

Desain *Dredger* Berbasis Jalur Sungai Pada Program “Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok”

Muhammad Rizal Arsyad Jaelani dan Hesty Anita Kurniawati

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: tita@na.its.ac.id

Abstrak—Presiden Joko Widodo mengadakan pertemuan bersama Direktur Utama PT. Pelindo II (Persero) dan Menteri Kementrian Badan Usaha Milik Negara (BUMN) terkait dengan rencana pembangunan program Tol Sungai di jalur Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL). Program Tol Sungai yang dimaksud adalah mengembangkan jalur angkutan kontainer berbasis jalur sungai sepanjang 25 mil laut dari (kawasan industri) Cikarang, Jawa Barat menuju ke Pelabuhan Tanjung Priok melalui sungai CBL via Marunda, Jakarta Utara. Program ini bertujuan untuk mengoptimalkan fungsi sungai atau kanal untuk jalur distribusi barang guna menekan biaya transportasi logistik yang selama ini melalui jalur darat. Menanggapi rencana pemerintah dalam program pembangunan Tol sungai Cikarang menuju Pelabuhan Tanjung Priok, maka perlu dilakukan kegiatan pengerukan awal dan kegiatan pemeliharaan secara berkala pada sungai guna menjaga kedalaman sungai CBL. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah kapal keruk yang diharapkan dapat menjadi solusi untuk melakukan pekerjaan pengerukan pada sungai CBL. Jenis kapal keruk yang dipilih adalah jenis *Trailing Suction Hopper Dredger* (TSHD), mengingat jenis kapal keruk ini memiliki karakteristik yang cocok dengan kriteria dan kondisi sungai CBL. Untuk mendapatkan ukuran utama TSHD yang optimum, digunakan metode *optimization design approach* dengan bantuan fitur *solver* pada program *Microsoft Excel* dengan menjadikan biaya pembangunan paling minimum sebagai fungsi objektif, serta adanya batasan-batasan dari persyaratan teknis dan regulasi yang ada. Dari proses optimisasi, didapatkan hasil ukuran utama optimum TSHD adalah $L=50,811$ m, $B=12,447$ m, $H=4,779$ m, $T_{FW}=3,142$ m, dan $T_{sw}=3,065$ m dengan estimasi biaya pembangunan sebesar \$1.213.905,69 atau setara dengan Rp16.600.160.326.

Kata Kunci—pengerukan, Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL), tol sungai, *trailing suction hopper dredger* (TSHD)

I. PENDAHULUAN

DIKUTIP dari [1], Menanggapi munculnya gagasan Presiden Joko Widodo (Jokowi) untuk mengembalikan identitas bangsa sebagai Negara maritim, yaitu mengenai proyek “Tol Laut”. Pada Kamis, 5 Februari 2015 Jokowi mengadakan pertemuan bersama Direktur Utama PT. Pelindo II (Persero), Richard Joost Lino dan Menteri Badan Usaha Milik Negara (BUMN), Rini Soemarno di Istana Merdeka terkait dengan rencana pembangunan “Tol Sungai”/waterway di jalur Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL).

Menurut pemaparan R.J. Lino, yang dimaksud dari “Tol

Sungai” adalah mengembangkan jalur angkutan kontainer berbasis jalur sungai atau *inland access waterway* sepanjang 25 mil laut dari (kawasan industri) Cikarang, Jawa Barat menuju ke Pelabuhan Tanjung Priok melalui sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) via Marunda, Jakarta Utara. Jalur angkutan laut Cikarang – Marunda – Tanjung Priok ini diupayakan untuk dapat dilalui kapal tongkang pengangkut peti kemas berkapasitas maksimal 60 kontainer [2]

Dengan karakteristik sungai CBL yang memiliki dimensi panjang dan tanpa adanya simpangan yang tajam serta memiliki lebar sungai yang besar, sungai ini dijadikan acuan bagi pemerintah pusat untuk merealisasikan program “Tol Sungai” dengan menggunakan kapal tongkang.

Menanggapi rencana pemerintah dalam pembangunan “Tol Sungai” Cikarang menuju Pelabuhan Tanjung Priok, maka perlu dilakukan pengerukan awal dan pemeliharaan secara berkala pada sungai guna menjaga kedalaman sungai. Salah satu inovasi yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah membangun sebuah kapal keruk (*dredger*) yang sesuai dengan karakteristik sungai CBL.



Gambar. 1. Jalur Tol Sungai CBL - Tanjung Priok (kuning)

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL)

Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) merupakan sungai yang direncanakan pada tahun 1973 dan selesai dibangun pada tahun 1980 oleh Proyek Irigasi Jatiluhur (Prosijat). Sungai CBL ini merupakan sudetan sungai Cikarang dan sungai Bekasi ke arah

laut bagian utara Pulau Jawa dan berfungsi untuk mengatasi permasalahan banjir yang diakibatkan oleh sungai Cikarang dan sungai Bekasi. Sungai CBL memiliki dimensi panjang keseluruhan sebesar 28.205,00 meter dan kedalaman bervariasi antara 4–7 meter. Pembangunan sungai CBL yang direncanakan pada tahun 1973 dan selesai dibangun pada tahun 1980, memiliki data teknis pada awal pembangunan yang dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1.
Data Teknis Awal Pembangunan Sungai CBL [3]

Nama Sungai/ Kali	Panjang Sungai (km)	Lebar Dasar Sungai (m)
Cikarang (Bendung CBL) – S. Sadang	10,060	20,00
S. Sadang – S. Jambe	2,000	30,00
S. Jambe – S. Bekasi	5,825	40,00
S. Bekasi – Laut	10,320	100,00

Pada tahun 2004, Sungai CBL sudah pernah dilakukan normalisasi oleh PT. Adhi Karya dan memiliki data teknis yang dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

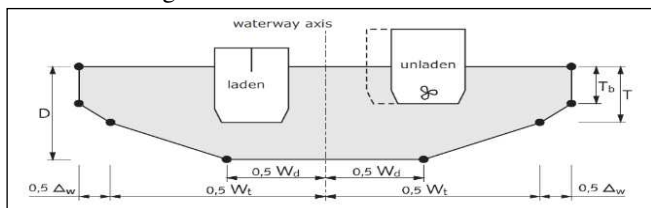
Tabel 2.
Data Teknis Sungai CBL Setelah, Normalisasi pada Tahun 2004 [3]

Nama Sungai/ Kali	Panjang Sungai (km)	Lebar Dasar Sungai (m)
Cikarang (Bendung CBL) – S. Sadang	0,20 – 6,60	-
S. Sadang – S. Jambe	9,10 – 10,50	50,00
S. Jambe – S. Bekasi	10,70 – 18,20	60,00
S. Bekasi – Laut	18,40 – 30,00	80,00

Namun setelah dilakukan normalisasi pada tahun 2004, pada ruas wilayah sungai CBL sudah terjadi pendangkalan dan penyempitan kembali yang diakibatkan oleh sedimentasi yang cukup tinggi. Sehingga direncanakan untuk dilakukan normalisasi kembali untuk mengurangi dampak banjir dan genangan di sekitar Sungai CBL.

B. Batasan Perairan Sungai

Seiring berkembangnya inovasi dalam dunia perkapalan dan semakin tingginya kebutuhan akan sarana transportasi, saat ini kapal tidak hanya dioperasikan pada daerah pelayaran laut saja, melainkan digunakan pula untuk beroperasi di perairan sungai atau biasa disebut dengan *inland access waterway*. Akan tetapi, untuk kapal yang beroperasi di perairan sungai, terdapat batasan perairan yang perlu diperhatikan mengingat sungai memiliki dimensi ukuran yang terbatas. Dimensi sungai sangatlah berpengaruh terhadap penentuan ukuran utama kapal, seperti lebar kapal dibatasi oleh lebar sungai, sarat kapal dibatasi oleh kedalaman sungai.



Gambar 2. Ukuran penampang melintang sungai [4]

Dalam penentuan batasan minimum ukuran lebar dan sarat kapal, batasan dimensi sungai dibedakan menjadi tiga berdasarkan jenis penggunaan jalur pelayaran kapal. Berikut

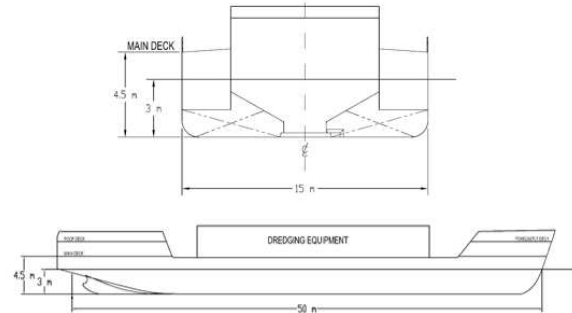
merupakan batasan ukuran sungai sesuai dengan jenis pelayarannya yang dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3.
Batasan Dimensi Sungai Sesuai Penggunaan Jalur [4]

Jalur Pelayaran	Wd	Wt	Δw	D
Single-line	B_{max}	$2 \times B_{max}$	$0.05 L$	$1.2 \times T_{max}$
Two-line Narrow	$2 \times B_{max}$	$3 \times B_{max}$	$0.05 L$	$1.2 \times T_{max}$
Two line Normal	$2 \times B_{max}$	$4 \times B_{max}$	$0.05 L$	$1.2 \times T_{max}$

C. Layout Awal

Dalam mendesain sebuah kapal, diperlukan layout awal pada kapal untuk menunjukkan gambaran umum mengenai desain yang akan dibentuk. Berikut merupakan layout awal untuk dredger tipe *Trailing Suction Hopper Dredger* (TSHD):

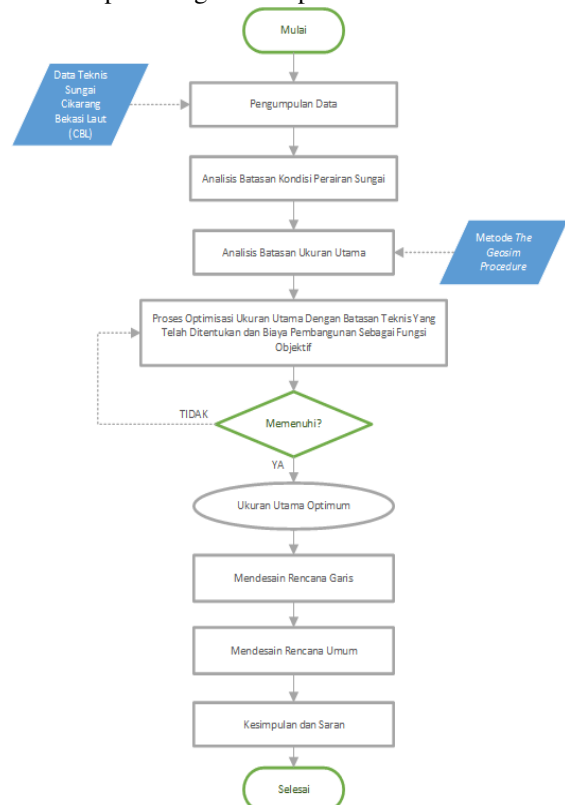


Gambar 3. Layout awal penampang memanjang TSHD

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir

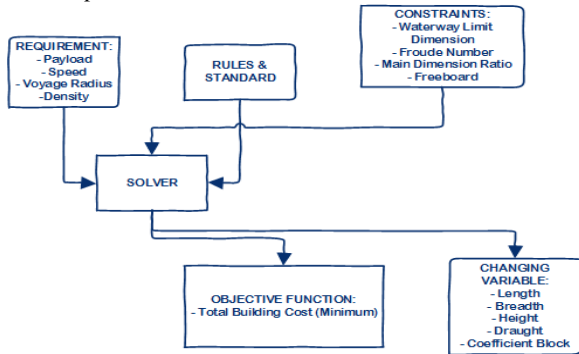
Tahapan dari metodologi penelitian yang digunakan digambarkan pada diagram alir pada Gambar 4:



Gambar 4. Diagram alir penelitian

B. Optimisasi Ukuran Utama

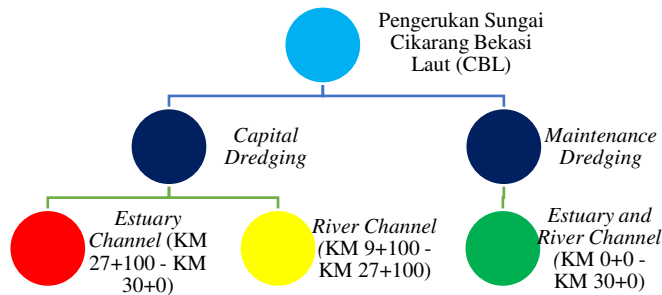
Untuk menentukan ukuran utama dalam penelitian ini digunakan metode optimisasi. Metode optimisasi adalah metode yang digunakan untuk mencari nilai optimum dari suatu fungsi matematis baik itu nilai minimum ataupun nilai maksimum. Dalam melakukan metode optimisasi, diperlukan beberapa penentuan *objective function*, *changing variable*, *constraint*, *parameter*, dan *constants*.



Gambar. 5. Model optimisasi

IV. ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS DESAIN DREDGER

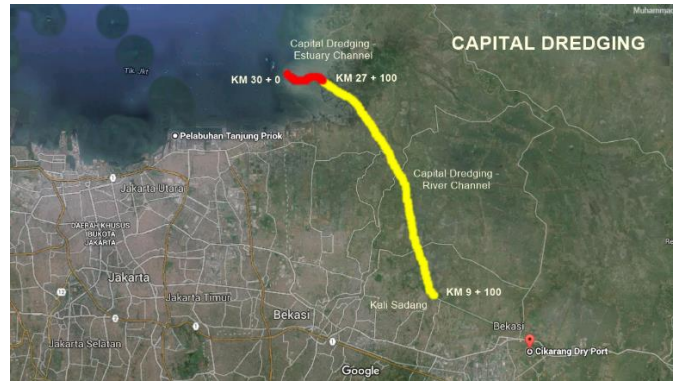
A. Skenario Pengerukan



Gambar. 6. Skenario pengerukan

Perencanaan skenario pengerukan seperti pada Gambar 6 dikarenakan terdapat perbedaan pada lokasi pembuangan material. Kegiatan *capital dredging* (*estuary channel*) dan *maintenance dredging* (*estuary and river channel*), material hasil pengerukan akan dibuang di perairan. Sedangkan kegiatan *capital dredging* (*river channel*), material hasil pengerukan akan dibuang di darat yaitu pada tepi sungai.

Berdasarkan data yang didapatkan dari [3], total volume material kegiatan *capital dredging* sebesar 2.083.919,60 m³ dengan rincian secara berturut-turut untuk *river channel* dan *estuary channel* adalah 1.641.856,15 m³ dan 442.063,45 m³. Sedangkan, total volume material kegiatan *maintenance dredging* adalah 172.500 m³/tahun. Total volume material tersebut sudah ditambah dengan margin 10% karena faktor *over dredging* [5] dan margin 5% karena faktor tingkat sedimentasi sungai CBL. [6] Lokasi kegiatan *capital dredging* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar. 7. Lokasi kegiatan *capital dredging* di sungai CBL

Sedangkan, lokasi kegiatan *maintenance dredging* dapat dilihat pada Gambar 8:



Gambar. 8. Lokasi kegiatan *maintenance dredging*

B. Dasar Pemilihan Jenis Dredger

Kondisi sungai CBL antara lain: a) Material yang akan dikeruk terdiri dari endapan alluvial perairan dangkal berupa campuran lumpur dan pasir, b) Wilayah yang akan dikeruk meliputi area sepanjang sungai CBL termasuk area ditepi-tepi sungai, c) Sarat perairan minimum pada sungai adalah 4 m *Low Water Spring* (LWS), d) Lebar dasar sungai minimum adalah 50 m, e) Total volume material kegiatan *capital dredging* sungai CBL sebesar 2.083.919,60 m³ dan total volume material kegiatan *maintenance dredging* 172.500 m³/tahun, dan f) Terdapat sampah di permukaan serta daerah pinggiran sungai dan diasumsikan saat melakukan kegiatan pengerukan sampah-sampah tersebut sudah dibersihkan.

Kriteria yang dibutuhkan antara lain: a) Dapat mengeruk secara efisien dan cepat, termasuk untuk area-area ditepi sungai, b) T_{max} = 3.33 m, c) Dapat digunakan untuk menunjang pemeliharaan sungai CBL secara berkala, dan d) Dapat mengeruk tanpa banyak mengganggu lalu lintas kapal pada alur sungai CBL

Tabel 4.
Perbandingan Jenis Dredger

Faktor Pemilihan	Jenis		
	<i>Backhoe Dredger</i>	<i>Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)</i>	<i>Cutter Suction Dredger (CSD)</i>
Biaya pembangunan awal	Murah	Mahal	Mahal
Mesin penggerak sendiri	Tidak	Ya	Tidak
Pengerukan <i>soft material</i>	Ya	Ya	Ya
Pengerukan <i>hard material</i>	Ya	Tidak	Ya
Memiliki <i>hopper</i>	Tidak	Ya	Tidak
Kedalaman pengerukan maksimum (m)	20	70	25
Hasil kerukan dapat dipindahkan melalui jalur pipa	Tidak	Ya	Ya
Lain-lain	Mudah untuk pengeruk di daerah sempit	Cocok untuk mengeruk alur pelayaran dengan volume besar	Pergerakan terbatas dan sensitif terhadap gelombang

Dari uraian pada Tabel 4 dan melihat pada kondisi sungai serta kriteria yang dibutuhkan, jenis TSHD adalah alternatif yang tepat pada sungai CBL.

C. Analisis Perhitungan Kapasitas Produksi Kegiatan Pengerukan Per Hari

Pada Tabel 5 merupakan hasil siklus waktu yang dibutuhkan TSHD untuk pengerukan dalam satu kali kerja, kapasitas produksi pengerukan per hari, dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan pengerukan:

Tabel 5.

Hasil siklus waktu TSHD

Skenario	Waktu (menit)
<i>Capital dredging (river channel)</i>	44,00
<i>Capital dredging (estuary channel)</i>	184,00
<i>Maintenance dredging</i>	378,38

Skenario	Kapasitas produksi (m ³ /hari)
<i>Capital dredging (river channel)</i>	44,00
<i>Capital dredging (estuary channel)</i>	184,00
<i>Maintenance dredging</i>	378,38

Skenario	Waktu yang dibutuhkan (hari)
<i>Capital dredging (river channel)</i>	194
<i>Capital dredging (estuary channel)</i>	188
<i>Maintenance dredging</i>	147

D. Design Statement

Data owner requirement dari Program Tol Sungai ini adalah:

- 1) Jenis *dredger* yang digunakan adalah *Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)*.
- 2) Jenis muatan yang akan dibawa adalah endapan alluvial perairan dangkal berupa campuran lumpur dan pasir.
- 3) Kapasitas *hopper* yang akan didesain adalah 1100 m³ (kapasitas *hopper* maksimum pada kapal yang dapat melalui sungai CBL).
- 4) Rute pelayaran adalah perairan sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL), Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.
- 5) Kapal didesain dengan kecepatan 10 knot saat berlayar (18,52 km/jam) dan 3 knot saat mengeruk (5,56 km/jam).

E. Penentuan Ukuran Utama

Metode penentuan ukuran utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode optimisasi yang dibantu dengan penggunaan fitur *Solver* pada *software Microsoft Excel*. Sebelum dilakukan proses optimisasi terlebih dahulu ditentukan parameter dari model optimisasi, yaitu:

- 1) *Changing Variable*
Nilai yang ingin dicari meliputi L, B, H, T, dan C_B.
- 2) *Objective Function*
Pada model optimisasi ini digunakan *objective function* dengan nilai paling minimum dari biaya pembangunan.
- 3) Batasan (*Constraint*)
 - a. Batasan Variabel Ukuran Utama
 - b. Batasan Coefficient Block (C_B)
 - c. Batasan Kondisi Perairan Sungai
 - d. Batasan *Froude Number* (Fn)
 - e. Batasan Rasio Ukuran Utama
 - f. Batasan Lambung Timbul Kapal (*freeboard*) Minimum

F. Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Teknis

Setelah dilakukan proses optimisasi, maka didapat ukuran utama optimum TSHD yang telah memenuhi persyaratan teknis dan regulasi yang ada dengan estimasi biaya pembangunan paling efisien. Pada Tabel 6 merupakan rekapitulasi dari hasil analisis perhitungan teknis TSHD:

Tabel 6.

Rekapitulasi hasil perhitungan teknis

Kriteria	Perairan Sungai	Perairan Laut
<i>Length (L_{pp})</i>	50,811 m	50,811 m
<i>Length (L_{wl})</i>	52,844 m	52,844 m
<i>Breadth (B)</i>	12,447 m	12,447 m
<i>Draft (T)</i>	3,142 m	3,065 m
<i>Height (H)</i>	4,779 m	4,779 m
<i>Vol. Disp. (∇)</i>	1646,856 m ³	1606,689 m ³
<i>Disp. Ton (Δ)</i>	1646,856 ton	1646,856 ton
C _B	0,797	0,797
L/B	4,082	4,082
B/T	3,962	4,061
L/T	16,174	16,578
C _B	0,797	0,797
C _M	0,993	0,993
C _P	0,802	0,802
C _{wp}	0,872	0,872
R _T	64,398 kN	61,567 kN
P _{Req.}	510,879 × 2 kW	465,163 × 2 kW
P _{MainEngine}	551 × 2 kW	551 × 2 kW
P _{GenReq.}	127,720 × 2 kW	116,291 × 2 kW
P _{Generator}	150 × 2 kW	150 × 2 kW
DWT	1085,038 ton	1075,614 ton
LWT	517,787 ton	520,561 ton
LWT+DWT	1602,825 ton	1596,175 ton
LCB	25,400 m (FP)	25,400 m (FP)
LCG	25,807 m (FP)	25,800 m (FP)
Freeboard	1637 mm	1714 mm

Selain itu, berikut merupakan analisis terhadap hasil dan kriteria stabilitas yang dalam IS (*Intact Stability*) Code dan [1]:

Tabel 7.
Rekapitulasi hasil analisis kriteria stabilitas

Kriteria	Batasan	Loadcase		
		1	2	3
φ° max	15 deg	49,1	47,3	48,2
e 0 - 30°	3,151 m.deg	12,033	13,081	12,784
e 30 - 40°	1,719 m.deg	9,721	9,936	9,980
GZ 30°	0,2 m	1,127	1,075	1,117
GM 0°	0,15 m	1,376	1,472	1,448
e 30 - 40°	5,157 m.deg	21,755	23,016	22,764
Status		PASS	PASS	PASS

Kriteria	Batasan	Loadcase		
		4	5	6
φ° max	15 deg	50,0	48,2	49,1
e 0 - 30°	3,151 m.deg	12,851	13,972	13,643
e 30 - 40°	1,719 m.deg	10,291	10,548	10,574
GZ 30°	0,2 m	1,196	1,147	1,188
GM 0°	0,15 m	1,482	1,585	1,557
e 30 - 40°	5,157 m.deg	23,141	24,520	24,217
Status		PASS	PASS	PASS

Kriteria	Batasan	Loadcase		
		7	8	9
φ° max	15 deg	50,0	49,1	50,0
e 0 - 30°	3,151 m.deg	13,286	14,442	14,097
e 30 - 40°	1,719 m.deg	10,624	10,910	10,923
GZ 30°	0,2 m	1,242	1,196	1,236
GM 0°	0,15 m	1,540	1,647	1,617
e 30 - 40°	5,157 m.deg	23,910	25,353	25,020
Status		PASS	PASS	PASS

Kriteria	Batasan	Loadcase		
		10	11	12
φ° max	15 deg	57,3	40,0	45,5
e 0 - 30°	3,151 m.deg	30,760	43,248	34,588
e 30 - 40°	1,719 m.deg	20,219	25,016	21,574
GZ 30°	0,2 m	2,157	2,533	2,208
GM 0°	0,15 m	3,818	5,923	4,427
e 30 - 40°	5,157 m.deg	50,979	68,265	56,162
Status		PASS	PASS	PASS

G. Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Ekonomis

Besar biaya pembangunan ditentukan dengan persentase biaya pembangunan berdasarkan modul Estimasi Harga Pembangunan Kapal Baru [8].

Keadaan yang dijadikan acuan perhitungan adalah pada kondisi perairan laut, dikarenakan memiliki kebutuhan berat yang lebih besar dan yang menjadi acuan dalam estimasi biaya pembangunan adalah biaya dari komponen baja kapal.

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Steel Plate} &= W_S \times UP_S \\
 W_S &= 360,637 \text{ ton} \\
 UP_S &= \text{Unit Price Baja} \\
 &= \$714.0 / \text{ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Steel Plate} &= \$257.495,147 \\
 \% \text{ Total Cost} &= 21 \%
 \end{aligned}$$

Untuk melakukan perhitungan komponen lain dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\$ \text{ Komponen} = (\% \text{ Komponen} / \% \text{ Acuan}) \times \$ \text{ Acuan}$$

Sebagai contoh mencari biaya dari *design cost* (\$ Desain)

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Insurance} &= 1.00 \% (\text{Total Cost}) \\
 \% \text{ Acuan} &= \% \text{ Steel and profile} \\
 &= 21.00 \% (\text{Total Cost})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Acuan} &= \$ \text{ Steel and profile} \\
 &= \$257.495,147
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Insurance} &= (1.00 / 21.00) \times 257.495,147 \\
 &= \$12.261,67
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan estimasi biaya pembangunan TSHD

pada kondisi perairan laut:

Tabel 8.
Estimasi biaya pembangunan TSHD

	Estimasi biaya pembangunan TSHD	
	Detail	% \$
DIRECT COST	Hull Part	
	1.a. Steel plate and profile	21.00 257.495,15
	1.b. Hull outfit, deck machinery and accommodation	7.00 85.831,72
	1.c. Piping, valves and fittings	2.50 30.654,18
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00 24.523,35
	1.e. Coating (BWT only)	1.50 18.392,51
	1.f. Firefighting, lifesaving and safety equipment	1.00 12.261,67
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0.30 3.678,50
	Subtotal (1)	35.30 432.837,08
	Machinery Part	
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00 147.140,08
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3.50 42.915,86
	2.c. Boiler and Heater – Tidak Ada	1.00 0,00
	2.d. Other machinery in in E/R	3.50 42.915,86
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2.50 30.654,18
2.f. Machinery spare part and tool	0.50 6.130,84	
Subtotal (2)	23.00 269.756,82	
Electric Part		
3.a. Electric power source and accessories	3.00 36.785,02	
3.b. Lighting equipment	1.50 18.392,51	
3.c. Radio and navigation equipment	2.50 30.654,18	
3.d. Cable and equipment	1.00 12.261,67	
3.e. Electric spare part and tool	0.20 2.452,33	
Subtotal (3)	8.20 100.545,72	
Construction cost		
Consumable material, rental equipment and labor	20.00 245.233,47	
Subtotal (4)	20.00 245.233,47	
Launching and testing		
Subtotal (5)	1.00 12.261,67	
Inspection, survey, and certification		
Subtotal (6)	1.00 12.261,67	
TOTAL	88.50 1.072.896,44	
INDIRECT COST	7. Design cost	3.00 36.785,02
	8. Insurance cost	1.00 12.261,67
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50 30.654,18
	TOTAL	6.50 79.700,88
	TOTAL (MARGIN)	5.00 61.308,37
	GRAND TOTAL	100.00 1.213.905,69

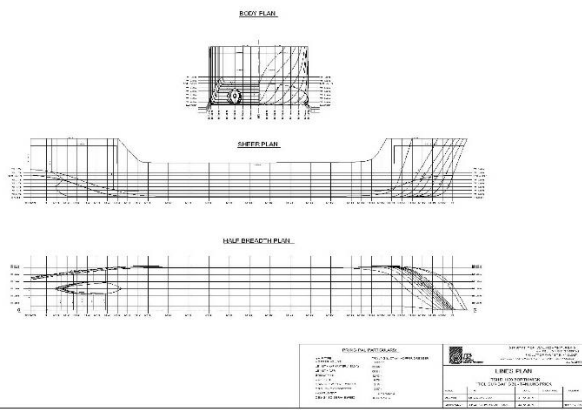
Dari rincian estimasi biaya pembangunan di atas, maka diketahui estimasi biaya pembangunan total sebesar 1.213.905,69 USD. Kurs jual USD terhadap Rupiah menurut indeks mata uang Bank Indonesia per tanggal 23 Mei 2016 sebesar Rp. 13.675,00. Maka estimasi biaya pembangunan total dalam Rupiah sebesar Rp.16.600.160.326.

H. Desain Rencana Garis

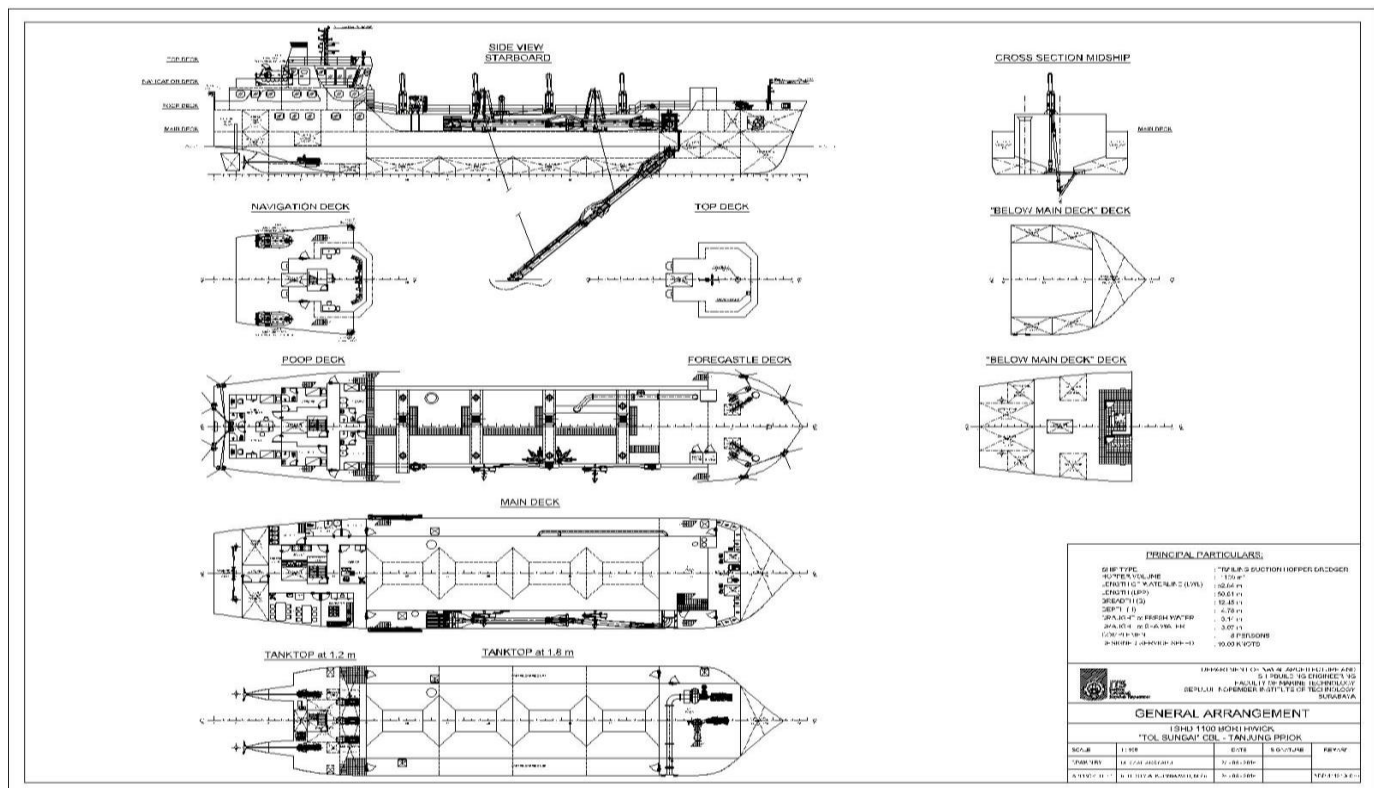
Desain Rencana Garis yang dibuat harus memperhatikan dengan kriteria teknis dari perhitungan teknis yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut merupakan hasil desain Rencana Garis dengan bantuan perangkat lunak CAD:

I. Desain Rencana Umum

Desain Rencana Umum yang dibuat harus memperhatikan perencanaan dan pembagian ruang untuk kebutuhan kapal. Rencana Umum dibuat berdasarkan Rencana Garis yang telah dibuat sebelumnya [7]. Dengan Rencana Garis, secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya. Berikut merupakan hasil desain Rencana Umum dengan bantuan perangkat lunak CAD:



Gambar. 9. Rencana Garis TSHD



Gambar. 10. Rencana Umum TSHD

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis teknis dan ekonomis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil analisis pemilihan jenis *dredger* yang melihat pada kriteria awal berdasarkan kondisi material endapan dan kondisi umum sungai CBL, maka dipilih *dredger* jenis *Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)*.
- 2) Dari hasil analisis perhitungan volume material yang akan dikeruk pada sungai CBL dengan dua jenis kegiatan pengerukan yang diperlukan yaitu *capital dredging* dan *maintenance dredging*, maka didapatkan besarnya volume material yang akan dikeruk sebesar 2.083.919,60 m³ untuk kegiatan *capital dredging* dan 172.500 m³/tahun untuk kegiatan *maintenance dredging*. Dari besarnya volume material yang akan dikeruk tersebut didapatkan besarnya

- 3) Dari hasil analisis teknis berupa proses optimisasi dengan fungsi tujuan biaya pembangunan paling minimum, maka didapatkan ukuran utama TSHD sebagai berikut:
 - a. L_{WL} : 52,844 m
 - b. L_{PP} : 50,811 m
 - c. B : 12,447 m
 - d. H : 4,779 m
 - e. T_{FW} : 3.142 m
 - f. T_{SW} : 3.065 m
 - 4) Dari hasil analisis ekonomis yang meliputi biaya pembangunan dari desain TSHD didapatkan total estimasi biaya pembangunan sebesar \$1.213.905,69 atau setara dengan Rp16.600.160.326.
- Saran yang dapat diberikan pada Jurnal ini antara lain:

- 1) Karena permasalahan dalam Jurnal ini merupakan solusi terhadap salah satu kebijakan dari Pemerintah Pusat, maka diperlukan adanya peninjauan lebih lanjut terhadap aspek kebijakannya.
- 2) Perlu adanya peninjauan lebih lanjut terhadap aspek konstruksi dan kekuatan kapal mengingat pada Jurnal ini masih banyak digunakan perhitungan secara pendekatan.
- 3) Perlu adanya perhitungan dan analisis yang riil terhadap biaya pembangunan kapal yang dibutuhkan untuk membangun TSHD guna mendukung terealisasinya program "Tol Sungai" ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] anonim, "RJ Lino Jelaskan Proyek Waterway ke Jokowi," Okezone.com, 5 Februari 2015. [Online]. Available:<http://economy.okezone.com/read/2015/02/05/320/1101721/rj-lino-jelaskan-proyek-waterway-ke-jokowi>. [Accessed 4 Januari 2016].
- [2] Anonim, "GOBEKASI.co.id," GOBEKASI, 6 Februari 2015. [Online]. Available: <http://gobekasi.pojoksatu.id/2015/02/06/kali-cbl-jadi-tol-sungai/>. [Accessed 4 Januari 2016].
- [3] K. P. U. R. Indonesia, "Laporan Perencanaan dan Detail Desain Pengendalian Banjir Sungai CBL," Satuan Kerja Balai Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane, Jakarta, 2008.
- [4] M. v. I. e. Milieu, "Waterway Guidelines," Rijkswaterstaat, Netherland, 2011.
- [5] D. G. f. C. A. a. F. T. Ministry of Transport Publi Works and Water Management, "Guidelines for The Assignment of Reduced Freeboards for Dredgers, DR-68," Joint Working Group on Dredgers Operating at Reduced Freeboard, Rotterdam, 2010.
- [6] D. D. d. R. d. Indonesia, "Dunia Dredging dan Reklamasi di Indonesia," J.Mahendra, Depok, 2014.
- [7] Joint Working Group on Dredgers Operating at Reduced Freeboard, "Guidelines for The Assignment of Reduced Freeboards for Dredgers, DR-68," Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate General for Civil Aviation and Freight Transport., Rotterdam, 2010.
- [8] D. J. P. L. Kementerian Perhubungan, "Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi," Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan , DKI Jakarta, 2006.