmail.com](mailto:yohanawilhelminapiscilla@gmail.com)

### Abstrak

Teluk Jakarta membutuhkan reklamasi dalam penyelesaian perubahan yang sedang terjadi di Jakarta. Reklamasi merupakan upaya perluasan lahan dengan memanfaatkan lahan yang sebelumnya tidak berguna. Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan kapal keruk. Kapal keruk yang akan dirancang adalah *Trailing Suction Hopper Dredger*. Hal ini dikarenakan oleh pompa dan mesin yang besar dan kuat yang mampu menyedot pasir, tanah liat, lumpur dan kerikil. Kapal ini juga dirancang agar dapat menghemat waktu dan uang sehingga kapal ini dirancang dengan menggunakan metode kapal pemandang. Kapal yang dirancang memiliki LOA 130,92 m, LPP 126 m, LWL 130,441 m, B 18 m, T 6 m, Cb 0,76 dan kecepatan 12,5 knot. Kapal ini dianalisis stabilitas dengan berdasarkan 5 kondisi muatan serta untuk analisis olah gerak dilakukan dengan mengevaluasi terhadap nilai RMS vertical acceleration at FP, pitching dan rolling pada tinggi gelombang 0,5 m, 1,5 m dan 2,5 m dengan sudut heading 0, 45, 90, 135 dan 90. Pada model kapal yang dirancang, analisis perhitungan stabilitas dan olah gerak kapal telah mencapai standar yang telah ditentukan.

Kata Kunci : *Trailing Suction Hopper Dredger*, Reklamasi Teluk Jakarta

### 1. PENDAHULUAN

Teluk Jakarta berada pada perairan laut Jawa dimana Teluk ini terletak di bagian utara provinsi DKI Jakarta, Indonesia [1]. Daerah tersebut merupakan teluk dangkal dengan profil kedalaman 5 meter, 1 kilometer dari pantai, kemudian profil kedalaman 10 meter, 3 kilometer dari pantai [2].

Akibat perkembangan wilayah pesisir, Teluk Jakarta mengalami perubahan besar dalam beberapa periode terakhir, selain itu terdapat beberapa usulan proyek pembangunan yang akan berdampak serius. Maka dari itu dibutuhkan kapal keruk yang optimal dan memiliki karakteristik yang mirip dengan karakteristik perairan Teluk Jakarta.

Pada Jurnal ini penulis mencoba meneliti *Trailing Suction Hopper Dredger* pada Teluk Jakarta. Kapal keruk ini digunakan pada berbagai proyek konstruksi dan pemeliharaan maritim. Mulai dari pengerukan pemeliharaan pelabuhan dan saluran akses untuk menghilangkan pasir untuk membawanya ke kedalaman yang diperlukan

hingga proyek pengerukan modal seperti proyek reklamasi lahan raksasa yang membutuhkan jutaan meter kubik pasir [3]. Hal ini dikarenakan oleh pompa dan mesin yang besar dan kuat yang mampu menyedot pasir, tanah liat, lumpur dan kerikil [4]. Selain itu alasan penulis memilih *Trailing Suction Hopper Dredger* dikarenakan:

- Kapal tidak mengeruk pada lokasi tetap. Hal ini cocok untuk mengeruk Teluk Jakarta yang memiliki perairan yang sangat luas dan beragam
- *Trailing Suction Hopper Dredger* tidak memiliki jangkar tetapi bisa bergerak bebas
- *Trailing Suction Hopper Dredger* mampu bergerak di bawah bangunan lepas pantai dimana hal ini menunjukkan bahwa kapal jenis ini mampu bekerja di tempat yang ekstrim sekalipun.

Pada penelitian ini penulis juga akan menganalisis *seakeeping* pada kapal *Trailing*

*Suction Hopper Dredger* di perairan Teluk Jakarta. Saat menganalisis olah gerak kapal maka gerak yang dipertimbangkan adalah gerak yang dapat direspon oleh kapal yaitu *rolling, heaving, pitching*. Efektivitas pengoperasian kapal di laut pada dasarnya dipengaruhi oleh kemampuan kapal untuk tetap selamat (*Seaworthiness*) dan karakteristik yang menekankan pada respon kapal terhadap kondisi operasional di laut (*Seakindliness*), kedua aspek tersebut merupakan kriteria utama yang harus dipenuhi oleh kapal, yang berkaitan dengan karakteristik gerakan kapal [5].

Selain pengujian *Seakeeping* pada kapal ini, penulis juga mendesain *General Arrangement* pada kapal yang akan dirancang. Oleh karena itu dengan melakukan penelitian ini, diharapkan mampu menghasilkan desain kapal keruk / *Trailing Suction Hopper Dredger* yang sesuai dengan Teluk Jakarta.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Pada penelitian ini, penulis mengambil data yang meliputi data primer, sekunder serta literature sebagai dasar dalam penelitian.

Pada Tabel 1 ditunjukkan 5 kapal pembanding dengan ukuran yang berbeda sebagai acuan untuk penentuan dimensi kapal yang optimal, dimana ukuran kapal pembanding tersebut berasal dari badan klasifikasi *Beurau Veritas* dengan tipe lambung *monohull* serta ukuran utama yang sesuai dengan karakteristik Teluk Jakarta.

**Tabel 1. Dimensi Kapal Pembanding**

No	Nama Kapal	LPP	B	H	T	Vs
1	Diogo Cao	77,7	22	7,3	5,7	11,3
2	Arco Beck	93,05	16,6	7,3	5,71	12,5
3	Artevelde	84,95	21,6	7,6	5,7	13
4	Arzana	100,9	25	7,5	5,7	14
5	Marieke	84,95	21,6	7,6	5,7	13

### 2.2. Variabel Penelitian

Fokus yang dilakukan pada penelitian adalah hasil dari Analisis yang ditentukan dari penentuan ukuran utama kapal kemudian hasil penentuan tersebut akan digunakan sebagai data untuk analisis terhadap nilai hambatan, stabilitas dan olah geraknya.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Kecepatan kapal sebesar 12 knot sesuai dengan pertimbangan parameter optimasi
- Tinggi gelombang yang digunakan diantaranya 0,5 m, 1,5 m dan 2,5 m
- Spektrum gelombang yang digunakan adalah spektrum JONSWAP
- Jumlah pipa penghisap pada kapal *Trailing Suction Hopper Dredger* yang akan dirancang berjumlah 2 buah
- Volume ruang muat yang tersedia sebesar 5000 ton

### 2.3. *Trailing Suction Hopper Dredger*

Kapal yang akan dirancang pada penelitian kali ini merupakan *Trailing Suction Hopper Dredger* (TSHD), dimana kapal ini diklasifikasikan sebagai kapal keruk hidrolik [6]. Kapal keruk hidrolik mencakup semua peralatan pengerukan yang menggunakan pompa sentrifugal untuk setidaknya sebagian dari proses pengangkutan material kerukan, baik dengan mengangkat material keluar dari air atau mengangkut material secara horizontal ke lokasi lain[7].

*Trailing Suction Hopper Dredger* juga merupakan kapal keruk hisap yang memiliki satu atau dua pipa hisap dan merupakan *self-propeller* juga. Digunakan untuk pengerukan material lepas seperti pasir, tanah liat atau kerikil. Fitur utama *Trailing Suction Hopper Dredger* adalah *draghead, pipa hisap, swell compensator* dan *gantry*.

*Trailing Suction Hopper Dredger* digunakan pada berbagai proyek konstruksi dan pemeliharaan maritim. Mulai dari pengerukan pemeliharaan pelabuhan dan saluran akses untuk menghilangkan pasir untuk membawanya ke kedalaman yang diperlukan hingga proyek pengerukan modal seperti proyek reklamasi lahan raksasa yang membutuhkan jutaan meter kubik pasir [3].

### 2.4. Analisis Hambatan

Dalam penentuan daya mesin utama kapal dibutuhkan variabel utama yaitu hambatan kapal yang dihasilkan oleh bentuk lambung kapal. Selain itu hambatan kapal merupakan faktor yang penting dalam proses mendesain suatu kapal. Dalam analisis hambatan kapal penelitian ini, penulis menggunakan metode holtrop dikarenakan holtrop merupakan metode yang paling sesuai untuk kapal *displacement hull* atau kapal yang memiliki displasemen tetap pada saat kapal diam maupun bergerak.

Hambatan kapal pada kecepatan tertentu mengacu pada jumlah gaya yang dibutuhkan untuk menarik kapal ke fluida tanpa gangguan selama proses penarikan. Pada saat yang sama, daya yang dibutuhkan untuk menariknya disebut daya efektif. Pada saat menarik kapal, akan dirasakan terdapat gaya yang melawan tarikan, gaya tersebut yang dinamakan dengan hambatan.

## 2.5. Rencana Umum

Selain itu, pada hal ini juga direncanakan rencana penataan berbagai peralatan dan beberapa sistem dan peralatan sesuai fungsi kapal. Dalam pembuatan rencana umum, penentuan lokasi ruang utama dan sekat pada bangunan atas dan pada kambung kapal sangatlah penting. Ruangan yang dimaksud meliputi:

1. Ruang akomodasi dalam hal ini ruang navigasi
2. Ruang kamar mesin
3. Tangki-tangki
4. Beberapa ruangan lainnya (equipment room)

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain seperti:

1. Sekat kedap masing-masing ruangan
2. Stabilitas yang cukup
3. Struktur konstruksi
4. Penyediaan jalan yang cukup

## 2.6. Perhitungan Beban

Perhitungan beban rancang ditentukan secara memanjang kapal dan terbagi menjadi daerah buritan kapal, daerah tengah kapal, dan daerah haluan kapal. Disamping itu perhitungan beban rancangan akan ditentukan oleh beberapa faktor-faktor lainnya seperti jenis kapal, korosi, daerah pelayaran [8].

## 2.7. Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula (normal) (gelombang, angin, dll.) Dari posisi miring setelah mengalami gaya eksternal pada kapal akibat perubahan distribusi kargo dan kondisi eksternal.

Analisis stabilitas pada penelitian ini menggunakan standar ketentuan yang terdapat pada *International Maritime Organization (IMO) Intact Stability Code (IS Code) 2008* dimana kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Kriteria Stabilitas IMO**

Criteria	Value	Unit
<i>All Ship</i>		
<i>Area 0 to 30; (&gt;)</i>	3,151	m.deg
<i>Area 0 to 40; (&gt;)</i>	5,157	m.deg
<i>Area 30 to 40; (&gt;)</i>	1,719	m.deg
<i>Max GZ at 30 or greater;(&gt;)</i>	0,2	M
<i>Angle of maximum GZ;(&gt;)</i>	25	deg
<i>Initial GMt; (&gt;=)</i>	0,15	m

## 2.8. Olah Gerak Kapal

Ketika kapal berada pada bagian atas permukaan laut, kapal memperoleh gaya eksternal dimana hal ini mengakibatkan kapal bergerak (*ship moving*). Gerakan tersebut terjadi karena faktor dari luar terutama oleh gelombang. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu:

1. Gerakan Rotasi, Gerakan ini merupakan gerak putaran meliputi :
  - *Rolling*
  - *Pitching*
  - *Yawing*
2. Gerakan Linear, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi :
  - *Surging*
  - *Swaying*
  - *Heaving*

Dalam kajian olah gerak kapal, Gerakan yang ditinjau adalah Gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling, heaving, pitching*.

### a. *Respon Amplitude Operator*

Respon Gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan sebagai RAO (*Response Amplitudo Operator*), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu [9]. Metode yang digunakan untuk menghitung nilai RAO pada penelitian ini adalah *Ship Theory*.

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan kapal (Z) dengan amplitudo gelombang (keduanya dalam satuan panjang) :

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

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular digambarkan

dalam grafik RAO. Dalam kasus olah gerak kapal, respon gerakan kapal akibat gelombang mungkin diprkecil. Respon gerakan kapal dikatakan minimum ketika puncak dani RAO minimum.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Penentuan Dimensi Kapal

Metode yang digunakan dalam penentuan dimensi kapal merupakan kapal pembanding, hasil dimensi kapal penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3. Kapal pembanding yang digunakan oleh penulis diambil dari data kapal yang telah di klas kan oleh *Beurau Veritas*. Dengan pemilihan metode ini diharapkan dapat mempersingkat waktu pengerjaan dan mendapat ukuran utama yang optimal. Setelah didapatkan beberapa kapal pembanding, maka dilakukan parameter optimasi. Pengoptimasian perbandingan ukuran utama kapal pembanding berfungsi sebagai acuan dalam menentukan dimensi kapal yang akan dirancang.

Ketika penentuan kapasitas produksi serta sarat telah ditentukan sesuai dengan karakteristik Teluk Jakarta, maka diperlukan dimensi lainnya yang berkorelasi untuk mengoptimalkan rancangan kapal *Trailing Suction Hopper Dredger*.

*Trailing Suction Hopper Dredger* dibangun sesuai dengan rasio kapal tertentu, seperti rasio  $L / B$ ,  $B / H$  dan  $B / T$  ( $L =$

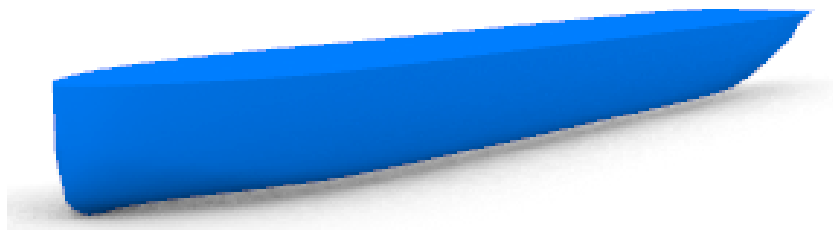
panjang,  $B =$  lebar,  $H =$  kedalaman dan  $T =$  draft). Rasio tersebut bergantung pada kebutuhan pasar juga dan oleh karena itu berubah seiring berjalannya waktu.

**Tabel 3. Ukuran Utama Kapal**

No	Item	Dimensi
1	<i>Length Between Perpendicular</i>	126 m
2	<i>Breadth</i>	18 m
3	<i>Depth</i>	8,986 m
4	<i>Draft</i>	6 m
5	<i>Speed</i>	12,5 knot
6	<i>Coefficient Block</i>	0,76

#### 3.2. Permodelan Kapal

Permodelan kapal *Trailing Suction Hopper Dredger* ini menggunakan beberapa perangkat lunak permodelan dengan hasil yang ditunjukkan pada gambar 1. Pada pemodelan kapal ini, penulis menggunakan acuan model awal yang telah disediakan oleh perangkat lunak dengan bentuk lambung *monohull* dan bentuk buritan *transom* dimana model tersebut akan mengikuti ukuran utama yang diinginkan, kapal dengan lambung tipe *monohull* biasanya dipakai oleh kapal yang berlayar pada perairan tenang dan memiliki kecepatan yang rendah [10]. Berikut merupakan model awal dari perangkat pemodelan

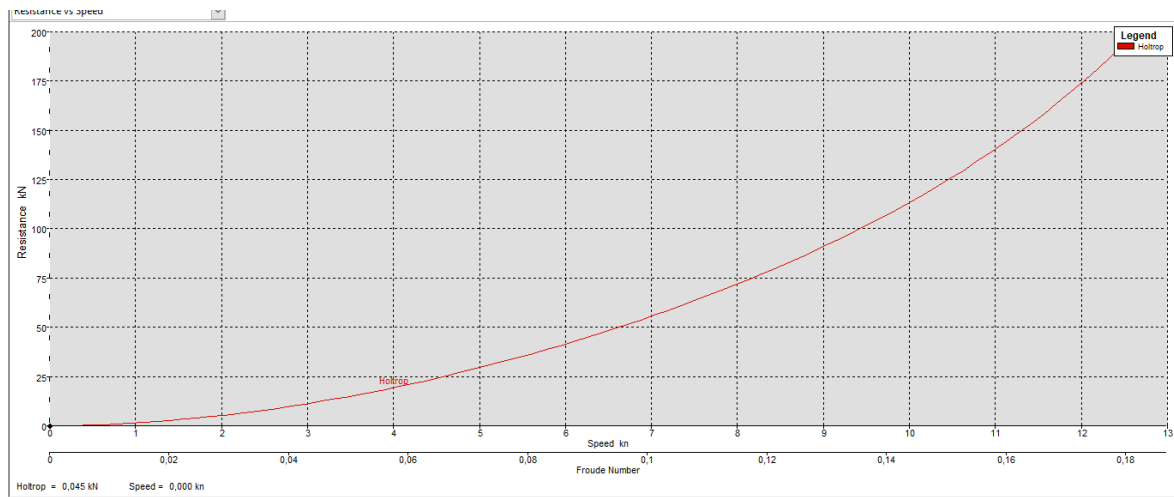


Gambar 1. Modifikasi Model Lambung Kapal

#### 3.3. Analisis Hambatan

Analisis menggunakan software khusus untuk menganalisa hambatan pada suatu kapal. Pada Analisa ini, penulis menggunakan

metode holtrop dengan kecepatan dinas sebesar 12,5 knot dengan hasil seperti gambar 2.

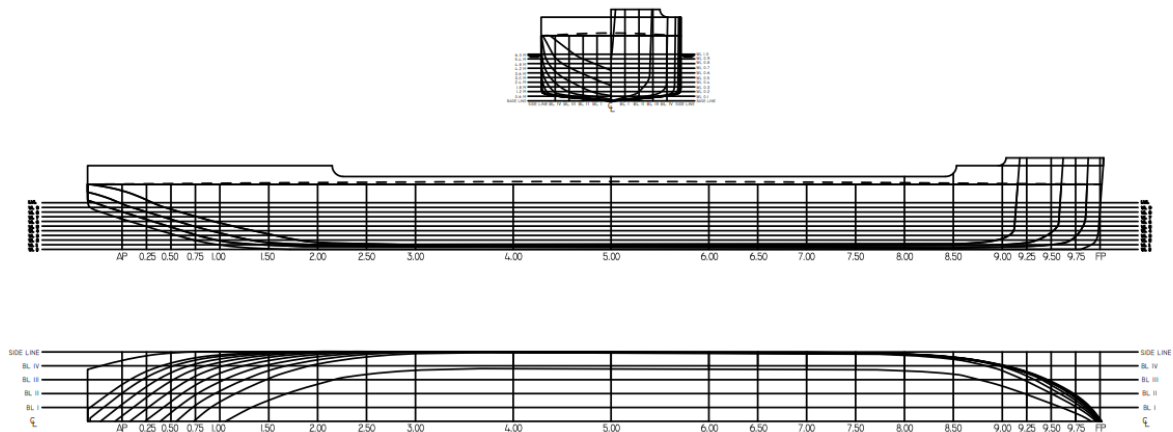


Gambar 2. Grafik Analisa Hambatan

### 3.4. Rencana Garis

Rencana garis dibuat menggunakan bantuan software modeler dengan fitur yang ada didalamnya yakni fitur Countur. Fitur tersebut digunakan acuan hasil penentuan

ukuran utama kapal dan dibagi menjadi 10 station, 5 buttock line, dan 11 water line sampai dengan main deck dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Lines Plan

### 3.5. Perhitungan Pompa Hisap

Dilakukan estimasi pada pemakaian fungsi kapal selama 3 minggu, dengan jumlah hari sebanyak 6 hari per minggu dan per hari selama 8 jam. Kemudian untuk perencanaan kapasitas produksi ditetapkan yaitu sebesar 3000 m<sup>3</sup>/jam. Pada tabel 4 terdapat karakteristik sedimen pada Teluk Jakarta.

Tabel 4. Massa Jenis Material Teluk Jakarta

No	Materia l	Berat Jenis (ton/m <sup>3</sup> )	Presentas e	Jumla h (ton/m <sup>3</sup> )
1	Lumpu r	2,0	20%	0,4
2	Kerikil	1,8	5%	0,09
3	Pasir	1,4	15%	0,21
4	Air Laut	1,025	60%	0,615
Jumlah				1,315

Saat menghitung daya sebuah pompa, yang perlu diketahui adalah nilai head dari pompa tersebut, yang diartikan sebagai energi mekanik yang terkandung dalam satuan berat zat cair yang mengalir [11]. Dalam

perhitungan head diperlukan perhitungan nilai k pada bagian *suction* dan *discharge* dengan data pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5 Perhitungan Nilai K Pada Head Loss Suction**

Komponen	£	n	K = £ x n
<i>Elbow 90°</i>	0,3	1	0,3
<i>Fitting</i>	0,08	3	0,24
<i>Filter / Calm Out</i>	0,6	1	0,6
<i>Necking Duck</i>	0,9	1	0,9
Jumlah			2,04

**Tabel 6 Perhitungan Nilai K Pada Head Loss Suction**

Komponen	£	n	K = £ x n
<i>Butterfly Valve</i>	0,15	1	0,15
<i>Fitting</i>	0,08	41	3,28
Jumlah			3,43

**Tabel 7 Perhitungan Nilai K Pada Head Loss Discharged Floating Pipe**

Komponen	£	n	K = £ x n
<i>Butterfly Valve</i>	0,3	2	0,6
<i>Fitting</i>	0,08	9	0,72
Jumlah			1,32

Maka,

$$HL_{\text{minor suction}} = k x \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

$$= 1,275$$

$$HL_{\text{minor discharged}} = k x \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

$$= 2,8$$

$$HL_{\text{minor shore pipe}} = k x \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

$$= 1,07755$$

Selain itu *head losses* diperlukan untuk mengatasi kerugian karena panjang pipa (*head loss major*) [11]. Dimana hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$HL_{\text{major suction}} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

$$HL_{\text{major discharged}} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

$$HL_{\text{major shore pipe}} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Dimana ,

$$Re (Suction) = V x \frac{D}{v} \quad (7)$$

$$= 1,31 x 10^6$$

(Aliran Turbulen)

$$\text{Kekasaran Relatif} = \frac{e}{D} \quad (8)$$

$$= 0,004$$

$$Re (Discharged) = V x \frac{D}{v} \quad (9)$$

$$= 1,5 x 10^6$$

(Aliran Turbulen)

$$\text{Kekasaran Relatif} = \frac{e}{D} \quad (10)$$

$$= 0,0005$$

$$Re (Shore Pipe) = V x \frac{D}{v} \quad (11)$$

$$= 1,5 x 10^6$$

(Aliran Turbulen)

$$\text{Kekasaran Relatif} = \frac{e}{D} \quad (12)$$

$$= \frac{0,00015}{0,3} = 0,004$$

Dimana,

f = Faktor gesekan (Karena termasuk aliran turbulen maka nilai f didapat dari Diagram Moody)

= 0,024 (*Suction Pipe*)

= 0,016 (*Discharged Pipe*)

= 0,028 (*Shore Pipe*)

L = Panjang pipa

= 32 m (*Suction pipe*)

= 66,6811 m (*discharged pipe*)

= 100 (*off shore pipe*)

D = Diameter dalam pipa

= 0,3

v = Kecepatan rata-rata cairan dalam pipa

= 4 m/s (*discharged*)

= 3,5 m/s (*suction*)

Maka,

$$H_{\text{major suction}} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad (13)$$

$$= 1,6$$

$$H_{\text{mayor discharged}} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad (14)$$

$$= 2,9031$$

$$H_{\text{mayor shore pipe}} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad (15)$$

$$= 7,619$$

$$HL_{\text{mayor total}} = 12,1221$$

$$HL_{\text{minor total}} = 5.15255$$

$$HL \text{ total} = 49,46565$$

Dari hasil perhitungan head diatas maka didapatkan data yaitu :

$$\text{Kapasitas pompa} = 3000 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Head} = 49,46565 \text{ m}$$

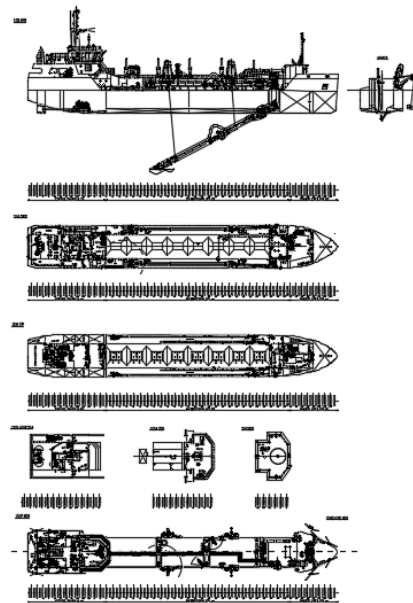
### 3.6. Rencana Umum

Rencana umum (*general arrangement*) dibentuk sesuai dengan hasil dari Gambar 3. Desain rencana umum selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan analisis terhadap stabilitas kapal *Trailing Suction Hopper Dredger*. Rencana umum pada penelitian ini mengacu pada Biro Klasifikasi Indonesia. Dimana lama operasi kapal *Trailing Suction Hopper Dredger* yaitu 48 jam dengan kapasitas ruang muat 5000 ton serta kapasitas produksi 3000 m<sup>3</sup>/jam.

Karakteristik rencana umum kapal *Trailing Suction Hopper Dredger* antara lain :

- Satu atau lebih pipa hisap dengan mulut hisap, disebut *draghead* yang ditarik di atas dasar laut pada saat pengerukan.
- Satu atau lebih pompa keruk untuk menyedot tanah yang gembur oleh *draghead*
- Penahan (*Hopper*) tempat material yang tersedot dibuang
- Sistem *overflow* untuk membuang air yang berlebihan
- Pintu atau katup yang dapat ditutup diruang palka untuk menurunkan muatan
- Gantry pipa hisap untuk mengangkat pipa hisap ke papan.
- Sebuah instalansi, yang disebut kompensator *swell* untuk mengkompensasi pergerakan vertikal kapla dalam hubungannya dengan dasar laut.

Gambar 4 merupakan hasil dari rencana umum kapal *Trailing Suction Hopper Dredger* yang telah dibentuk oleh penulis.



Gambar 4. Rencana Umum Kapal *Trailing Suction Hopper Dredger*

### 3.7. Perhitungan Beban

Perhitungan beban digunakan sebagai acuan dalam mengetahui besar beban yang ada pada lambung kapal [12]. Selain sebagai informasi besar beban, perhitungan beban pada bagian lambung kapal berfungsi sebagai penentuan tebal pelat minimum pada kapal. Perhitungan beban pada penelitian ini menggunakan formula yang berasal dari BKI vol II Section 4 – *Design Loads* [13].

Formula utama yang digunakan dalam perhitungan beban ini adalah perhitungan *Basic External Dynamic Load* (P<sub>0</sub>).

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} [\text{kN/m}^2]$$

#### a. Untuk pelat kulit dan geladak cuaca

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW}$$

$$P_0 = 2,1 \cdot (0,76 + 0,7) 8,45478 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75$$

$$P_0 = 19,44176661 \text{ kN/m}^2$$

#### b. Untuk stiffener, main frame deck beam

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW}$$

$$P_0 = 2,1 \cdot (0,76 + 0,7) 8,45478 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,75$$

$$P_0 = 14,58132496 \text{ kN/m}^2$$

#### c. Untuk girder, web frame, stringers

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW}$$

$$P_0 = 2,1 \cdot (0,76 + 0,7) 8,45478 \cdot 1,0 \cdot 0,60 \cdot 0,75$$

$$P_0 = 11,66505997 \text{ kN/m}^2$$

### 3.8. Analisis Stabilitas

Hasil perhitungan stabilitas kapal Trailing Suction Hopper Dredger ini akan membantu memprediksi performa kapal saat beroperasi dalam hal safety dalam melaksanakan pelayaran. Analisis stabilitas dilakukan

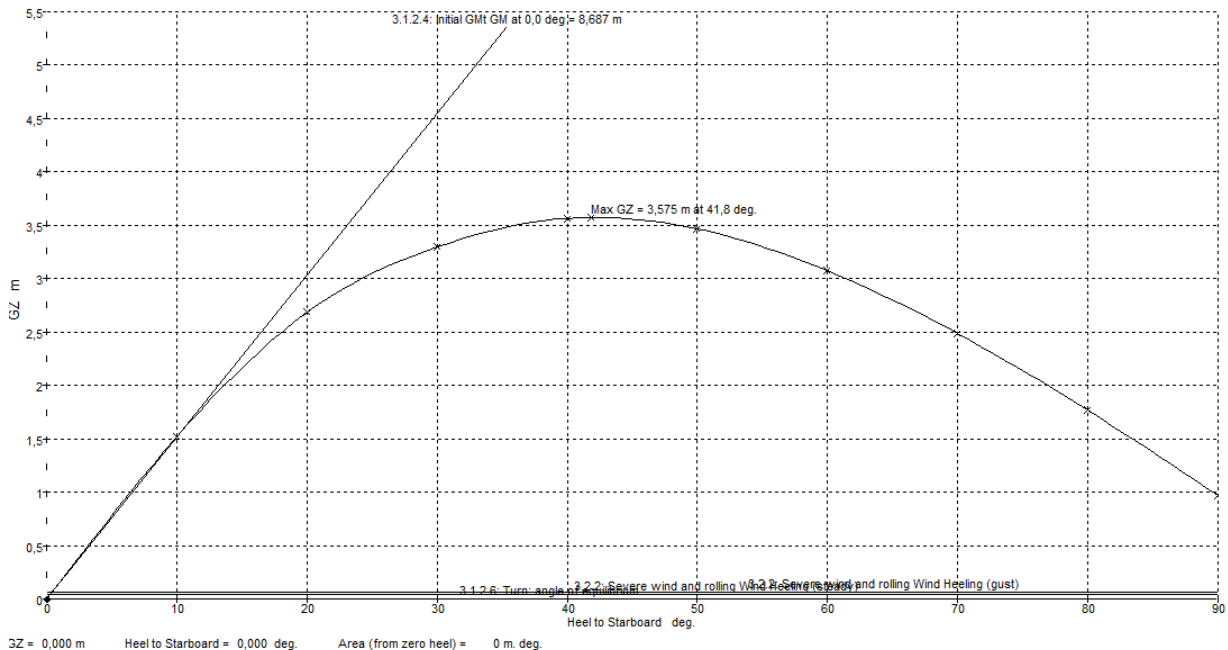
dengan menggunakan perangkat lunak khusus Analisa stabilitas kapal. Dengan mengacu pada loadcase yang telah direncanakan maka Tabel 8 merupakan hasil analisis stabilitas dari 5 kondisi.

Tabel 8 Hasil Analisis Stabilitas

Code	IMO Minimum	Actual				
		Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Loadcase 4	Loadcase 5
Area 0 to 30	3,1513 m.deg	44,27	37,52	18,5	18,02	18,6
Area 0 to 40	5,1566 m.deg	67,55	61,98	28,17	26,01	28,07
Area 30 to 40	1,7189 m.deg	23,28	24,45	9,66	7,98	9,46
Max GZ at 30 or greater	0,2 m	2,34	2,47	1,021	0,83	1,001
Angle of maximum GZ	25 deg	34,5	36,4	29,1	25,5	52,7
Initial GMt	0,150 m	6,71	4,69	2,42	2,93	4,141
Turn : Angle of Equilibrium	10 deg	0	0	0	0	0
Angle of steady heel	16 deg	0,3	0,2	0,2	0,1	0
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall	80%	1,02	0,99	1,32	0,93	46,9
Status		PASS	PASS	PASS	PASS	PASS

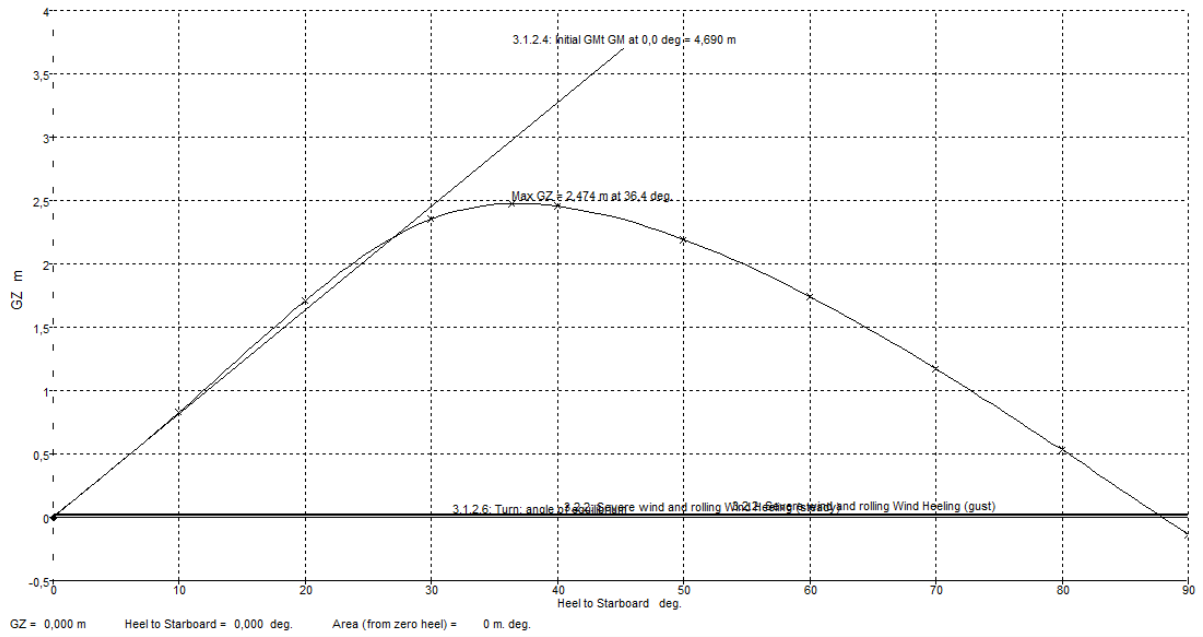
Analisis yang telah dilakukan menunjukkan hasil bahwa kapal Trailing Suction Hopper Dredger telah memenuhi syarat, dimana grafik hasil dari analisis stabilitas dapat dilihat pada gambar 4

untuk Loadcase 1, gambar 5 untuk Loadcase 2, gambar 6 untuk hasil dari Loadcase 3, gambar 7 untuk hasil dari Loadcase 4 dan gambar 8 untuk hasil dari Loadcase 5 pada analisis stabilitas.

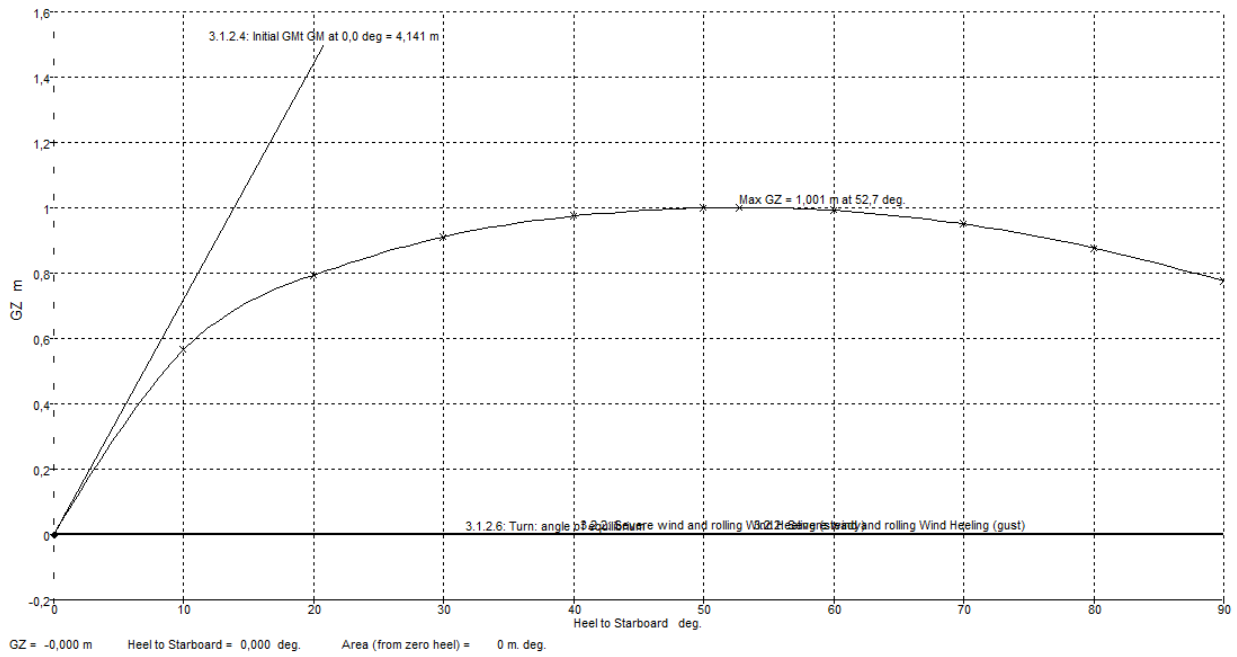


Gambar 5. Grafik Hasil Analisis Stabilitas Loadcase 1

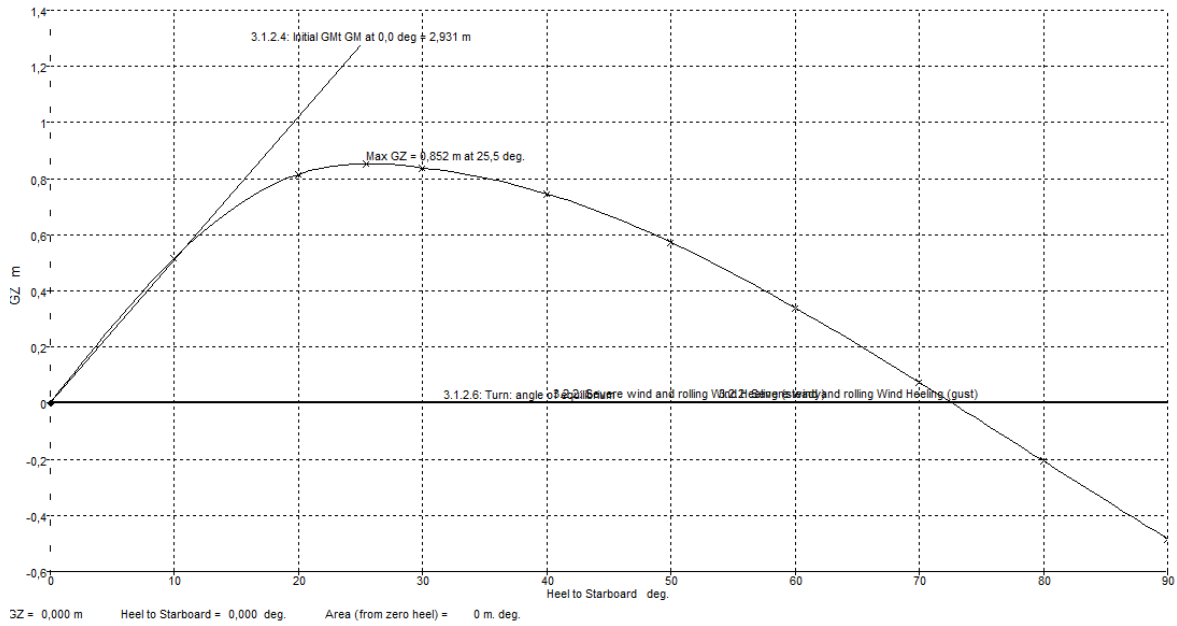




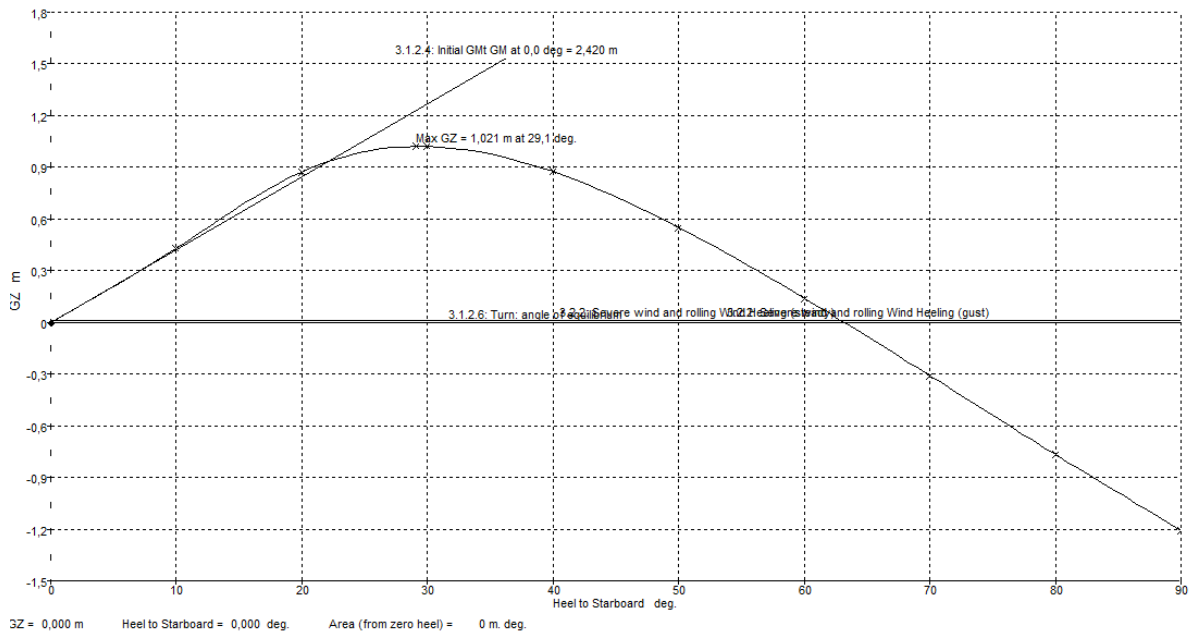
Gambar 6. Grafik Hasil Analisis Pada Loadcase 2



Gambar 7. Grafik Hasil Analisis Pada Loadcase 3



Gambar 8. Grafik Hasil Analisis Pada Loadcase 4



Gambar 9. Grafik Hasil Analisis Pada Loadcase 5

### 3.9. Analisis Olah Gerak

Untuk menganalisis olah gerak kapal Trailing Suction Hopper Dredger, penulis menggunakan software Maxsurf Motion dengan memperhatikan hal-hal pada tahap sebelumnya. Untuk kriteria yang digunakan merupakan standar kriteria prosedur umum untuk menganalisa olah gerak dalam proses desain kapal yakni U.S. Coast Guard Cutter Certification Plan [14]. Spektrum gelombang yang digunakan merupakan spektrum gelombang JONSWAP, dimana Spektrum JONSWAP merupakan spektrum dengan lima parameter, tetapi biasanya tiga parameter dianggap konstan [15]. Selain itu spektrum ini

juga telah direkomendasikan oleh ISSC. Kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Kriteria U.S.Coast Guard Certification Plan

No	Description	U.S COAST GUARD Cutter Certification Plan
1	Roll Amplitude	8.00 SSA <sup>2</sup>
2	Pitch Amplitude	3.00 SSA <sup>2</sup>
3	Vertical Acceleration	0,4 g SSA <sup>2</sup>

SSA = 2 × [RMS] – Significant Single Amplitude

Perhitungan olah gerak kapal Trailing Suction Hopper Dredger menggunakan perangkat lunak atau Maxsurf Motion untuk mengetahui hasil analisis. Tinggi gelombang yang digunakan dalam analisis ini adalah 0,5 m, 1,5 m dan 2,5 m. Dimana kondisi tinggi gelombang ini adalah slight wave, moderate wave & rough wave. Tabel 10 menunjukkan hasil perhitungan olah gerak kapal Trailing Suction Hopper Dredger.

Tabel 10. Hasil Analisis Olah Gerak

Item	Wave Heading	RMS			Unit	Max Value
		0,5	1,5	2,5		
Heaving	0	0,025	0,128	0,213	m	
	45	0,051	0,205	0,341		
	90	0,145	0,411	0,686		
	135	0,085	0,285	0,474		
	180	0,056	0,24	0,4		
Rolling	0	0	0	0	deg	8 deg
	45	0,35	0,8	1,33		
	90	0,15	0,4	0,67		
	135	0,064	0,19	0,31		
	180	0	0	0		
Pitching	0	0,12	0,47	0,78	deg	3 deg
	45	0,16	0,52	0,87		
	90	0,1	0,29	0,49		
	135	0,17	0,5	0,84		
	180	0,14	0,52	0,86		
Vertical Acceleration at FP	0	0,068	0,14	0,234	$m/s^2$	0,4 g (3,9 m/s)
	45	0,056	0,116	0,193		
	90	0,163	0,363	0,606		
	135	0,388	0,845	1,409		
	180	0,48	1,073	1,789		

#### 4. KESIMPULAN

Bedasarkan Hasil penelitian, maka didapatkan kapal *Trailing Suction Hopper Dredger* dengan panjang LOA 130,92 m, LPP 126 m, LWL 130,441 m, lebar 18 m, sarat 6 m, Cb 0,76 dan kecepatan 12,5 knot. Dengan total BHP sebesar 1030,534 HP. Menggunakan pompa tipe *slurry*, kapal ini mampu mengeruk sebesar 3000 m<sup>3</sup>/hr.

Kapal ini juga memiliki *Basic External Dynamic Load (P0)* sebesar 19,441 kN/m<sup>2</sup> pada bagian pelat kulit dan geladak cuaca, 14,581 kN/m<sup>2</sup> pada bagian *stiffener*, *main frame deck beam* dan 11,665 kN/m<sup>2</sup> pada bagian *girder*, *web frame*, *stringers*.

Kapal ini juga telah memenuhi kriteria stabilitas IS Code dan juga telah memenuhi kriteria olah gerak dari U.S. Coast Guard Cutter Certification Plan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Aprilia and D. G. Pratomo, "Pemodelan Hidrodinamika 3-Dimensi Pola Persebaran Sedimentasi Pra dan Pasca Reklamasi Teluk Jakarta," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, pp. 3–7, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.24162.
- [2] N. Sampono, A. Purbayanto, J. Haluan, A. Fauzi, and B. Wiryawan, "Impact of Reclamation on Capture Fisheries in Jakarta Bay," *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 2, no. 2, pp. 105–112, 2012, doi: 10.33512/jpk.v2i2.27.
- [3] A. Fadhli, "Perancangan Sistem Permesinan Pada Trailing Suction Dredger ( TSD ) Sebagai Metode Pengerukan di Pelabuhan," vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2013.
- [4] M. Andrun, D. Ban, J. Bašić, and B. Ljubenkov, "TSHD ship opening simulation by discrete element method," *Applied Ocean Research*, vol. 94, no. April 2019, 2020, doi: 10.1016/j.apor.2019.102001.
- [5] P. Manik, P. Studi, T. Perkapalan, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Analisa Gerakan Seakeeping Kapal Pada Gelombang Reguler," *Kapal*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2012, doi: 10.12777/kpl.4.1.1-10.
- [6] International Association of Dredging Companies, "Facts About Trailing Suction Hopper Dredgers," no. 01, p. 4, 2014, [Online]. Available: <https://www2.iadc-dredging.com/wp-content/uploads/2016/07/facts-about-trailing-suction-hopper-dredgers.pdf>.
- [7] J. Mahendra, "Cutter Suction Dredger dan Jenis Material (Pada Pekerjaan Capital Dredging Pembangunan Pelabuhan Teluk Lamongan)," 2014, pp. 31–43.
- [8] I. Nur, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Beban Rancangan (Design Load) Terkait Dengan Perhitungan Konstruksi Kapal- Kapal Niaga Berbahan Baja Menurut Regulasi Klas," vol. II, pp. 198–204, 2015.
- [9] R. A. Y. Faruq, S. Jokosisworo, and E. S. Hadi, "Analisa Seakeeping Ponton Berbentuk Prisma Segi Enam Pada Gelombang Reguler dengan Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)," *Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 421–430, 2017.
- [10] S. P. Sagala, A. F. Zakki, S. T. Perkapalan, F. Teknik, and U. Diponegoro,

“Perbandingan Performa Hullform Lambung Monohull Dan Monomaran Pada Kapal Ro-Ro 5000Gt,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 2, pp. 453–465, 2016.

- [11] F. Azka, “Perancangan Plain Suction Dredger Untuk Alur Muara Sungai Sambong , Batang , Jawa Design of Plain Suction Dredger for Downstream Path of River Sambong , Batang ,” 2014.
- [12] K. Barang, U. Dwt, B. Baja, and M. R. Kelas, “Perhitungan beban rancangan ( design load ) konstruksi kapal barang umum 12.000 dwt berbahan baja menurut regulasi kelas,” vol. 12, pp. 45–52, 2016.
- [13] Biro Klasifikasi Indonesia, “Rules for Hull,” *Rules for Hull (Pt.1,Vol.II) 2019 ed.*, vol. II, p. Page 20–7, 2019.
- [14] I. Aerospaziale, N. E. Della Qualità, and I. I. Navale, “Human postural stability onboard ship as seakeeping criterion . Stance control model and procedure for validating it : a proposal .,” 2010.
- [15] R. M. Hutauruk and P. Rengi, “Respons Gerakan Kapal Perikanan Hasil Optimasi Terhadap Gelombang Oleh: Ronald Mangasi Hutauruk 1) □ dan Pareng Rengi 1),” *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 19, no. 02, pp. 1–8, 2014.