



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL KERUK UNTUK MENGATASI  
PENDANGKALAN PADA KANAL BANJIR TIMUR JAKARTA**

**Muhammad Luthfi Hardiawan**  
**NRP 0411154000038**

**Dosen Pembimbing**  
**Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2020**





**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL KERUK UNTUK MENGATASI  
PENDANGKALAN PADA KANAL BANJIR TIMUR JAKARTA**

**Muhammad Luthfi Hardiawan  
NRP 0411154000038**

**Dosen Pembimbing  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**





---

**FINAL PROJECT - MN 184802**

**DESIGN OF DREDGER TO OVERCOME SILTATION ON  
KANAL BANJIR TIMUR JAKARTA**

**Muhammad Luthfi Hardiawan  
NRP 0411154000038**

**Supervisor  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2020**



## LEMBAR PENGESAHAN

### DESAIN KAPAL KERUK UNTUK MENGATASI PENDANGKALAN PADA KANAL BANJIR KANAL TIMUR JAKARTA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD LUTHFI HARDIAWAN**  
NRP 04111540000038

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
NIP 19761029 2002 121 003

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 04 Agustus 2020







## LEMBAR REVISI

# ANALISIS *VISCOUS RESISTANCE* KAPAL SELAM MINI DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* DAN PENGUJIAN PADA *WIND TUNNEL*

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 21 Juli 2020

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD LUTHFI HARDIAWAN**  
NRP 04111540000038

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Yuda Apri Hermawan, S.T., M.T. ....
2. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. ....
3. Danu Utama, S.T., M.T. ....



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. ....

SURABAYA, 04 Agustus 2020



## **HALAMAN PERUNTUKAN**

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., P.hD. selaku Dosen Wali atas motivasinya;
3. Orang tua saya, Suhardi dan Sri Marwati, Adik Amalia Nur Hardiawati dan Kakak Yusuf yang selalu mencintai saya;
4. Nabila Savina, sebagai *supporting system* utama saya;
5. P55 Samuderaraksa, The Gambliis, BEM FTK Cakrawala, BEM ITS Kolaborasi yang senantiasa kebersamaian dan membuat saya berkembang sejauh ini;
6. Dadang, Alam, Acong, Yayan, Khamdan, Hafiz, Dinda, Qayyim, Mas Fajar, Mas Majid dan teman-teman yg membantu saya mempermudah mengerjakan tugas akhir ini;
7. Teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu;
8. Orang-orang baik yang membantu saya dalam akademik maupun finansial sehingga saya dapat mencapai titik ini.
9. KM ITS;
10. Rakyat Indonesia.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 4 Agustus 2020

Muhammad Luthfi Hardiawan



# **DESAIN KAPAL KERUK UNTUK MENGATASI PENDANGKALAN PADA KANAL BANJIR TIMUR JAKARTA**

Nama Mahasiswa : Muhammad Luthfi Hardiawan  
NRP : 04111540000038  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng..

## **ABSTRAK**

Kanal Banjir Timur merupakan sungai buatan yang dibangun sebagai salah satu solusi pencegahan banjir di Jakarta. Kanal buatan ini memotong 7 aliran sungai yang ada dan langsung diarahkan menuju ke laut. Adanya kanal ini membantu penanganan banjir yang ada, akan tetapi potensi penumpukan endapan yang ada dapat mengakibatkan pendangkalan. Sehingga daya tampung air sungai ini akan berkurang. Proses pengerukan endapan yang dilakukan di kanal ini sudah dilakukan oleh pemerintah setempat, akan tetapi masih menggunakan alat keruk darat. Penggunaan alat keruk darat dirasa kurang efektif dilakukan melihat dimensi sungai yang ada berkisar antara 30-300 meter lebarnya. Per tahun 2018 saja sudah ada 357.000m<sup>3</sup> endapan yang berada di kawasan *sand trap*. Tugas akhir ini bertujuan untuk membuat desain kapal keruk yang sesuai dengan batasan geografis sungai yang ada dan jenis endapan yang ada pada kanal tersebut. Proses diawali dengan menentukan jenis kapal keruk yang sesuai dengan kondisi geografis sungai yang ada. Jenis kapal keruk dianalisa berdasarkan jenis endapan yang ada pada kanal tersebut. Kemudian perhitungan ukuran utama kapal menggunakan *Geosim Procedure* dengan *payload* yang digunakan adalah kapasitas pompa keruk yang akan digunakan untuk selanjutnya dilakukan analisa teknis dan ekonomis. Berdasarkan hasil analisa yang ada didapatkan kapal keruk tipe *plain suction*. Ukuran utama yang didapatkan yaitu Lpp=13m, B=4,8m, H=1,2m, T=0,68m. Kemudian dari data tersebut dibuat rencana garis dan rencana umum dari kapal tersebut dengan estimasi pembangunan sebesar 795.682.000.

Kata kunci : Kanal Banjir Timur, Pengerukan, *Geosim Procedure*, *Plain Suction*.





# **DREDGER DESIGN TO OVERCOME SILTATION OF THE EAST FLOOD CANAL JAKARTA**

Author	:Muhammad Luthfi Hardiawan
Student Number	:04111540000038
Department / Faculty	:Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor	:Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

## **ABSTRACT**

East Flood Canal is an artificial river that was built as one of the flood prevention solutions in Jakarta. This artificial canal cuts 7 existing rivers and it is directed towards the sea. The existence of this canal is to solving of flood, but the potential buildup of existing deposits can cause siltation. So that the capacity of this river water will be reduced. The process of dredging the sediment carried out in this canal has been carried out by the local government, but it is still uses a land dredging tool. The use of land dredging tools is considered ineffective in seeing the dimensions of the existing river which is ranging from 30-300 meters in width. There were already 357,000m<sup>3</sup> of sediment in the sand trap area in 2018. This final project's goal is to make a dredger design according to the geographical boundaries of the existing river and the type of sediment of the canal. The process begins by determining the type of dredger that matches the geographical conditions of the river. Dredger types are analyzed based on the type of sediment of the canal. Then the calculation of the main dimention of the ship is using Geosim Procedure which is the payload is the dredge pump capacity. This data will be used for further technical and economic analysis. Based on the results of the analysis, the type of the derdger is plain suction dredger. The main dimention obtained is  $L_{pp} = 13\text{m}$ ,  $B = 4.8\text{m}$ ,  $H = 1.2\text{m}$ ,  $T = 0.68\text{m}$ . Then the lines plan and general plan of the ship were made with an estimated construction of 795.682.000.

Keyword: East Flood Canal, Geosim Procedure, Plain Suction..



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR REVISI.....	vii
HALAMAN PERUNTUKAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
ABSTRAK .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
DAFTAR ISI .....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR SIMBOL .....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Manfaat .....	4
1.6. Hipotesis.....	4
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Dasar Teori.....	5
2.1.1. Tahapan Desain Kapal.....	5
2.1.2. Geosim Procedure .....	6
2.1.3. Main Coefficient .....	7
2.1.4. Hambatan Kapal.....	8
2.1.5. Berat dan Titik Berat Kapal.....	10
2.1.6. <i>Freeboard</i> (Lambung Timbul).....	11
2.1.7. Stabilitas Kapal .....	11
2.2. Tinjauan Pustaka .....	12
2.2.1. Pengerukan .....	12
2.2.2. Pekerjaan Pengerukan .....	12
2.2.3. Perencanaan Pengerukan.....	12
2.2.4. Klasifikasi Pengerukan.....	13
2.2.5. Tujuan Pengerukan.....	13
2.2.6. Metode Pengerukan.....	14
2.2.7. Siklus Waktu Pengerukan.....	15
2.2.8. Pemilihan Jenis Alat Keruk .....	16
2.2.9. Kanal Banjir Timur .....	18
2.2.10. Dimensi Banjir Kanal Timur .....	19
BAB 3 METODOLOGI .....	21
3.1. Bagan Alir .....	21
3.2. Proses Pengerjaan .....	22
3.2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	22

3.2.2. Pengumpulan Data dan Studi Literatur .....	22
3.2.3. Menentukan Operational Requirements dan Payload .....	22
3.2.4. Penentuan Ukuran Utama Awal dan Kapasitas Ruang Muat .....	22
3.2.5. Menghitung Analisis Teknis dan Ekonomis .....	23
3.2.6. Desain Lines Plan, Rencana Umum, dan 3D Model .....	23
3.2.7. Kesimpulan .....	23
<b>BAB 4 ANALISIS TEKNIS .....</b>	<b>25</b>
4.1. Dasar Pemilihan Kapal Keruk .....	25
4.2. Dumping Area .....	28
4.2.1. Penentuan Dumping Area .....	28
4.2.2. Penentuan metode dumping .....	29
4.3. Pemilihan Daerah Operasional .....	31
4.4. Pola Operasional .....	32
4.5. Perencanaan Spud dan Mekanisme Kerja Spud .....	34
4.6. Analisis Perhitungan Payload .....	35
4.7. <i>Geosim Procedure</i> .....	36
4.8. Perhitungan Awal .....	38
4.8.1. Perhitungan Displacement .....	38
4.8.2. Perhitungan Coefficient .....	39
4.8.3. Perhitungan Hambatan Kapal Total ( $W_{total}$ ) .....	40
4.9. Perhitungan Kebutuhan Pompa .....	41
4.10. Penentuan Ukuran Pipa .....	41
4.10.1. Head Loss ( $H_p$ , $H_v$ , $H_s$ ) .....	42
4.10.2. Total Head Loss mayor dan minor .....	44
4.10.3. Daya Pompa .....	45
4.10.4. Pemilihan Pompa .....	45
4.11. Perencanaan Genset Utama .....	46
4.11.1. Winch .....	46
4.11.2. Untuk menaikkan dan menurunkan jangkar .....	48
4.11.3. Electro Motor + Pompa .....	51
4.11.4. Total Daya .....	51
4.11.5. Pemilihan Genset .....	51
4.12. Perhitungan Berat Kapal .....	52
4.12.1. Perhitungan Berat Kapal Bagian DWT .....	53
4.12.2. Perhitungan Berat Kapal Bagian LWT .....	54
4.12.3. Perencanaan Volume Tangki-tangki .....	56
4.13. Perhitungan Lambung Timbul ( <i>Freeboard</i> ) .....	57
4.14. Trim dan Stabilitas .....	57
4.14.1. Kondisi 25% <i>Full Load</i> .....	59
4.14.2. Kondisi 50% <i>Full Load</i> .....	60
4.14.3. Kondisi 75% <i>Full Load</i> .....	61
4.14.4. Kondisi Full Load .....	62
4.15. Desain Rencana Garis ( <i>Lines plan</i> ) .....	63
4.16. Pembuatan General Arrangement .....	68
4.16.1. Perincian Peralatan Keruk .....	69
4.17. Desain 3D Model .....	71
<b>BAB 5 ANALISIS EKONOMIS .....</b>	<b>73</b>
5.1. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal .....	73
5.2. Perhitungan Harga (Price) .....	75

5.3. Estimasi Pengeluaran .....	77
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	79
6.1. Kesimpulan.....	79
6.2. Saran .....	80
DAFTAR PUSTAKA .....	81
LAMPIRAN .....	83
LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG .....	84
LAMPIRAN B PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS .....	86
LAMPIRAN C RENCANA GARIS.....	109
LAMPIRAN D <i>GENERAL ARRANGEMENT</i> .....	111
LAMPIRAN E MODEL 3 DIMENSI .....	113
BIODATA PENULIS .....	115



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Denah Banjir Kanal Timur.....	1
Gambar 1.2 Pengerukan dikawasan <i>sandtrap</i> menggunakan peralatan darat.....	2
Gambar 2.1 Design Spiral .....	5
Gambar 2.2. Siklus Pengerukan .....	15
Gambar 2.3 Aktivitas pengerukan .....	16
Gambar 2.4 Denah Banjir Kanal Timur.....	19
Gambar 2.5 Daerah operasi kapal keruk.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	21
Gambar 4.1 Pintu air kanal banjir timur.....	28
Gambar 4.2 Kondisi bantaran sungai.....	29
Gambar 4.3 Bantaran Sungai.....	29
Gambar 4.4 Rute Pembuangan Muatan Keruk.....	30
Gambar 4.5 Penampang daerah <i>sandtrap</i> .....	31
Gambar 4.6 Pola Operasi Zona Hijau .....	31
Gambar 4.7 Daerah pengerukan utama .....	32
Gambar 4.8 Kapal memulai pemasangan alat-alat keruk.....	33
Gambar 4.9 kapal melakukan proses pengerukan .....	33
Gambar 4.10 Endapan dialirkan dari kapal ke truk menggunakan pipa terapung.....	34
Gambar 4.11 kapal mencapai titik akhir pengerukan .....	34
Gambar 4.12 Dimensi pompa keruk excellence.....	45
Gambar 4.13 Genset utama Cummins K19-DM .....	52
Gambar 4.14 Genset bantu Cummins 6BT5.9-G1.....	52
Gambar 4.15 Model Dibuka di <i>Maxsurf Stability Enterprise</i> .....	58
Gambar 4.16. Tabel <i>Loadcase Window</i> .....	58
Gambar 4.17. Menu <i>Start Analysis</i> Untuk Memulai Perhitungan.....	59
Gambar 4.18. <i>Input Data</i> Beban Kondisi 25% Full Load .....	59
Gambar 4.19. <i>Input Data</i> Beban Kondisi Kapal 50% Full Load.....	60
Gambar 4.20. <i>Input Data</i> Beban Kondisi Kapal 75% Full Load.....	62
Gambar 4.21. <i>Input Data</i> Beban Kondisi Kapal Full Load.....	63
Gambar 4.22 Bidang Garis Air.....	64
Gambar 4.23. Bidang Tengah Kapal.....	64
Gambar 4.24. Bidang Diametral Kapal.....	65
Gambar 4.25. Model 3D Lambung Kapal.....	65
Gambar 4.26. Menu <i>Design Grid</i> .....	66
Gambar 4.27. Tampilan <i>Dialog Box</i> pada <i>Design Grid</i> .....	66
Gambar 4.28. Langkah-langkah Mengatur <i>Station</i> .....	67
Gambar 4.29. Langkah-langkah Mengatur <i>Buttocks</i> .....	67
Gambar 4.30. Langkah-langkah Mengatur <i>Waterlines</i> .....	68
Gambar 4.31 Sket awal rencana umum <i>plain suction dredger</i> .....	69
Gambar 4.32 <i>Winch</i> untuk pipa .....	70
Gambar 4.33 <i>Winch</i> untuk pergerakan.....	70
Gambar 4.34 Spud .....	70
Gambar 4.35 Gambar 3D Model .....	71
Gambar 4.36 Material keruk dialirkan menuju truk pembuangan.....	72





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Bow Ship Coefficient</i> .....	9
Tabel 2.2 Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah.....	17
Tabel 2.3 Pemilihan Alat Keruk Berdasarkan Kemampuan Alat.....	18
Tabel 4.1 Jenis Material .....	25
Tabel 4.2 Jenis Tanah untuk Pemilihan Kapal Keruk (Okude, 1988) .....	27
Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Yang Dibutuhkan Dalam Perhitungan Ruang Muat .....	36
Tabel 4.4 Kapal pembanding <i>plain suction dredger</i> .....	37
Tabel 4.5 <i>Ratio of Main Dimentions</i> .....	38
Tabel 4.6 Rekapitulasi <i>Coefficient</i> .....	39
Tabel 4.7 Perhitungan resistance barge.....	40
Tabel 4.8 Perhitungan nilai k pada head loss suction .....	43
Tabel 4.9 Perhitungan nilai k pada head loss discharge floating pipe .....	44
Tabel 4.10 pemilihan pompa .....	46
Tabel 4.11. Nilai K Berdasarkan Jenis Tongkang .....	57
Tabel 4.12 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria.....	60
Tabel 4.13 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim.....	60
Tabel 4.14 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria.....	61
Tabel 4.15 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim.....	61
Tabel 4.16 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria.....	62
Tabel 4.17 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim.....	62
Tabel 4.18 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria.....	63
Tabel 4.19 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim.....	63
Tabel 4.20 Pipa Keruk .....	71
Tabel 5.1. Perhitungan Harga Pelat Kapal .....	73
Tabel 5.2. Perhitungan Harga Suction Set .....	73
Tabel 5.3. Perhitungan Harga <i>Square Piles</i> .....	74
Tabel 5.4. Perhitungan Harga <i>Main Engine</i> .....	74
Tabel 5.5. Perhitungan Harga Generator Set.....	74
Tabel 5.6. Perhitungan Harga Elektroda .....	75
Tabel 5.7 Estimasi Biaya Pengeluaran.....	77



## DAFTAR SIMBOL

L	= Panjang kapal (m)
Loa	= <i>Length overall</i> (m)
Lpp	= <i>Length perpendicular</i> (m)
Lwl	= <i>Length of waterline</i> (m)
B	= Lebar kapal (m)
T	= Sarat kapal (m)
H	= Tinggi lambung kapal (m)
Vs	= Kecepatan dinas kapal (knot)
Fn	= Froud number
Rn	= Reynolds number
Cb	= Koefisien blok
Cp	= Koefisien prismatik
Cm	= Koefisien midship
Cwp	= Koefisien <i>water plane</i>
$\rho$	= Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
g	= Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$\Delta$	= <i>Displacement</i> kapal (ton)
$\nabla$	= Volume displacement (m <sup>3</sup> )
LCB	= Longitudinal center of bouyancy (m)
VCG	= vertical center of gravity (m)
LCG	= Longitudinal center of gravity (m)
LWT	= Light weight tonnage (ton)
DWT	= <i>Dead weight tonnage</i> (ton)
W <sub>Total</sub>	= Hambatan total kapal (N)
WSA	= Luasan permukaan basah (m <sup>2</sup> )
$\nu$	= Koefisien viskositas kinematik (m <sup>2</sup> /s)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Berbagai program pengendalian dilakukan oleh Pemerintah Kota Jakarta, diantaranya pembangunan Banjir Kanal Timur (BKT). BKT dapat diibaratkan sebagai jalan tol untuk air di Jakarta agar dapat cepat sampai ke laut tanpa harus berhenti di tengah perjalanan dan menyebabkan genangan atau banjir. Tujuan pembuatan dari sungai buatan ini adalah menyalurkan aliran air hujan dan air dari hulu langsung ke laut, sehingga air tidak menggenangi Jakarta yang 40% wilayahnya berupa dataran rendah yang memiliki ketinggian di bawah permukaan laut.

BKT merupakan rencana kerja khusus untuk menangani banjir di wilayah DKI Jakarta, terutama di kawasan Timur dan Utara. BKT memiliki panjang sejauh 23,5 km, kedalaman antara 4 -7 meter. Dengan lebar di hulunya adalah 100 meter dan dibagian muara 200 meter. Kanal ini membentang dari Cipinang di Jakarta Timur hingga kawasan Marunda di Jakarta Utara. Kanal ini berperan sebagai saluran kolektor yang memotong lima sungai: Cipinang, Sunter Buaran, Jati Kramat, dan Cakung. Keberadaan kanal ini menjadi salah satu hal penting pada program pengendalian banjir ibukota. Terlihat dari kondisi curah hujan yang sangat tinggi pada desember-januari 2019 kemampuan sungai-sungai yang berada di daerah jakarta masih belum dapat menampung air dan mengalirkannya menuju laut. Selain menjadi sarana penyalur aliran air dari beberapa sungai, bantaran sungai ini juga dimanfaatkan sebagai tempat untuk bercocok tanam warga yang tinggal di daerah kanal tersebut.



Gambar 1.1 Denah Banjir Kanal Timur

(Sumber : Dispusip,2019)

Selain menjadi daerah penampungan air, bukan hanya air saja yang turut mengalir di sungai tersebut. Endapan atau sedimentasi dari berbagai sungai tersebut juga ikut mengalir

dalam aliran sungai tersebut. Per Tahun 2018 terdapat 357.000m<sup>3</sup> endapan lumpur yang terhitung hanya di kawasan *sand trap* yang berada di kawasan Menteng, Jakarta Utara. Kondisi ini tentunya akan menimbulkan masalah serius karena endapan yang terjadi dapat menimbulkan pendangkalan pada sungai tersebut dan daya tampung air akan berkurang. Pengerukan yang dilakukan oleh pihak pengelola menjadi kurang efektif dikarenakan oleh dimensi sungai yang cukup besar dan hanya menggunakan peralatan keruk yang biasa digunakan di darat seperti terlihat pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2 Pengerukan di kawasan *sandtrap* menggunakan peralatan darat**  
(sumber: jawapos, 2018)

Selain pada kawasan sand trap, di aliran sungai lain akan susah dilakukan pengerukan apabila menggunakan peralatan keruk darat karena sudah dimanfaatkan untuk tempat wisata dan lahan untuk bercocok tanam. Diperlukan sebuah alat keruk yang efektif untuk melakukan kerja capital dredging maupun maintenance dredging untuk menjaga kedalaman sungai tetap maksimal untuk menampung aliran air. Alat keruk ini harus mampu bekerja pada dimensi sungai yang ada dan dapat bekerja secara efektif. Keterbatasan yang dimiliki oleh peralatan darat dapat diantisipasi dengan menggunakan kapal keruk yang dapat bekerja pada kondisi sungai dapat bekerja optimum untuk melakukan pengerukan sesuai dengan material endapan yang ada pada sungai tersebut. Selain itu kapal keruk ini harus memiliki sistem penggerak sendiri untuk melakukan kerja maintenance dredging sepanjang aliran sungai yang memiliki panjang 23 km ini.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dari latar belakang yang ada, terdapat beberapa permasalahan yang dapat diambil, diantaranya :

1. Bagaimana menentukan jenis kapal keruk yang sesuai dengan kondisi Kanal Banjir Timur Jakarta?
2. Bagaimana menentukan *Operational Requirements* kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta?
3. Bagaimana menentukan ukuran utama dari kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta?
4. Bagaimana perhitungan stabilitas, freeboard, trim dan berat dari kapal keruk yang sesuai peraturan?
5. Bagaimana memperoleh Rencana Garis, General Arrangement dan 3D model kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta?
6. Bagaimana analisis ekonomis kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta?

## **1.3. Tujuan**

1. Menentukan jenis kapal keruk yang sesuai dengan kondisi Kanal Banjir Timur Jakarta;
2. Menentukan *Operational Requirements* kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta;
3. Menentukan ukuran utama dari kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta.
4. Menghitung stabilitas, *freeboard*, trim dan berat dari kapal keruk yang sesuai peraturan;
5. Memperoleh Rencana Garis, *General Arrangement* dan 3D model kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta;
6. Melakukan perhitungan harga & biaya operasional kapal keruk Kanal Banjir Timur Jakarta.

## **1.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan-batasan masalah dalam Proposal Tugas Akhir ini antara lain:

1. Perhitungan konstruksi kapal diabaikan.
2. Perencanaan kapal sebatas *concept design*.
3. Tidak membahas perencanaan transmisi dan engine secara detail.
4. Laju penambahan sedimen dianggap konstan.

### **1.5. Manfaat**

1. Membantu pengerukan, dan reklamasi Kanal Banjir Timur, Jakarta.
2. Mendukung program pencegahan banjir.

### **1.6. Hipotesis**

Mendapatkan desain kapal yang sesuai dengan karakteristik Kanal Banjir Timur dan dapat bekerja lebih cepat pada waktu pengerukan untuk mengatasi masalah pendangkalan di sungai ini.



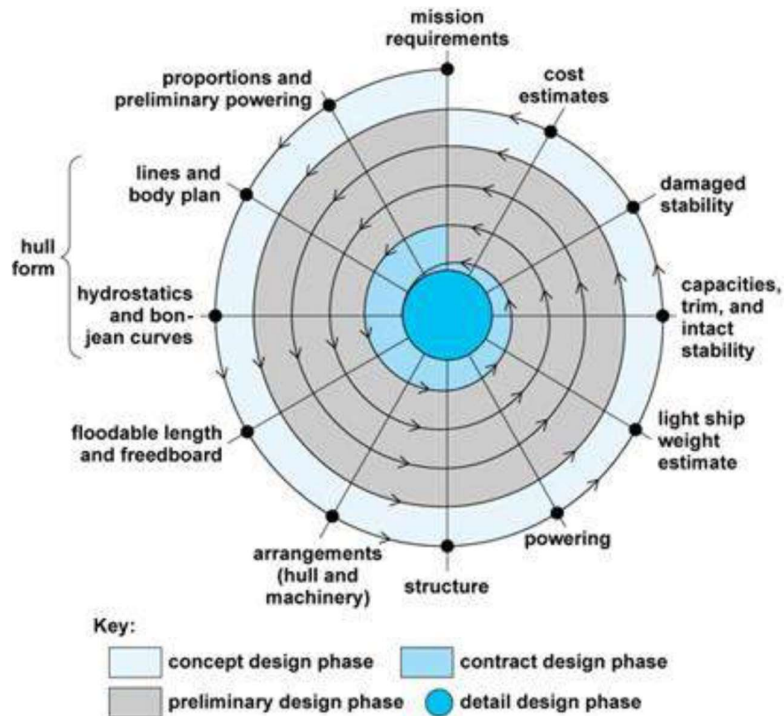
## BAB 2

### STUDI LITERATUR

#### 2.1. Dasar Teori

##### 2.1.1. Tahapan Desain Kapal

Dalam mendesain sebuah kapal, dibutuhkan tahapan-tahapan yang harus dilakukan agar jelas dan sistematis. Tahapan-tahapan yang dilakukan juga bukan hanya satu tahap saja, tetapi harus dilakukan berulang-ulang agar mendapatkan hasil yang baik. Seperti pada Gambar 2.1 tentang Design Spiral yang di dalamnya terdapat proses-proses yang harus dilalui seorang desainer dalam mendesain kapal.



Gambar 2.1 Design Spiral

(Sumber: Access Science, 2011)

Terdapat empat tahapan dalam Design Spiral ini, antara lain:

##### 1. Concept Design

Tahapan paling awal pada proses desain yang memiliki fungsi untuk menerjemahkan permintaan pemilik kapal sebagai ketentuan dasar desain kapal. Karena bernama konsep, rumus yang dipakai bisa memakai suatu pendekatan, kurva, atau pengalaman-pengalaman sebagai

perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal, biaya peralatan kapal, dan biaya perlengkapan kapal. Hasil dari tahap desain ini berupa ukuran utama kapal, dan gambar secara umum.

## 2. Preliminary Design

Tahapan ini adalah tahap pendalaman teknis yang akan memberikan detail lebih banyak daripada konsep desain. Adapun yang dimaksud detail adalah hal-hal yang memberikan dampak signifikan pada kapal seperti pendekatan awal biaya pembangunan kapal yang dibutuhkan. Yang dilakukan dalam tahap ini antara lain perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian midship kapal, perhitungan yang lebih akurat untuk berat dan titik berat, lambung timbul, stabilitas, dll. Dan pada tahap ini pula dilakukan pemeriksaan terhadap performance kapal.

## 3. Contract Design

Tujuan dari contract design adalah pembuatan dokumen secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Pada tahap ini masih memungkinkan dilakukan perbaikan hasil pada tahap sebelumnya yaitu preliminary design untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Lalu dokumen tersebut digunakan sebagai dasar dalam kontrak pembangunan kapal antara pemilik kapal dengan pihak galangan kapal. Terdapat komponen-komponen dari contract specification dan contract drawing antara lain arrangement drawing, structural drawing, structural details, machinery selection, propulsion arrangement, dll. Komponen-komponen di tahap ini sering juga disebut dengan key plan drawing. Key plan drawing harus benar-benar dapat merepresentasikan fitur-fitur kapal secara detail sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

## 4. Detail Design

Merupakan tahap terakhir dari siklus desain. Di tahap ini dilakukan pengerjaan yang lebih mendetail dari production drawing dan key plan drawing. Tahap ini mencakup semua yang dibutuhkan meliputi perhitungan dan rencana untuk membangun suatu kapal. Selain itu, pada tahap ini diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan detail konstruksi.

### 2.1.2. Geosim Procedure

Menurut (Barrass, 2004) dalam bukunya yang berjudul *Ship Design and Performance for Masters and Mates, The Geosim Procedure* merupakan salah satu metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal

pembandingan, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembandingan sebagai acuan. Metode ini biasa digunakan untuk menentukan ukuran utama pada kapal jenis baru dikarenakan keberadaan kapal yang masih terbatas dengan menggunakan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H) dengan CD (*Coefficient Displacement*) dan CB (*Coefficient Block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir serupa.

Adapun tahapan dalam penentuan ukuran utama menggunakan *The Geosim Procedure* seperti di bawah ini:

1. Menentukan nilai DWT (*Deadweight Tonnes*) kapal yang akan dirancang ( $W_2$ ),
2. Pengumpulan data kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan meliputi ukuran utama (L, B, T, H, DWT, dan displasemen). Kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan harus dengan tipe kapal yang sama dengan rasio ukuran utama yang memenuhi persyaratan.
3. Ukuran utama kapal yang akan dirancang ( $L_2$ ,  $B_2$ ,  $T_2$ , dan  $H_2$ ,) didapat dari ukuran utama kapal acuan ( $L_1$ ,  $B_1$ ,  $T_1$ , dan  $H_1$ ,) yang dikalikan dengan koefisien geometris (K).
4. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan *geosim* di bawah ini:

$$(L_2 / L_1)^3 = W_2 / W_1$$

$$L_2 / L_1 = (W_2 / W_1)^{1/3}$$

$$L_2 / L_1 = K$$

Di mana:

$W_2$  = DWT kapal yang dirancang (ton)

$W_1$  = DWT kapal acuan (ton)

5. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dari perhitungan:

$$L_2 = K \times L_1 \quad (m)$$

$$B_2 = K \times B_1 \quad (m)$$

$$T_2 = K \times T_1 \quad (m)$$

$$H_2 = K \times H_1 \quad (m)$$

### 2.1.3. Main Coefficient

Komponen-komponen berikutnya setelah didapatkan ukuran utama awal kapal adalah *main coefficient* yang meliputi *Froude Number* ( $F_n$ ), *Block Coefficient* ( $C_b$ ), *Prismatic Coefficient* ( $C_p$ ), *Midship Coefficient* ( $C_m$ ), dan *Waterplane Coefficient* ( $C_{wp}$ ). Berikut penjelasan masing-masing komponen tersebut:

1. Froude Number ( $F_n$ )

Angka *Froude* merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. Angka *Froude* dapat mendefinisikan kapal mana saja yang termasuk kapal lambat, kapal sedang, ataupun kapal cepat tergantung unsur-unsur yang dijelaskan di atas.

Formula *Froude Number* menurut (Lewis, 1988):

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \times L_{wl}}}$$

2. Block Coefficient ( $C_b$ )

Koefisien blok adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup terhadap volume balok yang menyelubunginya badan kapal yang tercelup.

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{wl} \times B \times T}$$

3. Prismatic Coefficient ( $C_p$ )

Koefisien prismatic adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup dengan volume prisma dengan penampang sebesar gading terbesar dan panjang.

$$C_p = \frac{\nabla}{L_{wl} \times A_m}$$

4. Midship Coefficient ( $C_m$ )

Koefisien *midship* adalah perbandingan antara luasan gading terbesar dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_m = \frac{A_m}{B \times T}$$

5. Waterplane Coefficient ( $C_{wp}$ )

Koefisien bidang air merupakan perbandingan antara luasan bidang air dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_{wp} = \frac{A_{wp}}{L_{wl} \times B}$$

#### 2.1.4. Hambatan Kapal

Hambatan kapal gaya yang bekerja pada kapal berlawanan arah dengan arah laju kapal yang berwujud fluida. Hambatan pada kapal perlu diketahui agar dapat mengetahui kebutuhan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Banyak hal yang mempengaruhi nilai hambatan antara lain ukuran utama kapal, kecepatan kapal, karakteristik badan kapal di bawah sarat, dll. Secara garis besar, hambatan kapal terbagi menjadi tiga yakni hambatan gesek (*frictional resistance*),

hambatan akibat gelombang (*wave-making resistance*), dan hambatan udara (*air resistance*). Karena pada Tugas Akhir ini kapal yang digunakan termasuk ke dalam jenis tongkang, maka rumus hambatan yang digunakan adalah dari *Korean Register*.

1. *Frictional Resistance*

Menurut *Korean Register*, rumus yang digunakan untuk menghitung hambatan gesek yakni:  $R_f = 0,000136 \times F_1 \times A_1 \times v^2$

Di mana,  $F_1$  = *Hull surface condition coefficient*, (0,8)

$A_1$  = *Surface area below waterline* (m<sup>2</sup>)

$v$  = *Velocity* (knots)

2. *Wave Making Resistance*

Merupakan hambatan akibat gelombang air yang timbul saat kapal bergerak. *Korean Register* merumuskan hambatan akibat gelombang pada tongkang sebagai berikut:

$$R_w = 0,014 \times C \times F_2 \times A_2 \times v^2$$

Di mana,



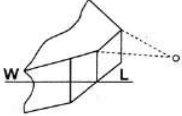
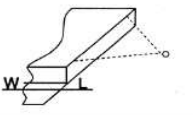
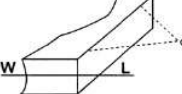
$C$  = *Resistance coefficient of rough sea*, (1,2)

$F_2$  = *Bow shape coefficient as obtained from Tabel 2.1*

$A_2$  = *Hull cross sectional area below the waterline* (m<sup>2</sup>)

$v$  = *Velocity* (knots)

**Tabel 2.1 Bow Ship Coefficient**

Bow shape	$F_2$
	0.2/0.4
	0.3/0.5
	0.4/0.6
	0.3/0.5
	0.8/1.0

(Sumber: *Korean Register Rules*, 2010)

### 2.1.5. Berat dan Titik Berat Kapal

Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal Kosong pada Tugas Akhir ini menggunakan perhitungan pos per pos. Perhitungan pos per pos adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai berat dan titik berat pada kondisi kapal kosong. Di mana dalam satu kapal dibagi menjadi beberapa bagian blok / pos per pos (biasanya panjang bloknnya disesuaikan dengan panjang baja di pasaran) lalu semua komponen yang ada di tiap blok akan dihitung (hanya mencakup *Lightweight* saja). Hasil dari perhitungan pos per pos ini adalah berupa berat, LCG, dan VCG dari tiap blok. Lalu setelah didapatkan nilai-nilai tersebut, maka dapat didapatkan berat kapal kosong keseluruhan, LCG kapal, dan VCG kapal.

#### 1. Berat *Deadweight Tonnage* (DWT)

- *Payload* (Berat Muatan)
- Berat Muatan didapatkan dari ketentuan dari pemilik kapal pada *owner requirements* yang nantinya menjadi dasar seorang desainer dalam mendesain kapal.
- Berat *Crew*
- Berat kru secara rinci akan dibahas di Bab IV.
- Berat Bahan Bakar (*Fuel Oil*)
- Berat bahan bakar secara rinci akan dibahas di Bab 4.

#### 2. Titik Berat

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut di mana berat dari seluruh bagian benda terpusat pada titik tersebut. Dasar teori itulah yang dijadikan landasan dalam merancang kapal, di mana perhitungan titik berat gabungan kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dan lain-lain. Untuk perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*) untuk mengetahui di mana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP, *midship*, atau FP sebagai titik acuannya, dan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity / VCG*) guna mengetahui letak

titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas (*keel*) sebagai titik acuan untuk mengukur VCG.

#### **2.1.6. Freeboard (Lambung Timbul)**

Lambung Timbul adalah jarak yang diukur secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. Perhitungan lambung timbul merupakan aspek penting yang harus dilakukan seorang desainer dalam mendesain kapal. Persyaratan tentang lambung timbul kapal secara umum terdapat dalam peraturan Internasional ICLL (*International Convention on Load Lines*), *Korean Register Rules* (untuk *barges*), dan peraturan-peraturan dari klasifikasi lainnya.

#### **2.1.7. Stabilitas Kapal**

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan keseimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

1. Titik K (*keel*) yaitu titik terendah kapal yang umumnya terletak pada lunas.
2. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
3. Titik G (*gravity*) yaitu titik tekan ke bawah yang merupakan titik pusat dari berat kapal.
4. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Keseimbangan stabil, kondisi di mana letak titik G berada di bawah titik M.
2. Keseimbangan labil, kondisi di mana letak titik G berada di atas titik M.

Keseimbangan *indeferent*, kondisi di mana letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Terdapat beberapa metode dalam menentukan besaran kapal. Untuk metode yang digunakan untuk desain *dredger* ini sesuai dengan metode yang dijelaskan oleh (Manning) yang mempertimbangkan besar lengan pengembali GZ. Untuk perhitungan GZ dapat didapatkan seperti berikut:

$$GZ = GG' \sin \emptyset + b_1 \sin 2\emptyset + b_2 \sin 4\emptyset + b_3 \sin 6\emptyset$$

Di mana,

$\emptyset$  = Sudut inklinasi

$$GG' = KG' - KG$$

$$b1 = \frac{9x(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}$$

$$b2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$b3 = \frac{3x(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3x(G'B_{90} - G'B_0)}{8}$$

## 2.2. Tinjaun Pustaka

### 2.2.1. Pengerukan

Pengerukan adalah suatu pekerjaan mengubah bentuk dasar perairan untuk mencapai kedalaman dan lebar yang dikehendaki atau untuk mengambil material dasar laut perairan yang dipergunakan untuk keperluan tertentu. (Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 2015).

Pengerukan adalah bagian dari Ilmu Sipil yang berarti pemindahan material dari dasar bawah air, atau setiap kegiatan yang merubah konfigurasi dasar atau kedalaman perairan seperti laut, pantai, sungai, danau, ataupun daratan untuk mencapai suatu elevasi tertentu dengan menggunakan peralatan keruk (Mahendra, 2014).

### 2.2.2. Pekerjaan Pengerukan

Pekerjaan pengerukan meliputi dua jenis kegiatan, yaitu pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya tidak dimanfaatkan atau dibuang dan pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dimanfaatkan. Selain itu pengerukan dapat dikategorikan dalam dua pekerjaan yaitu pekerjaan pengerukan awal dan pengerukan untuk pemeliharaan alur pelayaran dan atau kolam pelabuhan. Sedangkan Pekerjaan pengerukan terdiri dari tiga kegiatan, yaitu pelaksanaan pengerukan, transportasi material keruk ke lokasi pembuangan dan kegiatan pembuangan material keruk di lokasi pembuangan material keruk (*Dumping area*). (Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2006)

### 2.2.3. Perencanaan Pengerukan

Beberapa ketentuan teknis berdasarkan Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi tahun 2006 meliputi unsur-unsur berikut:



1. Perencanaan desain alur dan kolam pelabuhan yang berkaitan dengan pekerjaan pengerukan, pembangunan dan pemeliharaan harus sepengetahuan Direktur Jendral Perhubungan Laut.
2. Untuk pekerjaan pengerukan awal, harus didahului dengan penyelidikan tanah, setidaknya meliputi test *Spesific gravity* dan *Standard Penetration Test* (SPT) dan kadar garam (*Salinity*). Keadaan tanah dasar diperiksa untuk dua keperluan, pertama kemudahannya untuk di keruk (*Excavability*) dan kedua pengangkutannya (*Transportability*).
3. Penentuan/penetapan posisi alur pelayaran/kolam pelabuhan pada peta *Sounding*.
4. Pengerukan di daerah sekitarnya.
5. *Alignment* alur pelayaran, lengkungan pada alur sedapat mungkin dihindari bila lengkungan harus ada diusahakan bentuk geometris alur yang melengkung tersebut membentuk sudut tidak lebih dari 30°, sedangkan jari-jari kurva lengkungan minimal empat kali dari panjang kapal.

#### **2.2.4. Klasifikasi Pengerukan**

Berdasarkan pemanfaatan material keruknya, pekerjaan pengerukan dibagi atas:

- a. Pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dapat dimanfaatkan, di mana hasil pemanfaatannya harus mendapatkan persetujuan dari instansi yang berwenang.
- b. Pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dibuang atau tidak dimanfaatkan, sesuai rekomendasi dari syahbandar dan penyelenggara pelabuhan terdekat.

Sedangkan berdasarkan jenis kegiatannya, dibagi atas:

- a. Kegiatan pembangunan atau pengerukan awal (*Capital Dredging*)

*Capital Dredging* adalah kegiatan pengerukan untuk membuat suatu konfigurasi dasar laut, sungai, atau danau yang baru.

- b. Kegiatan pengerukan pemeliharaan (*Maintenance Dredging*)

*Maintenance Dredging* adalah kegiatan pengerukan untuk mempertahankan konfigurasi dasar laut, sungai, atau danau tersebut.

#### **2.2.5. Tujuan Pengerukan**

Adapun berikut beberapa tujuan pengerukan dilakukan:

1. Konstruksi dan reklamasi

Untuk memperoleh material bangunan seperti kerikil, pasir, dan tanah liat atau untuk menimbun lahan dengan material kerukan sebagai tempat membangun daerah industri, permukiman, jalan, dsb.

#### 2. Pertambangan

Untuk mendapatkan mineral, permata, logam mulia, dan pupuk.

#### 3. Pelayaran (Navigasi)

Untuk perluasan, pemeliharaan, dan perbaikan sarana lalu lintas air dan pelabuhan. Untuk membuat pelabuhan, memperdalam kolam pelabuhan (*turning basin*), dan fasilitas lainnya.

#### 4. Pengendalian banjir

Untuk memperbaiki dan melancarkan aliran sungai dengan memperdalam dasar sungai atau fasilitas pengendali banjir lainnya seperti tanggul atau bendungan.

#### 5. Tujuan lainnya

Untuk penggalian pondasi bawah air dan penanaman pipa saluran air atau pembuatan terowongan. Untuk membuang polutan dan mendapatkan air yang berkualitas. (Rohim, 2003)

### 2.2.6. Metode Pengerukan

Metode pengerukan menurut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan tahun 2015 yaitu:

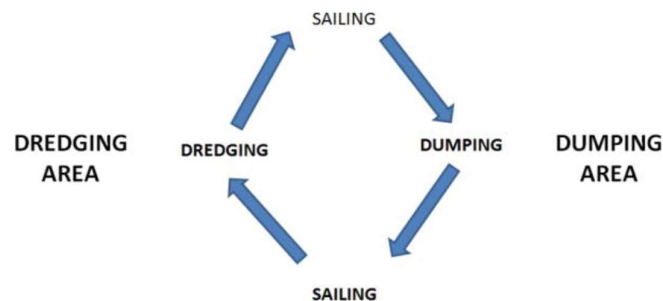
1. Pekerjaan pengerukan secara garis besar dapat dibagi dalam tiga proses utama, yakni : penggalian, pengangkutan, dan pembuangan.
2. Metode pekerjaan pengerukan dapat dilaksanakan dengan jenis kapal keruk *hopper* dan *non hopper*.
3. Untuk material keruk yang keras, semisal karang, pekerjaan pengerukan dapat dilaksanakan dengan beberapa cara yaitu:
  - a. Penggalian material karang dengan metode pemecahan karang melalui gelombang pendek atau *microwave*.
  - b. Penggalian material karang dengan metode peledakan karang kemudian pemindahan material keruk dengan sistem pengerukan normal.
  - c. Penggalian material karang dengan metode mekanikal kemudian pemindahan material keruk dengan sistem pengerukan normal.

- d. Pemotongan karang dengan menggunakan peralatan tekanan tinggi.
4. Penggalan material keruk karang dengan metode peledakan harus mendapatkan izin dari instansi yang berwenang.

#### 2.2.7. Siklus Waktu Pengerukan

Proses pengerjaan pengerukan akan melalui 4 tahap, yaitu:

- 1 Tahapan memotong/*excavating*
- 2 Tahapan menaikkan/*lifting*
- 3 Tahapan mengangkut/*transportation*
- 4 Tahapan membuang/*dumping*



**Gambar 2.2.**Siklus Pengerukan  
(sumber : Mahendra,2014)

Gambar 2.2 adalah siklus pengerukan dan tahapan yang dilakukan pada dasarnya hanya dengan tiga mekanisme, yakni:

1. Pengerukan Hidrolik

Pengerukan untuk material yang lepas/*loose*/tidak padat, biasanya untuk *Maintenance Dredging*

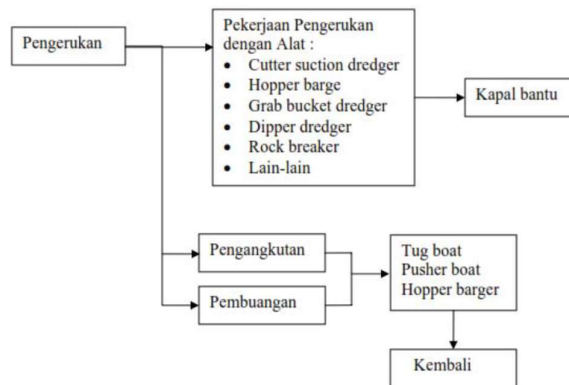
2. Pengerukan Mekanik

Pengerukan untuk material yang padat/*solid*, biasanya untuk *Maintenance Dredging* dan *Capital Dredging*.

3. Pengerukan Hidrolik dan Mekanik

Kombinasi dari kedua metode sebelumnya, biasanya untuk material keras dan perlu dipotong sebelum material dihisap.

Ketiga cara pengerukan di atas juga menggunakan alat bantu untuk transportasi dan pembuangan material hasil pengerukan. (Mahendra, 2014)



**Gambar 2.3** Aktivitas pengerukan  
(sumber : Mahendra,2014)

Gambar 2.3 merupakan aktivitas pengerukan mulai dari pengerukan dengan alat-alat bantu sampai dengan pembuangan dan seterusnya.

#### 2.2.8. Pemilihan Jenis Alat Keruk

Jenis alat keruk berdasar penggeraknya dibedakan berdasarkan yang memiliki alat penggerak sendiri dan tanpa alat penggerak sendiri, di mana masing-masing jenis alat keruk memiliki kinerja berbeda untuk berbagai keadaan cuaca dan material tanah dasarnya.

Pemilihan jenis kapal keruk sangat penting dikarenakan dapat meningkatkan hasil yang lebih efisien dan lebih ekonomis, optimalisasi pengerukan, dan untuk mengurangi dampak dari sedimentasi.

Pemilihan jenis dan kapasitas kapal keruk ditentukan oleh:

- Maksud dan tujuan dilakukan pengerukan (pemeliharaan kedalaman alur/kolam pelabuhan dan pembuatan alur/kolam pelabuhan).
- Kedalaman awal alur atau kolam.
- Jenis material keruk (pasir, lumpur, tanah liat/*clay* dan karang)
- Lokasi pekerjaan
- Volume keruk
- Jarak ke area pembuangan (*dumping area*)

Pemilihan alat keruk harus disesuaikan dengan jenis material dasar yang dikeruk diklasifikasikan sebagaimana Tabel 2.2 dibawah ini:

**Tabel 2.2 Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah**

Jenis Tanah			Jenis Alat Keruk					
Klasifikasi	Keadaan	N	<i>Pump Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Dipper Dredger</i>	<i>Rock Breaker</i>
Tanah Lempung	Sangat lunak	<4	√	√	√	√		
	Lunak	4	√	√	√	√		
	Sedang	10	√	√	√	√		
	Keras	10	√		√	√		
	Lebih keras	20	√		√	√	√	√
	Sangat keras	20	√		√	√	√	√
Tanah Kepasiran	Lunak	<10	√	√	√	√		
	Sedang	10	√	√	√	√		
	Keras	20	√	√	√	√		
	Lebih keras	20	√		√	√	√	√
	Sangat keras	30	√		√	√	√	√
Klasifikasi	Keadaan	N	<i>Pump Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Dipper Dredger</i>	<i>Rock Breaker</i>
Tanah Lempung Berkerikil	Lunak	<30	√	√	√	√	√	√
	Keras	>30	√	√	√	√	√	√
Tanah Kepasiran Berkerikil	Lunak	<30	√		√	√	√	√
	Keras	>30	√		√	√	√	√
Batu	Lebih lunak	40	√		√	√	√	√
	Lunak	50	√		√	√	√	√
	Sedang	50			√	√	√	√
	Keras	60			√			√
	Lebih keras	60			√			√
	Sangat keras	60			√			√
Kerikil	Lepas		√		√	√		
	Menyatu		√		√	√	√	

Sumber: Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2006

Pemilihan alat keruk perlu disesuaikan dengan kemampuan alat keruk sebagaimana Tabel 2.3 di bawah ini:

**Tabel 2.3 Pemilihan Alat Keruk Berdasarkan Kemampuan Alat**

Kemampuan Alat Keruk	Bucket Dredger	Grab Dredger	Backhoe Dredger	Suction Dredger	Cutter Dredger	Trailer Dredger	Hopper Dredger
Dapat mengeruk material	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Dapat mengeruk material lempung	Ya	Ya	Ya	Tidak	Ya	Ya	Tidak
Dapat mengeruk material batuan	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
Memiliki kabel jangkar	Ya	Ya	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Ya
Kedalaman pengerukan maksimum(m)	30	>100	20	70	25	100	50
Melakukan pengerukan secara akurat	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Ya
Dapat digunakan pada kondisi offshore	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Tidak
Pengangkutan menggunakan pipa	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
Dapat mengeruk tanah padat langsung di tempat	Ya	Ya	Ya	Tidak	Terbatas	Tidak	Tidak

Sumber: Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2006

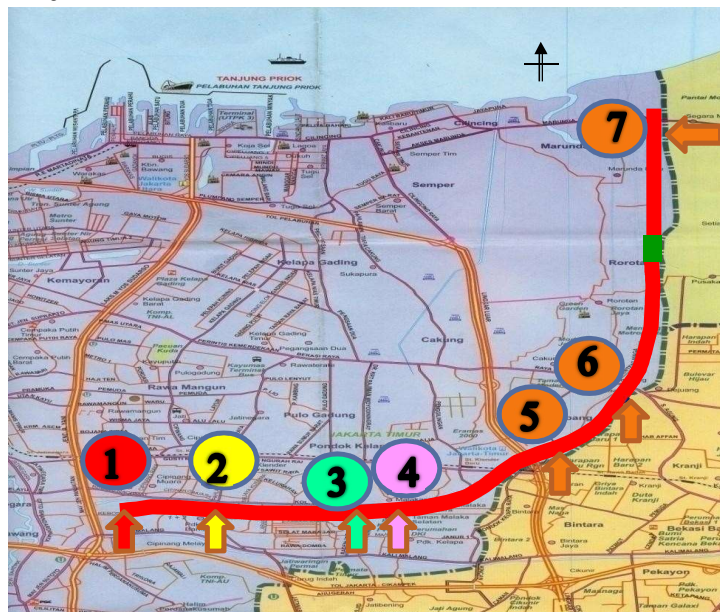
### **2.2.9. Kanal Banjir Timur**

Pembangunan Kanal Banjir Timur merupakan salah satu upaya pengendalian banjir Jakarta pada masa modern ini, di samping pembuatan waduk dan penempatan pompa pada daerah-daerah yang lebih rendah dari permukaan air laut. Terusan itu akan menampung semua arus air dari selatan dan dibuang ke laut melalui bagian-bagian hilir kota. Kelak, terusan itu dikenal dengan nama Kanal Banjir Barat (KBB) dan Kanal Banjir Timur (KBT). Penyebutan KBB dan KBT memang beragam. Soehoed menggunakan istilah Terusan Banjir Barat dan Terusan Banjir Timur, sementara ada juga yang menyebutkan sebagai Banjir Kanal Barat (BKB) dan Banjir Kanal Timur (BKT).

Pembangunan Kanal Banjir Timur merupakan salah satu upaya pengendalian banjir Jakarta pada masa modern ini, di samping pembuatan waduk dan penempatan pompa pada daerah-daerah yang lebih rendah dari permukaan air laut. Julianery (2007) menyebutkan, pembangunan Banjir Kanal Timur merupakan upaya pengendalian banjir di wilayah timur dan utara Jakarta. Ini merupakan kelanjutan dari proyek saluran banjir Kanal Banjir Barat yang dibangun mulai 1922 pada masa Hindia-Belanda.

KBT merupakan rencana kerja khusus untuk menangani banjir di wilayah DKI Jakarta, terutama di kawasan Timur dan Utara. KBT memiliki panjang sejauh 23,5 km, kedalaman antara 4 -7 meter. Dengan lebar di hulunya adalah 100 meter dan dibagian muara 200 meter. Kanal ini membentang dari Cipinang di Jakarta Timur hingga kawasan Marunda di Jakarta Utara. Kanal ini berperan sebagai saluran kolektor yang memotong lima sungai: Cipinang, Sunter Buaran, Jati Kramat, dan Cakung. Selain menjadi sarana penyalur aliran air dari beberapa sungai, bantaran sungai ini juga dimanfaatkan sebagai tempat untuk bercocok tanam warga yang tinggal di daerah kanal tersebut.

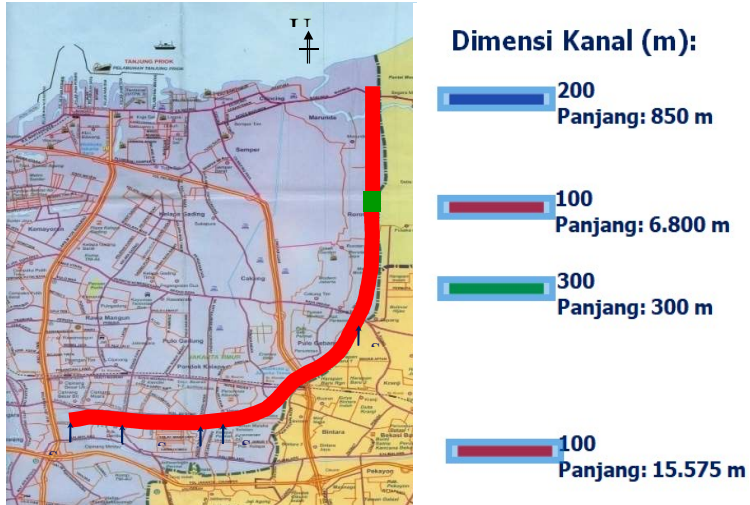
#### 2.2.10. Dimensi Banjir Kanal Timur



**Gambar 2.4 Denah Banjir Kanal Timur**  
(Sumber : BBWS Ciliwung Cisadane, 2010)

Dari Gambar 2.4 Banjir kanal Timur memotong 7 aliran sungai yaitu :

1. Sungai Cipinang
2. Sungai Sunter
3. Sungai Buaran
4. Sungai Jatikramat
5. Sungai Cibening'
6. Sungai Cakung
7. Sungai Blencong



**Gambar 2.5 Daerah operasi kapal keruk**  
(Sumber : BBWS Ciliwung Cisadane, 2010)

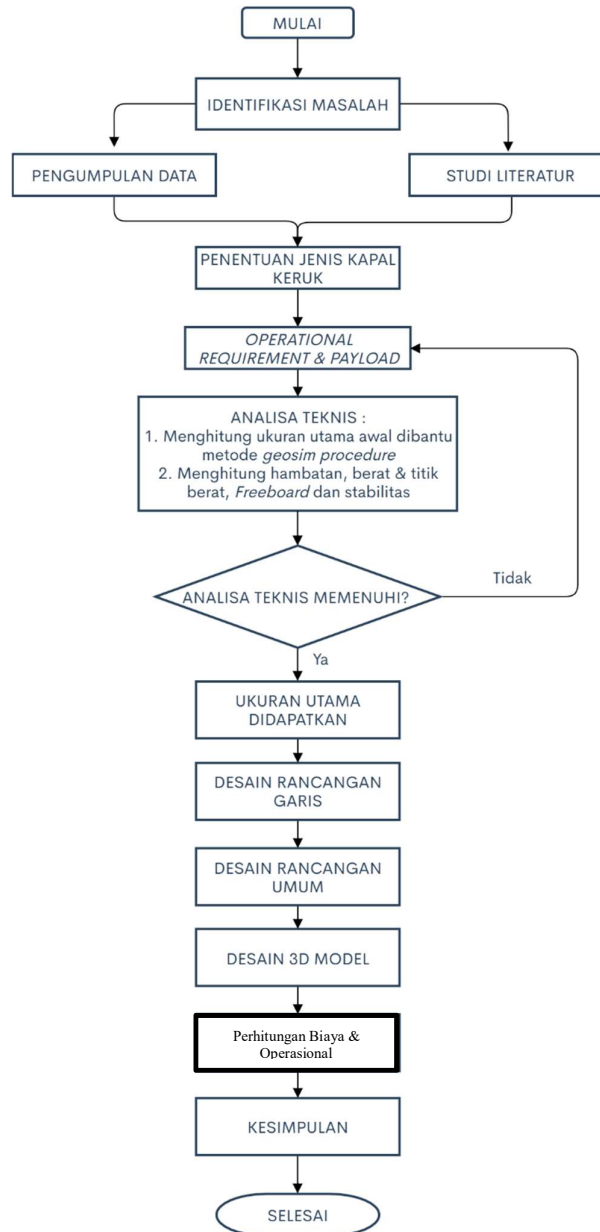
Untuk dimensi panjang kanal dapat dilihat pada Gambar 2.5 daerah pengerukan utama difokuskan pada kawasan hijau seperti yang terlihat pada gambar.



## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1. Bagan Alir

Metodologi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dijelaskan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### **3.2. Proses Pengerjaan**

Pada Bab 3.2 ini akan dijelaskan tahapan pengerjaan yang akan dilakukan dari tahap pengumpulan data hingga tahap menggambar desain Rencana Garis dan desain Rencana Umum.

#### **3.2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Tahap yang dilakukan pertama kali adalah identifikasi dan perumusan masalah terhadap obyek yang dijadikan Tugas Akhir ini. Identifikasi dilakukan guna mengetahui masalah apa saja yang dapat timbul dari obyek yang dituju antara lain tentang Kanal Banjir Timur, kapal keruk jenis backhoe dredger, dsb. Kemudian dari hasil identifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah dari masalah yang telah didapatkan. Fungsi dari perumusan masalah tidak lain agar penyelesaian dari masalah yang dibahas jelas.

#### **3.2.2. Pengumpulan Data dan Studi Literatur**

Tahap selanjutnya yakni mengumpulkan data dan studi literatur. Pengumpulan data sangatlah diperlukan untuk mengetahui segala hal tentang obyek yang akan ditinjau. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain, pengumpulan data primer dan sekunder. Selain mengumpulkan data, pengumpulan studi literatur juga harus dilakukan guna memperkuat teori yang dipakai. Studi literatur yang dicari harus berhubungan dengan obyek yang akan dibahas, setidaknya dasar teori yang digunakan harus sesuai.

#### **3.2.3. Menentukan Operational Requirements dan Payload**

Setelah berbagai data dan studi literatur dikumpulkan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan Operational Requirements dan Payload dari dredger. Penentuan Operational Requirements ini meliputi batasan-batasan yang harus diperhatikan agar desain kapal mampu beroperasi di area Kanal Banjir Timur, mulai dari lebar minimum sungai, kedalaman sungai, panjang sungai yang ditinjau, jenis sedimentasi sungai, dan ketinggian sedimentasi sungai. Dari Operational Requirements tersebut akan dapat digunakan untuk menentukan Payload (muatan) pada dredger.

#### **3.2.4. Penentuan Ukuran Utama Awal dan Kapasitas Ruang Muat**

Setelah Operational Requirements dan Payload ditentukan, selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal dan kapasitas ruang muat. Dalam menentukan kapasitas ruang muat tentunya berdasarkan dari Payload kapal agar tidak over specification ataupun kurang. Cara dari bagaimana menentukan kapasitas ruang muat akan dijelaskan pada analisis teknis.

Kemudian dari kapasitas ruang muat, maka ukuran utama awal kapal dapat ditentukan. Ukuran utama awal kapal ini nantinya akan digunakan pada berbagai perhitungan analisis teknis. Ukuran utama awal ini bersifat sementara karena akan dioptimasi nilainya berdasarkan peninjauan banyak hal dalam perhitungan teknis.

### **3.2.5. Menghitung Analisis Teknis dan Ekonomis**

Tahap selanjutnya adalah menghitung analisis teknis kapal dan *building cost* (biaya pembangunan kapal). Perhitungan teknis tentunya berdasarkan ukuran utama awal yang telah didapatkan sebelumnya. Perhitungan analisis teknis yang dilakukan meliputi perhitungan main coefficient, hambatan kapal, daya mesin yang dibutuhkan kapal, berat dan titik berat freeboard (lambung timbul), dan stabilitas. Setelah dilakukan perhitungan teknis, proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya operasional kapal. Perhitungan ini meliputi biaya total komponen-komponen apa saja yang terdapat pada kapal.

### **3.2.6. Desain Lines Plan, Rencana Umum, dan 3D Model**

Pada tahap ini, proses pembuatan model 3D, gambar Rencana Garis, dan gambar Rencana Umum diperoleh dari software Maxsurf Modeler Advanced. Dari sini kemudian dibentuk kapal dan disesuaikan dengan karakteristik analisis teknis yang telah dihitung. Jika telah didapatkan karakteristik badan kapal yang sesuai, maka selanjutnya mengatur Design Grid (yang berisi section, waterlines, buttock, dan diagonals) untuk mendapatkan Rencana Garis kapal. Setelah itu, hasil Rencana Garis dari Maxsurf Modeler Advanced di export ke AutoCAD untuk di-redraw agar lebih baik gambarnya. Dan tahap selanjutnya, Gambar Rencana Umum dapat dibuat juga dari software AutoCAD.

### **3.2.7. Kesimpulan**

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan. Kesimpulan yang didapatkan harus mampu menjawab tujuan yang ada dalam Tugas Akhir ini meliputi penentuan ukuran utama Dredger untuk operasi wilayah Kanal Banjir Timur, gambar Rencana Garis, Rencana Umum, model 3D, dan biaya pembangunan kapal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 4 ANALISIS TEKNIS

### 4.1. Dasar Pemilihan Kapal Keruk

Terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan kapal keruk yang sesuai dengan kondisi perairan, dalam kasus ini adalah Kanal Banjir Timur. Kondisi Kanal Banjir Timur antara lain :

**Tabel 4.1 Jenis Material**

*Tabel III-18 Karakteristik Sedimen*

Lokasi	Distribusi Partikel				Total bahan organik	Tipe Sedimen
	Lempung	Lanau	Pasir	Kerikil		
	%					
2.1.a (Cengkareng Drain)	65	31,6	3,4	-	4,20	Lempung berlanau
2.1.b (Cengkareng Drain)	28,7	52,7	16,1	2,5	3,85	Lanau berlempung dan pasir
2.3.a (Kanal Sunter)	35,0	41,3	21,2	2,5	4,23	Lanau berlempung dan pasir
2.3.b (Kanal Sunter)	49,5	42,3	5,3	2,9	4,09	Lempung berlanau
2.3.c (Kanal Sunter)	44,0	31,7	19,8	4,5	8,15	Lempung berlanau
2.3. (Kanal Sunter)	45,8	41,9	12,0	0,4	6,75	Lempung berlanau
3.4.a (Ciliwung – Gunung Sahari)	35,8	29,3	27,9	6,9	7,39	Lanau berlempung dan pasir
3.4.b (Ciliwung – Gunung Sahari)	46,4	32,1	20,7	0,9	7,27	Lanau berlempung dan pasir
3.5.a (Sentiong – Sunter)	26,2	27,6	38,0	8,2	9,40	Lanau berlempung dan pasir
3.5.b (Sentiong – Sunter)	25,8	28,4	43,6	2,1	8,48	Lanau berlempung dan pasir
4.2 (Waduk Melati)	35,7	23,4	30,9	10,0	13,77	Lanau berlempung dan pasir

Sumber: Preliminary Assessment of Sediment Quality, World Bank (2008)

- Material yang akan di keruk terdiri dari endapan alluvial pantai perairan dangkal berupa lumpur halus yang kaya kandungan airnya dan sedikit campuran pasir, seperti terlihat pada Tabel 4.1 diatas.
- Endapan yang akan dikeruk meliputi Aliran Kanal sepanjang 23 km dari mulut muara sungai.
- Sarat perairan minimal saat ini di kawasan *sand trap* adalah 2,5 ~ 3,5 m LWS.
- Volume area pengerukan untuk kawasan *sand trap* diperkirakan sebesar 400.000 m<sup>3</sup>, dengan kedalaman yang direncanakan 4 m LWS
- Diasumsikan selama pengerjaan pengerukan berlangsung laju volume pengendapan per tahun dianggap konstan

Kapal keruk yang akan dirancang harus dapat memenuhi kriteria awal berdasarkan kondisi material endapan dan kondisi umum alur Kanal Banjir Timur. Kriteria tersebut antara lain :

1. Dapat mengeruk secara efisien, dan dapat bekerja dengan cepat sesuai dengan tingkat pengendapan dan volume pengerukan yang cukup tinggi.
2. Kapal keruk yang akan dioperasikan harus memiliki sarat yang cukup rendah,  $\pm 1$  m.
3. Dapat digunakan untuk menunjang pengembangan pelabuhan Tanjung Priuk.

Untuk pekerjaan pengerukan alur Kanal Banjir Timur, Jakarta, ada beberapa jenis kapal keruk yang perlu dianalisa terkait kondisi geografis sungai tersebut, yaitu sebagai berikut :

#### 1. Kapal keruk grab dan *backhoe*

Kapal keruk tipe *grab* dan kapal keruk tipe *backhoe* memiliki karakteristik yang sama, hanya berbeda pada alat keruknya. Material yang telah dikeruk dimuat oleh tongkang yang berlayar dari dan menuju tempat pembuangan (*dumping area*). Kapal keruk jenis ini sesuai untuk mengeruk daerah yang kecil dan terlindung, di lepas pantai yang melibatkan volume keruk dalam jumlah sangat besar dan *dumping area* yang jauh, kapasitas pengerukan yang ada terlalu kecil sehingga tidak efisien.

#### 2. *Cutter Suction Dredger*

Kapal ini merupakan jenis kapal keruk stationer, ketika beroperasi, posisinya ditunjang oleh dua buah spud dibelakang dan jangkar di bagian muka. Tanah yang di keruk dipotong menjadi bagian-bagian kecil oleh cutter dan secara hidrolis dihisap oleh satu atau lebih pompa hisap lalu dialirkan melalui pipa terapung atau dimuatkan ke tongkang yang akan berlayar menuju area pembuangan (*dumping area*).

#### 3. *Trailing Suction Hopper Dredger*

Tipe kapal keruk ini sesuai untuk melaksanakan *capital dredging* maupun *maintenance dredging*, baik di pelabuhan, alur sungai, maupun muara sungai. Digunakan secara luas di seluruh dunia dengan kapasitas bak pengangkut/ *hopper* yang bervariasi dari 500 ~ 23000 m<sup>3</sup>. Kekurangan utama TSHD adalah kedalaman minimum yang diperlukan lebih besar dari sarat kapal maksimum, sekitar 6 ~ 10 m, tergantung dari ukuran kapal dan kapasitas bak penampungnya.

#### 4. *Suction Dredger tanpa Cutter (Plain Suction Dredger)*

Hampir sama dengan *cutter suction dredger*, hanya saja kapal keruk jenis ini tidak dilengkapi dengan *cutter*/bor sehingga hanya cocok untuk mengeruk tanah lunak. Kapal keruk tipe ini sangat sesuai untuk melakukan *capital dredging* yang melibatkan tanah lunak, memompakan material keruk dari jarak yang jauh menuju daratan atau lepas pantai, dan pengerukan pada daerah yang dangkal.

**Tabel 4.2 Jenis Tanah untuk Pemilihan Kapal Keruk (Okude, 1988)**

Tanah			Jenis Kapal Keruk					
Jenis	Keadaan	N	TSHD	CSD	GD	BD	DD	RB
Lempung	Soft mud	-4	↑					
	Soft	-10						
	Medium	10-20		↑	↑	↑	↑	
	Hard	-30						
	Hardest	30-						
Pasir	Soft	-10	↑					
	Medium	-20						
	Hard	-30					↑	↑
	Hardest	30-						
Pasir + Kerikil	Soft	-30						
	Hard	30-						
Batu	Soft	40-50						

Keterangan :

TSHD : *Trailing Suction Hopper Dredger* (Kapal Keruk Pengikat Lumpur)

CSD : *Cutter Suction Dredger* (Kapal Keruk Bor Penghisap)

GD : *Grab Dredger* (Kapal Keruk Ember Cakram)

BD : *Backhoe Dredger* (Kapal Keruk Timba)

DD : *Dipper Dredger* (Kapal Keruk Cangkram)

RB : *Rock Breaker* (Kapal Pemecah Batu)

Melihat uraian Tabel 4.2 di atas, dapat disimpulkan bahwa TSHD tidak dapat dipilih sebagai kapal keruk untuk alur Kanal Banjir Timur karena saratnya yang melebihi kedalaman perairan. Sedangkan kapal keruk *grab* dan *backhoe* kapasitas keruknya terlalu kecil jika

dibandingkan volume pengerukan sehingga tidak menguntungkan secara ekonomis. Penggunaan *cutter/bor* hanya sesuai untuk jenis material yang keras sehingga tidak sesuai untuk pekerjaan pengerukan alur Kanal Banjir Timur. Selain itu sedimentasi dasar di perairan Kanal Banjir Timur sebagian besar berupa lumpur yang terdiri dari lumpur halus yang sedikit bercampur dengan pasir. Oleh karena itu kapal keruk yang sesuai untuk pekerjaan pengerukan alur Kanal Banjir Timur adalah kapal keruk jenis *suction dredger* tanpa *cutter* (*plain suction dredger*) mengingat jenis material keruk berupa lumpur halus yang kaya kandungan air, sarat yang rendah, serta kecepatan produksi yang cukup tinggi.

## 4.2. Dumping Area

### 4.2.1. Penentuan Dumping Area

*Dumping area* sangat diperlukan selama pengerukan. *Dumping area* perlu ditentukan dengan baik agar tidak terjadi pengendapan kembali oleh material yang telah dikeruk. Ada beberapa alternatif untuk *dumping area*:

#### 1. Dumping di daratan (di tepi sungai)

Material keruk diarahkan ke daratan di tepi sungai sebagai tanah reklamasi. Di masa mendatang reklamasi ini dapat dimanfaatkan untuk daerah industri atau perluasan pelabuhan.

#### 2. Dumping di laut lepas

Material keruk diangkut atau dialirkan menuju 1,5 meter dari muara sungai sehingga kecil kemungkinan mengalami pengendapan ulang.

Kedua alternatif tersebut akan dipertimbangkan sebagai dumping area untuk membuang hasil kerukan secara optimal. Akan tetapi melihat dari dimensi Kanal Banjir Timur ini memiliki 3 pintu air dan 20 jembatan yang beroperasi di sepanjang aliran kanal, seperti pada gambar Gambar 4.1 berikut:



**Gambar 4.1 Pintu air kanal banjir timur**  
(Sumber : BBWS Ciliwung Cisadane, 2010)



Ketika pembuangan dari endapan ini diangkut menuju ke laut, mobilisasi dari kapal keruk ini akan sulit untuk melewati pintu air dan jembatan tersebut. Oleh karena itu penulis memilih *dumping area* di tepi sungai buatan tersebut. Berikut gambaran dari kondisi bantaran sungai berdasarkan hasil survey.



**Gambar 4.2 Kondisi bantaran sungai**

Seperti terlihat pada Gambar 4.2, terdapat jalan raya yang dapat difungsikan sebagai tempat truk pembuangan menunggu muatan penuh. Kondisi jalan disebelah bantaran sungai terlihat pada



**Gambar 4.3 Bantaran Sungai**

#### **4.2.2. Penentuan metode dumping**

Ada dua alternatif metode dumping yang bisa digunakan.

##### **1. Menggunakan pipa terapung / *floating pipeline***

Untuk mengangkut material keruk menuju dumping area di lepas pantai, dapat menggunakan transportasi hidrolis melalui pipa terapung, mengingat material keruk yang kaya kandungan air. Transport hidrolis material keruk sampai dengan jarak 9km bisa dilakukan dan

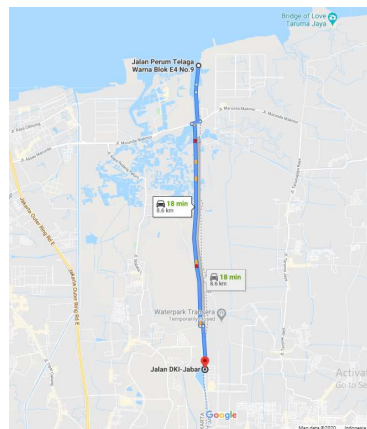
masih dalam batas ekonomis. Lebih dari jarak itu akan memerlukan *booster* yang akan sangat tidak ekonomis.

## 2. Menggunakan bak lumpur bercelah / *split barge*

*Split barge* mengangkut material keruk menuju dumping area. *Split barge* mempunyai bukaan di dasarnya sehingga dapat membuang material keruk yang dibawanya dengan cepat ke laut lepas.

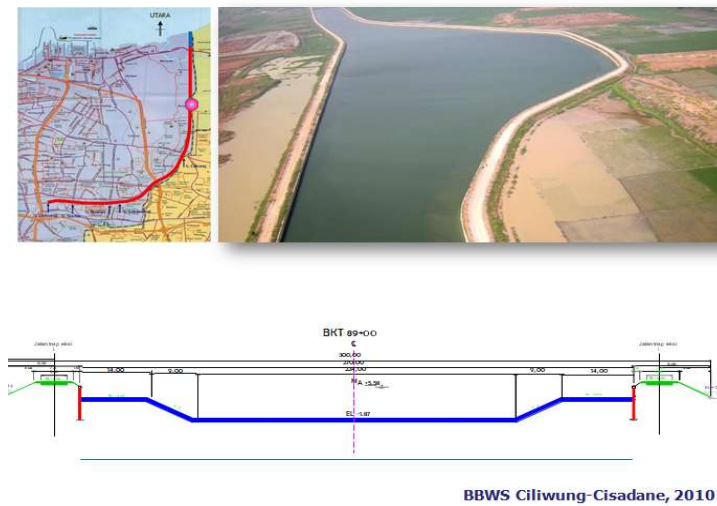
Dari dua alternatif di atas, dipilih transport menggunakan pipa terapung menuju ke tepi sungai karena yang dikeruk adalah alur muara sungai dan akan lebih efisien jika material keruk dibuang di tepi sungai dengan pipa terapung, karena dapat membuang dengan cepat dan ekonomis. Selain itu, material hasil pengerukan dapat dimanfaatkan oleh pelabuhan pendaratan ikan ataupun masyarakat sekitar.

Setelah dialirkan menuju ke truk pembuangan yang sudah bersiap di bantaran sungai, truk akan membuang muatan keruk menuju ke muara sungai dengan menempuh jalur seperti pada Gambar 4.4 berikut

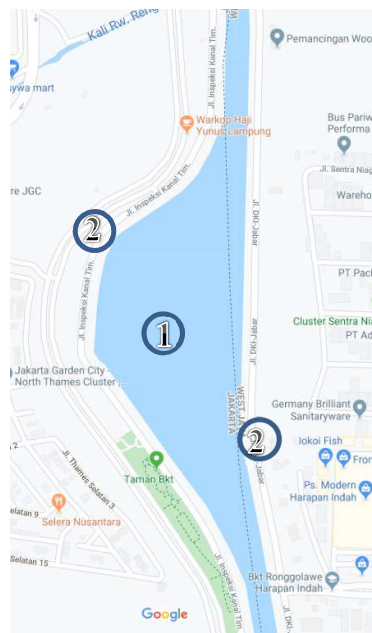


**Gambar 4.4 Rute Pembuangan Muatan Keruk**  
(sumber: Gmaps,2020)

### 4.3. Pemilihan Daerah Operasional



Gambar 4.5 Penampang daerah sandtrap



Gambar 4.6 Pola Operasi Zona Hijau  
(Sumber : BBWS Ciliwung Cisadane, 2010)

Keterangan Gambar 4.6:

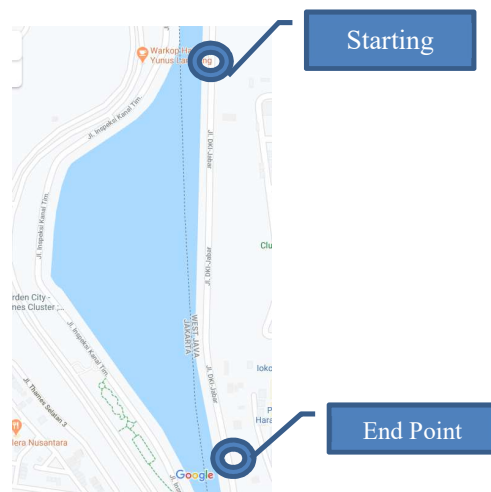
- Nomor 1 merupakan daerah operasi kapal keruk untuk mengerup endapan yang berada pada aliran kanal.
- Nomor 2 merupakan daerah tempat truk penampung menunggu muatan terisi oleh hasil pengerukan.

Perencanaan pengaliran endapan menuju ke penampungan menggunakan pipa terapung sehingga endapan awal akan dibuang ke daerah bantaran sungai yang dimanfaatkan sebagai tempat bercocok tanam masyarakat, apabila tempat sudah penuh maka akan dialirkan menuju ke truk penampungan.

Daerah ini dipilih karena kawasan *sand trap* ini merupakan daerah pengendapan utama dari kanal ini. Data yang didapatkan dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Jakarta Timur adalah 357.000m<sup>3</sup> endapan yang berada di kawasan ini per 2018 sejak kanal ini beroperasi. Untuk daerah lain di aliran kanal telah dilakukan survey primer ke pihak pengelola maupun pencarian data sekunder di internet dan jurnal-jurnal yang berkaitan. Namun untuk data endapan yang didapat hanyalah pada kawasan *sand trap* tersebut. Oleh karena itu untuk daerah operasional yang dipilih untuk penelitian ini adalah Kawasan *sand trap* yang terletak di Ujung Menteng, Cakung, Jakarta Timur.

#### 4.4. Pola Operasional

Dalam operasinya, *Plain Suction Dredger* bertugas untuk melakukan pengerukan di Kanal Banjir Timur seperti yang dapat dilihat pada Bab 2.2.9. sebelumnya. Ketika melakukan pengerukan, kapal harus benar-benar dipastikan agar dapat menjalankan operasi dengan baik. Oleh karena itu selain mendesain kapal secara teknis, dilakukan juga perumusan skenario agar kapal beroperasi dengan baik tanpa gangguan. Berikut penjabaran skenario selama kapal melakukan pengerukan sampai menuju ke *dumping area* (area pembuangan) pada daerah pengerukan utama seperti terlihat pada Gambar 4.7 berikut:



**Gambar 4.7 Daerah pengerukan utama**  
(sumber: Gmaps,2020)

1. Kapal mulai pengerukan di ujung kawasan *sand trap*. Pada tahap ini sebelum beroperasi, kapal melakukan proses *dredging equipments installation* (pemasangan alat-alat keruk)



**Gambar 4.8 Kapal memulai pemasangan alat-alat keruk**  
(sumber: Gmaps,2020)

2. Setelah melakukan proses pemasangan alat-alat keruk, kapal melakukan proses pengerukan di kawasan *sand trap* tersebut.



**Gambar 4.9 kapal melakukan proses pengerukan**  
(sumber: Gmaps,2020)

3. Pada saat proses pengerukan tersebut, hasil pengerukan langsung dialirkan melalui pipa terapung ke truk-truk penampungan sudah menunggu di bantaran sungai. Kemudian truk akan membawa endapan tersebut ke tempat pembuangan.



**Gambar 4.10** Endapan dialirkan dari kapal ke truk menggunakan pipa terapung  
(sumber: Gmaps,2020)

4. Kemudian kapal melakukan pengerukan terus menerus sampai ke titik akhir yaitu ujung selatan kawasan *sand trap* tersebut.



**Gambar 4.11** kapal mencapai titik akhir pengerukan  
(sumber: Gmaps,2020)

#### 4.5. Perencanaan Spud dan Mekanisme Kerja Spud

Pada perencanaan suatu ponton (*barge*) sebuah *dredger*, diperlukan suatu peralatan sebagai *mooring system* pada ponton yang dinamakan *spud*. *Spud* adalah perangkat penambat ponton ke dasar perairan sungai atau laut. *Spud* juga berfungsi untuk membatasi pergerakan ponton dan menjaga kestabilan ponton pada saat melakukan pengerukan. Di ponton *plain suction dredger* ini direncanakan memiliki 2 buah *spud* yang berfungsi sebagai penambat dan menjaga kestabilan ponton (*permanen spud*) serta sebagai penggerak ponton (*moveble spud*). *Spud* dihubungkan dengan menggunakan *sling* yang terbuat dari kawat baja ke *windlass*. *Spud* di desain sedemikian sehingga dapat mencengkeram kuat di dasar perairan. *Spud* dibuat dari



bahan besi cor. *Spud* ini merupakan perangkat yang menjadi simbol dari hampir semua kegiatan yang terkait dengan *dredger*.

*Spud* diturunkan di dasar sungai dengan menggunakan *sling* yang dihubungkan ke *windlass* dengan melewati *pulley* pada tiap-tiap bagian, dan penting sekali bahwa *spud* beserta *slingnya* dapat turun dengan sendirinya apabila *stopper*nya dilepas, serta *spud* tidak akan terlepas dari dasar laut kecuali *spud* ditarik ke atas ponton.

Selain sebagai penambat dan penstabil ponton *spud* juga berfungsi sebagai *moveble spud*, yaitu sebagai pemindah atau penggerak ponton ke tempat berikutnya apabila tempat yang pertama sudah selesai dilakukan pengerukan. *Moveble spud* ini terdapat motor penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan *spud* dan juga di bagian deck terdapat casing beserta rel sebagai jalan bergeraknya *spud* untuk menggerakkan ponton.

Pada kapal jenis *Plain Suction Dredger spud* umumnya berbentuk *square piles* bermaterial baja.

Berikut perencanaan *Spud* pada *Plain Suction Dredger*:

- Luas Penampang = 0,1681 m<sup>2</sup>
- Panjang *Spud* = 6 meter
- Jumlah *Spud* = 2 buah
- Berat *Spud* = 6,17 ton
- LCG diukur dari *midship* = -7,15 m

VCG diukur dari *baseline* = 0,6 m

#### 4.6. Analisis Perhitungan Payload

Berdasarkan dari survey yang dilakukan dan melihat penampang dari sungai yang ada. Kanal Banjir Timur memiliki panjang 23km dengan luas sungai berkisar antara 20-300m.

Perhitungan *payload* pada *dredger vessel* didasarkan pada struktur geometris Kanal Banjir Timur Jakarta yang meliputi kedalaman sungai, lebar minimum sungai, jenis sedimentasi dan volume sedimentasi. Data-data tersebut juga digunakan untuk menentukan *Operational Requirements* kapal. Perhitungan kebutuhan pompa didasarkan pada kebutuhan berat yang akan diakomodasi oleh kapal keruk ini dikarenakan kapal ini tidak memiliki ruang muat sebagai ukuran *payload* yang akan dibutuhkan. Data yang didapatkan dari Dinas Sumber Daya Air Jakarta Timur terdapat 357.000 m<sup>3</sup> endapan yang terdapat di kawasan *sand trap* per 2018.

Apabila Kanal Banjir Timur Mulai beroperasi desember 2010 dan diasumsikan pertambahan sama tiap tahun maka endapan yang harus disedot pertahun adalah

$$\text{Total endapan per 2018} = 357.000\text{m}^3$$

$$\text{Total waktu operasi kanal per 2018} = 7 \text{ tahun}$$

$$\text{Maka laju endapan pertahun} = 357.000/7 = 51000\text{m}^3/\text{tahun}$$

Diperkirakan pengerukan akan dilakukan selama 6 bulan, di mana dalam 1 minggu diasumsikan 3 hari kerja dan 1 hari kerja sama dengan 5 jam kerja.

Berikut adalah rekapitulasi data yang dibutuhkan untuk menentukan *payload*:

**Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Yang Dibutuhkan Dalam Perhitungan Ruang Muat**

<b>Perhitungan Daya Pompa Dredge</b>			
Volume total per 2018	=	357.000	m <sup>3</sup>
Rata-rata endapan/tahun	=	51.000	m <sup>3</sup> /tahun
Direncanakan			
Waktu Pengerukan perhari	=	5	Jam/hari
Total Waktu Pengerukan	=	6	Bulan
Waktu Kerja	=	3x	Perminggu
Penentuan Kapasitas Pompa			
$Q = V/t$			
Di mana:			
V : Volume yang dikeruk			
t : Waktu pengerukan			
	Q =	V/t	
	=	51000/(5x72)	m <sup>3</sup> /jam
	=	141,67	<b>m<sup>3</sup>/jam</b>

Seperti yang terlihat pada Tabel 4.3, dipilih kapal tanpa ruang muat dengan *payload* adalah kapasitas pompa keruk tersebut.

#### **4.7. Geosim Procedure**

*Design requirement* dalam Tugas Akhir ini adalah sarat kapal maksimal yang dapat melewati Kanal Banjir Timur setelah mengalami pendangkalan. Oleh karena itu penulis melakukan survei lapangan untuk mendapatkan data sarat maksimal kapal untuk dapat melalui Kanal Banjir Timur. Dari survei tersebut didapatkan data kedalaman rata-rata sungai adalah 1,5 m LWS. Kemudian penulis mencari kapal pembanding *plain suction dredger* yang memiliki sarat kapal sekitar 1 m. List kapal pembanding yang dijadikan acuan dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah.



**Tabel 4.4 Kapal pembanding *plain suction dredger*.**  
Sumber : (Focus Technology Corporation, 2020)

No.	Nama Kapal	L <sub>pp</sub> [m]	B [m]	H [m]	T [m]	W=Q (m <sup>3</sup> /jam)
1	YONGLI 8 INCH SUCTION DREDGER	11,5	4,3	1,2	0,61	100

Setelah didapatkan data ukuran utama kapal pembanding seperti pada Tabel 4.4, maka dilakukan perhitungan batasan ukuran utama awal menggunakan metode *Geosim* seperti di bawah ini:

1. Batasan ukuran utama kapal yang akan dirancang (L<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>,) didapat dari ukuran utama kapal acuan (L<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>, dan H<sub>1</sub>,) yang dikalikan dengan koefisien geometris (K).
2. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan *Geosim* dibawah ini:  
Dengan contoh perhitungan menggunakan kapal acuan Sinar Padang. Diketahui:

$$K = L_2 / L_1$$

$$(L_2 / L_1)^3 = W_2 / W_1$$

$$L_2 / L_1 = (W_2 / W_1)^{1/3}$$

Di mana:

$$\begin{aligned} W_2 &= Q \text{ kapal yang dirancang} \\ &= 141 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{DWT kapal acuan} \\ &= 100 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} L_2 / L_1 &= (141 / 100)^{1/3} \\ &= 1,123 \end{aligned}$$

$$K = 1,123$$

3. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dari perhitungan:

L <sub>2</sub>	= K x L <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	= K x H <sub>1</sub>
	= 1,123 x 11,5		= 1,123 x 1,2
	= 12,9 m		= 1,3 m
B <sub>2</sub>	= K x B <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	= K x T <sub>1</sub>
	= 1,123 x 4,3		= 1,123 x 0,61
	= 4,8 m		= 0,68 m

Ukuran utama kapal awal yang didapat menggunakan *Geosim Procedure* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L &= 13 \text{ M} \\
 B &= 4,8 \text{ M} \\
 H &= 1,3 \text{ M} \\
 T &= 0,68 \text{ M}
 \end{aligned}$$

Dari ukuran utama awal yang didapat di atas kemudian dilakukan proses perhitungan pada Microsoft *Excel*. Proses perhitungan selalu dilakukan pengecekan terhadap batasan-batasan sehingga didapatkan ukuran utama final kapal yang memenuhi semua batasan-batasan (*constraint*) yang berlaku.

**Tabel 4.5 Ratio of Main Dimentions**  
(Sumber: PNA Vol II)

Ratio of Main Dimensions:			(PNA Vol.II hlm.90)
$L_o/B_o =$	3,9	OK	$3.9 < L/B < 6.3$
$B_o/T_o =$	3,199	OK	$2.4 < B/T < 3.2$
$L_o/T_o =$	19,118	OK	$10 < L/T < 30$
$L/H =$	10,833	OK	$8.12 < L/H < 15.48$
$B/H =$	2,3	OK	$1.47 < B/H < 2.38$

## 4.8. Perhitungan Awal

### 4.8.1. Perhitungan Displacement

Perhitungan *displacement* pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan rumus pendekatan terlebih dahulu. *Displacement* terdiri dari dua, yaitu:

#### a. Volume Displacement ( $\nabla$ )

*Volume displacement* untuk barge :

$$\nabla = L \times B \times T - V \text{ (tempat untuk alat keruk)}$$

$$\nabla = 13 \times 4,8 \times 0,68 - (5,2 \times 2,4 \times 0,68)$$

$$\nabla = 33,9466 \text{ m}^3$$

#### b. Displacement ( $\Delta$ )

*Displacement* untuk barge dapat dihitung dengan formula :

$$\Delta = \nabla \times \rho$$

$$\Delta = 33,9466 \times 1000$$

$$\Delta = 33,9466 \text{ Ton}$$

Di mana :

$\nabla$  = *volume displacement* barge

$\rho$  = massa jenis fluida (1000kg/m<sup>3</sup>)

#### 4.8.2. Perhitungan Coefficient

##### a. Block Coefficient (Cb)

$$C_b = \frac{\Delta}{L \times B \times T \times \rho}$$

$$C_b = 33,9466/42.342$$

$$C_b = 0,8$$

(Parametric Design, Chapter 11 hal 11-12)

##### b. Midship Coefficient (Cm)

$$C_m = 1,006 - 0,0056^{-3,56}$$

(Parametric Design, Chapter 11 hal 11-12)

Maka untuk *barge*,  $C_m = 1$

##### c. Prismatic Coefficient (Cp)

$$C_p = \frac{C_b}{C_m}$$

$$C_p = 0,8/1$$

$$C_p = 0,8$$

(Parametric Design, Chapter 11 hal 11-12)

##### d. Waterplane Coefficient (Cwp)

$$C_{wp} = \frac{C_b}{0,471 + 0,551 C_b}$$

Maka,  $C_{wp} = 0,878$

**Tabel 4.6 Rekapitulasi Coefficient**

Coefficient	Nilai
Cb	0,8
Cm	1
Cp	0,8
Cwp	0,878

#### 4.8.3. Perhitungan Hambatan Kapal Total ( $W_{total}$ )

Perhitungan tahanan untuk tongkang menggunakan formula yang diberikan (Henschke, 1978). Dalam formula Henschke, tahanan dibagi menjadi 2, yaitu :

##### 1. Tahanan air

$$W_{air} = f \cdot s \cdot v^{1.83} + p \cdot F_x \cdot v^2 \quad (Henschke, 1978)$$

- Di mana :
- $f$  = Konstanta bahan
  - $s$  = Luas permukaan basah
  - $v$  = Kecepatan kapal
  - $p$  = Konstanta bentuk kapal
  - $F_x$  = Luas penampang midship

##### 2. Tahanan udara

$$W_{udara} = 0.0041 \cdot (0.3 \cdot A_1 + A_2) V^2 \quad (Henschke, 1978)$$

- Di mana :
- $A_1$  = Luas penampang melintang badan kapal di atas air
  - $A_2$  = Luas proyeksi transversal bangunan atas
  - $V_A$  = Kecepatan relatif angin

**Tabel 4.7 Perhitungan resistance barge**

Symbol	Value	Unit
LPP	13	m
LWL	13	m
B	4,8	m
T	0,68	m
H	1,2	m
F	0,170	-
S	180,471	m <sup>2</sup>
V	1,000	knot
	0,514	m/s
P	30,000	-
$F_x$	11,042	m <sup>2</sup>
$A_1$	4,417	m <sup>2</sup>
	47,541	ft <sup>2</sup>
$A_2$	10,200	m <sup>2</sup>
	109,792	ft <sup>2</sup>
$V_A$	10,000	knot
	5,144	m/s
	16,877	ft/s

Tahanan air

$$\begin{aligned}W_{air} &= f \cdot s \cdot v^{1.83} + p \cdot F_x \cdot v^2 \\&= 96,741 \text{ kg} \\&= 0,949 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tahanan udara

$$\begin{aligned}W_{udara} &= 0.0041 \cdot (0.3 \cdot A_1 + A_2) V^2 \\&= 144,866 \text{ lbs} \\&= 0,644 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tahanan Total

$$\begin{aligned}W_{total} &= W_{air} + W_{udara} \\&= 1,593 \text{ kN}\end{aligned}$$

#### 4.9. Perhitungan Kebutuhan Pompa

Diperkirakan pengerukan akan dilakukan selama 6 bulan, di mana dalam 1 minggu diasumsikan 3 hari kerja dan 1 hari kerja sama dengan 5 jam kerja.

Direncanakan :

- Head Statis Discharge = 1 m
- Head Statis Suction = -8,5 m
- Panjang Pipa Discharge = 200 m
- Panjang Pipa Suction = 10 m
- Katup ( Valve ) = 3 buah
- Velocity = 3,5 m/s
- Volume Pengerukan = 357.000 m<sup>3</sup>

#### 4.10. Penentuan Ukuran Pipa

$$\begin{aligned}Q &= V / t \\&= (357.000) / (72 \times 5) \\&= 141,67 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$v = Q \times 0,4085 / d^2$$

Di mana,

v : velocity (velocity aliran medium sand 3,5 ~ 4 m/s)

Q : debit aliran

d : diameter pipa

$$\begin{aligned}d_1 &= \sqrt{(Q \times 0,4085 / v)} \\&= \sqrt{(141,67 \times 0,4085 / 3,5)} \\&= 4,067 \text{ inch} \\&= 103,2832 \text{ mm} \quad = 0,103283 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan ASA & API property of pipe diambil diameter pipa = 5 inch atau 110 mm  
= 0,11 m

Hukum Kontinuitas :

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

$$(1/4 \pi d_1^2) \times v_1 = (1/4 \pi d_2^2) \times v_2$$

$$(1/4 \pi 103,2832) \times 3,5 = (1/4 \pi d_2^2) \times 4$$

$$\begin{aligned}d_2 &= \sqrt{(103,2832 \times 3,5 / 4)} \\&= 96,61 \text{ mm} = 0,09661 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan ASA dan API property of pipe diambil diameter pipa= 100 mm= 0,1 m

#### 4.10.1.Head Loss (Hp, Hv, Hs)

$$\begin{aligned}H_p &= (P_2 - P_1) / \rho g \\&= 0 \text{ (karena sungai terbuka sehingga dianggap sama dengan tekanan atmosfer)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_v &= (v^2 - v_1^2) / 2g \\&= (4^2 - 3,5^2) / 2g = 0,191131498 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_s &= Z_2 - Z_1 \\&= 1 - (-8,5) = 9,5 \text{ m}\end{aligned}$$

- Reynold Number

$$Re = V \times D / \nu$$

Di mana:

V : Kecepatan aliran (m/s)

D : Diameter pipa (m)

$\nu$  : Kekentalan kinematik air ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) = *kinematic viscosity* (Suhu air sungai  $\pm 30^\circ \text{C}$ )

$$\begin{aligned} R_e &= 3,5 \times 0,0,11 / (0,801 \times 10^{-6}) \\ &= 480649,189 = 4,8\text{E}+05 \text{ (Aliran turbulen)} \end{aligned}$$

- Kekasaran relatif  $e / D$

Di mana :

$e$  : Kekasaran berdasarkan jenis pipa (0,0012 for concrete pipe)

$D$  : Diameter pipa (m)

$$\begin{aligned} \text{Kekasaran relatif} &= 0,0012 / 0,11 \\ &= 0,0109 \end{aligned}$$

Berdasarkan Moody Diagram dapat diketahui nilai  $f = 0,039$

Head Loss Suction

$$\begin{aligned} \text{HL mayor} &= f \times (L / D) \times (v^2 / 2g) \\ &= 0,039 \times (10 / 0,11) \times (3,5^2 / 2g) \\ &= 0,221591 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HL minor} &= k \times (v^2 / 2g) \\ &= 2,04 \times (3,5^2 / 2g) \\ &= 1,273700306 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tabel 4.8 Perhitungan nilai k pada head loss suction**

Komponen	$\epsilon$	n	$k = \epsilon \times n$
Elbow 90o	0.3	1	0.3
Fitting	0.08	3	0.24
Filter/Calm out	0.6	1	0.6
Necking duck	0.9	1	0.9
Jumlah			2.04

Head Loss Discharge Floating pipe

$$R_e = V \times D / \nu$$

Di mana :

$V$  : Kecepatan aliran (m/s)

D : Diameter pipa (m)

$\nu$  : Kekentalan kinematik air ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) = *kinematic viscosity*

$$\begin{aligned} \text{Re} &= 4 \times 0,1 / (0,801 \times 10^{-6}) \\ &= 436953,8 = 4,37\text{E}+06 \text{ (Aliran turbulen)} \end{aligned}$$

Kekasaran relatif  $e / D$

Di mana :

E : Kekasaran berdasarkan jenis pipa (0,00015 for rubber-lines pipe)

D : Diameter pipa (m)

$$\begin{aligned} \text{Kekasaran relatif} &= 0,00015 / 0,1 \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

Berdasarkan Moody Diagram dapat diketahui nilai  $f = 0,028$

$$\begin{aligned} \text{HL mayor} &= f \times (L / D) \times (\nu^2 / 2g) \\ &= 0,028 \times (200 / 0,1) \times (4^2 / 2g) \\ &= 45,71429 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HL minor} &= k \times (\nu^2 / 2g) \\ &= 3,43 \times (4^2 / 2g) \\ &= 2,79714577 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tabel 4.9 Perhitungan nilai k pada head loss discharge floating pipe**

Komponen	$\epsilon$	n	$k = \epsilon \times n$
Batterfly valve	0,15	1	0,15
Fitting	0,08	41	3,28
Jumlah			3,43

#### **4.10.2. Total Head Loss mayor dan minor**

$$\text{HL mayor} = 45,9358 \text{ m}$$

$$\text{HL minor} = 4,0708 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{HL total} &= \text{HL tot. mayor} + \text{HL tot. minor} + H_p + H_v + H_z \\ &= 59,69785 \text{ m} \end{aligned}$$



#### 4.10.3. Daya Pompa

$$P = 1000 \times W \times Q \times HL / (75 \times \mu)$$

$$P = 1000 \times 1,365 \times 0,039 \times 59,69785 / (75 \times 0,75)$$

$$= 57,0077 \text{ HP}$$

$$= 42,52779 \text{ kW}$$

#### 4.10.4. Pemilihan Pompa

Setelah didapatkan nilai BHP, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan pompa sebagai alat pengeruk kapal. Pompa yang dipakai pada *plain suction dredger* ini adalah pompa berjenis *centrifugal*.

Berdasarkan katalog maka dipilih tipe pompa dengan ketentuan sebagai berikut :



**Gambar 4.12 Dimensi pompa keruk excellence**  
Sumber (China Slurry Pump Group, 2015)

**Tabel 4.10 pemilihan pompa**  
 Sumber : (China Slurry Pump Group, 2015)

CG(H) Series Gravel Pump Performance Chart							
Pump Model	Clear Water Performance						Impeller Dia.
	Capacity Q		Head H(m)	Speed n(r/min)	Max.Eff. η%	NPS H (m)	
	m³/h	l/s					
6/4D-CG	36-250	10-70	5-52	600-1400	58	2.5-3.5	378
8/6E-CG	126-576	35-160	6-45	800-1400	60	3-4.5	378
10/8S-CG	216-936	60-260	8-52	500-1000	65	3-7.5	533
10/8S-CGH	180-1440	50-400	24-80	500-950	72	2.5-5	711
12/10G-CG	360-1440	100-400	10-60	400-850	65	1.5-4.5	667
12/10G-CGH	288-2808	80-780	16-80	350-700	73	2-10	950
14/12G-CG	576-3024	160-840	8-70	300-700	68	2-8	864
16/14G-CG	720-3600	200-1000	18-44	300-500	70	3-9	1016
16/14TU-GH	324-3600	90-1000	26-70	300-500	72	3-6	1270
18/16TU-CG	720-4320	200-1200	12-48	250-500	72	3-6	1067

#### 4.11. Perencanaan Genset Utama

Genset utama harus bisa melayani semua peralatan yang memakai tenaga listrik secara bersamaan. Peralatan yang memakai tenaga listrik antara lain :

##### 4.11.1. Winch

1. Untuk menaikkan dan menurunkan spud

##### Gaya tarik pada winch barrel

$$T_b = (P + Q) / \eta^k$$

Di mana : P = Berat spud yang ditarik 3084 Kg

Q = Berat cargo hook dan shackle

( 0,0022 ~ 0,0028 ) P ; diambil 0,0025

$$= 0,0025 \times 6500 = 7,71 \text{ Kg}$$

$$\eta_p = \text{efficiency 1 pulley, diambil } 1$$

$$K = \text{faktor keamanan, diambil } 0,9$$

$$T_b = (3084 + 7,71) / 1^{0,9}$$

$$= 3091,71 \text{ Kg}$$

## 2. Diameter Winch barrel

$$D_{bd} = D_d + d_r (2Z - 1)$$

Di mana :

$$D_d = \text{Diameter drum, max } D_d = 0,4$$

$$= (16,5 \sim 18) d_r, \text{ diambil harga max, jadi}$$

$$= 0,4 \text{ m}$$

$$d_r = \text{Diameter tali}$$

$$= D_d / 17 = 0,4 / 17$$

$$= 0,023529412 \text{ m}$$

$$Z = \text{Jumlah lilitan tali pada drum } (< 5)$$

$$= 4 \text{ lilitan}$$

$$D_{bd} = 0,4 + 0,024 (2 \times 4 - 1)$$

$$= 0,564705882 \text{ m}$$

## 3. Torsi yang ditimbulkan pada shaft barrel

$$M_{bd} = 0,5 D_{bd} (T_b / h_b)$$

Di mana :

$$h_b = \text{efficiency winch barrel, diambil } 0,9$$

$$M_{bd} = 0,5 \times 0,565 (3091,71 / 0,9)$$

$$= 969,9482353 \text{ Kg m}$$

## 4. Overall gearing ratio

$$i_{wd} = n_m / n_{bd}$$

$$\text{Di mana : } n_m = \text{putaran poros motor listrik } (500 \sim 3000) \text{ rpm}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

$$\begin{aligned} n_{bd} &= \text{kecepatan putar dari barrel} \\ &= 19,1 ( V_{td} / D_{bd} ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{td} &= \text{kecepatan mengangkat beban (0,33 ~ 0,5 ) m/s} \\ &= 0,45 \text{ m/s} = 27 \text{ m/menit} \\ &= 19,1 ( 27 / 0,565 ) \\ &= 913,21875 \text{ putaran/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_{wd} &= 1500 / 913,219 \\ &= 1,642541833 \end{aligned}$$

5. Torsi yang dibutuhkan poros sebagai penggerak

$$M_{md} = M_{bd} / (i_{wd} \times h_{wd} )$$

Di mana :

$$\begin{aligned} h_{wd} &= \text{efficiency keseluruhan ( 0,65 ~ 0,75 )} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{md} &= 969,948 / (1,643 \times 0,75 ) \\ &= 787,35548 \text{ Kg m} \end{aligned}$$

6. Tenaga cargo winch

$$N_e = M_{md} \times n_m / 71620 \text{ HP}$$

Di mana :

$$M_{md} = \text{torsi yang timbul pada poros penggerak}$$

$$\begin{aligned} n_m &= \text{putaran poros motor listrik ( 500 ~ 3000 ) rpm} \\ &= 1500 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_e &= 787,356.47 \times 1500 / 71620 \\ &= 16,49027115 \text{ HP} \end{aligned}$$

#### 4.11.2. Untuk menaikkan dan menurunkan jangkar

**Gaya tarik pada winch barrel**

$$T_b = ( P + Q ) / \eta^k$$

Di mana :

$$P = \text{Berat jangkar yang ditarik } 1200 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Berat cargo hook dan shackle} \\
 &= (0,0022 \sim 0,0028) P ; \text{diambil } 0,0025 \\
 &= 0,0025 \times 1200 = 3 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\eta_p = \text{efficiency 1 pulley, diambil 1}$$

$$K = \text{faktor keamanan, diambil } 0,9$$

$$\begin{aligned}
 T_b &= (1200 + 3) / 1^{0,9} \\
 &= 1203 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

#### 1. Diameter Winch barrel

$$D_{bd} = D_d + d_r (2z - 1)$$

Di mana :

$$\begin{aligned}
 D_d &= \text{Diameter drum, max } D_d = 0.4 \\
 &= (16,5 \sim 18) d_r; \text{diambil harga max, jadi} \\
 &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_r &= \text{Diameter tali} \\
 &= D_d / 17 = 0,4 / 17 \\
 &= 0,023529412 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z &= \text{Jumlah lilitan tali pada drum } (< 5) \\
 &= 4 \text{ lilitan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{bd} &= 0,4 + 0,024 (2 \times 4 - 1) \\
 &= 0,564705882 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 2. Torsi yang ditimbulkan pada shaft barrel

$$M_{bd} = 0,5 D_{bd} (T_b / h_b)$$

Di mana :

$$h_b = \text{efficiency winch barrel, diambil } 0,9$$

$$\begin{aligned}
 M_{bd} &= 0, \times 0,565 (1203 / 0,9) \\
 &= 377,4117647 \text{ Kg m}
 \end{aligned}$$

### 3. Overall gearing ratio

$$i_{wd} = n_m / n_{bd}$$

Di mana :  $n_m$  = putaran poros motor listrik ( 500 ~ 3000 ) rpm  
= 1500 rpm  
 $n_{bd}$  = kecepatan putar dari barrel  
=  $19,1 (V_{td} / D_{bd})$

$V_{td}$  = kecepatan mengangkat beban ( 0,33 ~ 0,5 ) m/s  
= 0.45 m/s = 27 m/menit  
=  $19,1 ( 27 / 0,565 )$   
= 913,21875 putaran/menit

$i_{wd}$  =  $1500 / 913,219$   
= 1,642541833

### 4. Torsi yang dibutuhkan poros sebagai penggerak

$$M_{md} = M_{bd} / (i_{wd} \times h_{wd})$$

Di mana :

$h_{wd}$  = efficiency keseluruhan ( 0,65 ~ 0,75 )  
= 0,75

$M_{md}$  =  $377,412 / (1,643 \times 0,75)$   
= 306,364 Kg m

### 5. Tenaga cargo winch

$$N_e = M_{md} \times n_m / 71620 \text{ HP}$$

Di mana :  $M_{md}$  = torsi yang timbul pada poros penggerak  
 $n_m$  = putaran poros motor listrik ( 500 ~ 3000 ) rpm  
= 1500 rpm

$N_e$  =  $306,364 \times 1500 / 71620$   
= 6,41644792 HP

#### 4.11.3. Electro Motor + Pompa

Pompa Ballast, Pompa bahan bakar, Pompa air tawar untuk melayani ketiga pompa tersebut diperlukan tenaga 18 HP

Daya pompa dredge 274,064 HP

Total daya pompa 292,064 HP

Untuk penerangan dan alat komunikasi diperlukan 5 kW = 8 HP

#### 4.11.4. Total Daya

Jadi total daya yang diperlukan adalah

Daya pompa 292,064 HP

Daya winch untuk 2 spud 32,98054231 HP

Daya winch untuk 2 jangkar 12,83289584 HP

Daya alat penerangan & komunikasi 8 HP

Total daya yang diperlukan 345,877 HP

Faktor keamanan diambil sebesar 0,95

Sehingga daya yang diperlukan =  $345,877 / 0.95$   
= 364,0815013 HP  
= 271,6048 kW

Untuk generator bantu daya yang dibutuhkan adalah sebesar 20% daya generator utama.

Jadi, daya generator bantu = 72,816 HP  
= 54,321 kW

#### 4.11.5. Pemilihan Genset

Setelah didapatkan nilai total daya yang dibutuhkan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan genset sebagai generator kapal. Dari katalog mesin dipilih mesin genset yang sesuai yaitu Cummins model K19-DM (Gambar 4.13) dengan spesifikasi sebagai berikut :

Rated Speed : 1500 rpm

Prime power rating : 358 kW

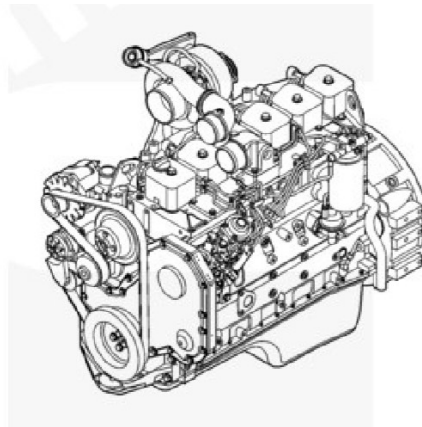
Power factor : 80 %  
Total Weight : 3750 ton  
Fuel Consumption : 217 g/kW.h



**Gambar 4.13 Genset utama Cummins K19-DM**  
Sumber : (Cummins Inc., 2020)

Sedangkan untuk genset dipilih Cummins 6BT5.9-G1 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Rated Speed : 1500 rpm  
Prime power rating : 78 kW  
Power Factor : 80 %  
Total weight : 1350 Ton  
Fuel Consumption : 214 g/kW.h



**Gambar 4.14 Genset bantu Cummins 6BT5.9-G1**  
Sumber : (Cummins Inc., 2020)

#### **4.12. Perhitungan Berat Kapal**

Berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu komponen DWT (*dead weight tonnage*) dan komponen LWT (*light weight tonnage*).



#### 4.12.1. Perhitungan Berat Kapal Bagian DWT

Komponen berat kapal bagian DWT dalam Tugas Akhir ini terdiri dari berat bahan bakar, air tawar, minyak pelumas, serta berat *crew* kapal dan barang bawaannya. Komponen berat bagian DWT dihitung secara langsung. Di bawah ini akan dijelaskan mengenai perhitungan berat kapal bagian DWT secara lebih detail.

1. Berat Fuel Oil ( untuk genset utama dan genset bantu )

$$W_{FO} = ( P_{bmg} \times b_{mg} + P_{bag} \times b_{ag} ) \times t \times 10^{-6} \times ( 1,1 \sim 1,3 )$$

Di mana :

$P_{bmg}$	= Besar HP genset utama	364,082 HP
$b_{mg}$	= Konsumsi BB genset utama	217 g/HP.h
$P_{bag}$	= Besar HP genset bantu	72,8163 HP
$b_{ag}$	= Konsumsi BB genset bantu	214 g/HP.h
$t$	= lama operasi	15 h

$$\begin{aligned} W_{FO} &= ( 364,082 \times 217 + 72,816 \times 214 ) \times 15 \times 10^{-6} \times 1,3 \\ &= 1,84 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Berat Lubrication Oil / minyak pelumas

$$W_{LO} = ( P_{bmg} \times b_{mg} + P_{bag} \times b_{ag} ) \times t \times 10^{-6} \times ( 1,1 \sim 1,3 )$$

Di mana :

$P_{bmg}$	= Besar HP genset utama	364,082 HP
$b_{mg}$	= Konsumsi LO genset utama	13,1 g/HP.h
$P_{bag}$	= Besar HP genset bantu	72,8163 HP
$b_{ag}$	= Konsumsi LO genset bantu	3 g/HP.h
$t$	= lama operasi	15 h

$$\begin{aligned} W_{LO} &= ( 364,082 \times 13,1 + 72,816 \times 3 ) \times 15 \times 10^{-6} \times 1,3 \\ &= 0,097 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Berat Fresh Water / air tawar

Untuk pendingin mesin (2 ~ 5 Kg/ HP ), diambil 2 Kg / HP

$$\begin{aligned} &= ( 2 \times 364,082 + 2 \times 72,819 ) \times 10^{-3} \\ &= 0,87 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Berat total fresh water} = 0,87 \text{ ton}$$

4. Berat crew diambil rata-rata 75 Kg/ orang

$$= 2 \text{ orang} \times 75 \text{ Kg/orang} \times 10^{-3}$$

$$= 0,15 \text{ ton}$$

Jadi Berat DWT = 2,95 ton

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa berat kapal bagian DWT *plain suction dredger* ini adalah 2,95 ton.

#### 4.12.2. Perhitungan Berat Kapal Bagian LWT

Berat kapal bagian LWT merupakan berat kapal kosong dan terdiri dari berat baja kapal, berat ruangan kapal, berat permesinan, dan peralatan yang digunakan. Dibawah ini akan dibahas mengenai perhitungan berat kapal bagian LWT. Berat kapal bagian LWT selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran.

##### 1. Berat Baja Barge

$$W_{st} = S_c \times C_m / 100 \quad [\text{ton}] \quad (\text{Basic Naval Architecture})$$

$$S_c = 0.22 \quad (\text{untuk barge})$$

$$C_m = \text{Cubic Number} \quad [\text{feet}^3]$$

$$= (L \times B \times H) / 100 \quad [\text{feet}^3]$$

$$W_{st} = 0,22 \times [(74,88) \times 35,315] / 100$$

$$= 5,817 \text{ ton}$$

$$\text{Ditambah berat spud, } W_{spud} = 2 \times 3084$$

$$= 6168 \text{ Kg}$$

$$= 6,168 \text{ ton}$$

$$W_{st} = 5,817 + 6,168$$

$$= 11,985 \text{ ton}$$

##### 2. Berat Accomodation & Genset Room

$$W_{ag} = 0,1185 \times V$$

$$= 0,1185 \times (5 \times 2 \times 2,4)$$

$$= 2,844 \text{ ton}$$

##### 3. Berat Instalasi Permesinan

Berat instalasi permesinan didapat dari katalog masing-masing instalasi permesinan. Dalam perhitungan ini berat instalasi permesinan meliputi :

- Berat Genset utama = 3750 Kg
- Berat Genset bantu = 1350 Kg
- Berat Pompa keruk = 2374 Kg
- Berat Pompa - pompa ( balast, bahan bakar, air tawar ) = 1500 Kg
- Berat Elektromotor + winch = 4200 Kg
- Berat Total = 13174 Kg  
= 13174 ton

#### 4. Berat Outfit & Akomodasi

$$\begin{aligned}
 W_{oa} &= 5\% W_{st} \\
 &= 5\% \times 11,99 \\
 &= 0,599 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### 5. Berat Cadangan

Perhitungan berat cadangan diperlukan untuk menghindari kesalahan yang tidak disengaja akibat perkiraan yang tidak tepat serta hal-hal yang belum terhitung.

$$\begin{aligned}
 LWT &= W_{st} + W_{ag} + W_p + W_{oa} \\
 &= 11,99 + 2,84 + 13,174 + 0,59 \\
 &= 28,6 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{res} &= ( 2 \sim 3 ) \% LWT \text{ diambil } 2,50\% \\
 &= 2,5\% \times 28,6 \\
 &= 0,71 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LWT_{total} &= LWT + W_{res} \\
 &= 28,6 + 0,715 \\
 &= 29,31 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.12.3. Perencanaan Volume Tangki-tangki

$$\nabla = \text{LWT} + \text{DWT}$$

$$33,946 = 629,31 + 2,965 + W_{\text{ballast}}$$

Sehingga  $W_{\text{ballast}}$  dapat diketahui,  $W_{\text{ballast}} = 1,66 \text{ ton}$

##### 1. Tangki Bahan Bakar ( FO Tank )

$$\text{Berat bahan bakar} = 1,84 \text{ ton}$$

$$\text{Spesifik volume} = 0,95 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Volume FO Tank} = 1,936 \text{ m}^3$$

Penambahan volume karena ekspansi thermal (diambil 2%) dan konstruksi internal (diambil 2%), sehingga penambahan 4%

$$\begin{aligned} 2. \quad \text{Volume FO Tank} &= 1,936 + (4\% \times 1,936) \\ &= 2,013 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

##### 3. Tangki Lubrication Oil ( LO Tank )

$$\text{Berat lubrication oil} = 0,097 \text{ ton}$$

$$\text{Spesifik volume} = 0,9 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Volume LO Tank} = 0,107 \text{ m}^3$$

##### 4. Tangki Air Tawar ( FW Tank )

$$\text{Berat air tawar} = 0,87 \text{ ton}$$

$$\text{Spesifik volume} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Volume FW Tank} = 0,87 \text{ m}^3$$

Penambahan volume untuk coating dan semen, diambil harga 4%, Sehingga Volume FW Tank  $= 0,87 + (4\% \times 0,87) = 0,94048 \text{ m}^3$

##### 5. Tangki Air Ballast ( WB Tank )

$$\text{Berat air ballast} = 1,936 \text{ ton}$$

$$\text{Spesifik volume} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Volume WB Tank} = 1,936 \text{ m}^3$$

Air ballast diatur sedemikian rupa hingga kapal tetap even keel dengan sarat 0,68 m

#### 4.13. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Seperti yang telah dibahas pada Bab 2.1.6, bahwa perhitungan lambung timbul kapal pada Tugas Akhir ini berdasarkan *Korean Register Rules*. Alasan menggunakan rumus dari *Korean Register Rules* adalah kapal keruk berbentuk tongkang (*barge*). Dan dikarenakan beberapa proses perhitungan menggunakan bantuan *software Maxsurf* di mana untuk menghitung tongkang, *Maxsurf* juga menggunakan *Korean Register Rules*. Berikut review rumus dari Bab 2.1.6 untuk menghitung lambung timbul kapal tongkang:

$$F = \frac{10(0,68 + C_b)K}{1,36}$$

Di mana,

$F$  = *Freeboard* (mm)

$C_b$  = *Block Coefficient*, tidak boleh kurang dari 0,68

$K$  = nilai sesuai dengan Tabel 4.11

Tabel 4.11. Nilai K Berdasarkan Jenis Tongkang

C		K
L < 50 m	<i>Cargo Barges</i>	0,8 L
	<i>Oil Barges</i>	0,5 L
L ≥ 50 m	<i>Cargo Barges</i>	$(L/10)^2 + (L/10) + 10$
	<i>Oil Barges</i>	$0,8(L/10)^2 + (L/10)$
(Note) L : Length of Barges (m)		

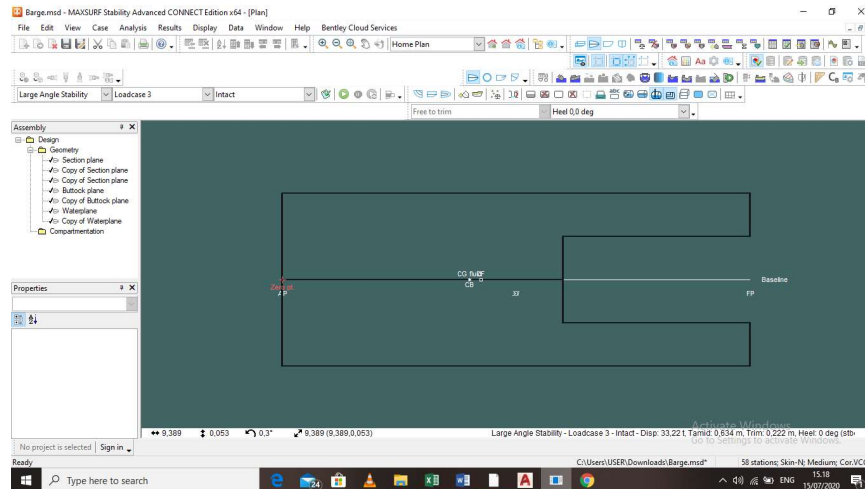
Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

Maka hasil dari perhitungan lambung timbul kapal (*freeboard*) sebesar 70,73 mm. Untuk perhitungan lambung timbul kapal yang disajikan dalam *sheet Ms. Excel* dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

#### 4.14. Trim dan Stabilitas

Dalam menghitung trim dan stabilitas kapal keruk ini dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*. Perhitungan trim dan stabilitas nantinya akan disesuaikan dengan peraturan pada *Non Conventional Vessel Standards (NCVS) Chapter 2 Intact Stability 2008 (IS Code)*. Mula-mula untuk menghitung trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*, haruslah dibuat model 3D terlebih dahulu.

Setelah data ukuran utama kapal telah di-*input* dan model desain telah dibuat, maka *file* dapat disimpan. Kemudian *file* yang telah disimpan tadi dibuka ulang di *Maxsurf Stability Enterprise* seperti pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Model Dibuka di Maxsurf Stability Enterprise

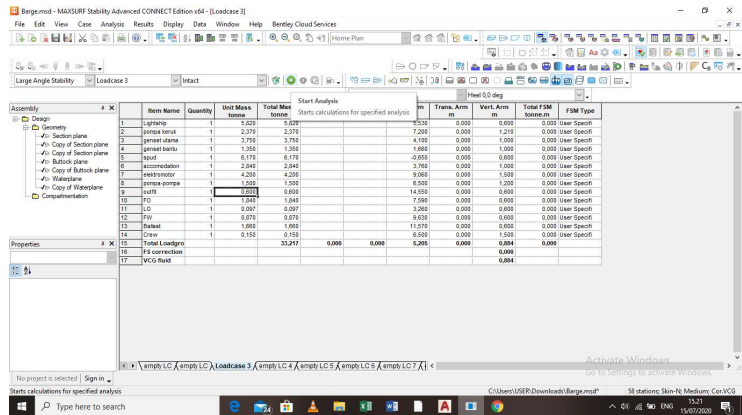
Setelah model telah dibuka di Maxsurf Stability Enterprise, maka selanjutnya proses perhitungan trim dan stabilitas dapat dilakukan. Berikut uraian singkat langkah-langkah proses perhitungan trim dan stabilitas menggunakan Maxsurf Stability Enterprise:

1. Dalam proses perhitungan, mula-mula dibutuhkan *loadcase* dengan berbagai kondisi. Memasukkan data-data *loadcase* diawali pada menu *Loadcase Window* lalu buat *New Loadcase*. Cara memasukkan data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut ini:

Item Name	Quantity	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volume	Long. Arm	Trans. Arm	Vert. Arm	Total FSM	FSM Type
Lightship	1	5,620	5,620			5,530	0,000	0,000	0,000	User Specif
perme tank	1	2,370	2,370			7,200	0,000	1,210	0,000	User Specif
perme utama	1	3,750	3,750			4,100	0,000	1,000	0,000	User Specif
perme bantu	1	1,360	1,360			1,600	0,000	1,000	0,000	User Specif
ballast	1	6,170	6,170			-0,650	0,000	0,000	0,000	User Specif
accommodation	1	2,840	2,840			3,760	0,000	1,000	0,000	User Specif
electromotor	1	4,200	4,200			8,000	0,000	1,500	0,000	User Specif
perme-pompa	1	1,500	1,500			6,500	0,000	1,200	0,000	User Specif
ballast	1	6,000	6,000			14,500	0,000	0,000	0,000	User Specif
LO	1	1,840	1,840			7,500	0,000	0,000	0,000	User Specif
PW	1	0,007	0,007			3,260	0,000	0,000	0,000	User Specif
Ballast	1	0,870	0,870			0,000	0,000	0,000	0,000	User Specif
Ballast	1	1,660	1,660			11,570	0,000	0,000	0,000	User Specif
Crew	1	0,100	0,100			0,500	0,000	1,500	0,000	User Specif
Total Loadpro			33,217	0,000	0,000	5,205	0,000	0,884	0,000	
PS correction								0,000		
VCG fluid								0,884		

Gambar 4.16. Tabel Loadcase Window

2. Setelah data-data *loadcase* dimasukkan sesuai dengan kondisi masing-masing, maka proses perhitungan mulai dapat dilakukan dengan memilih menu *Start Analysis* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.17.



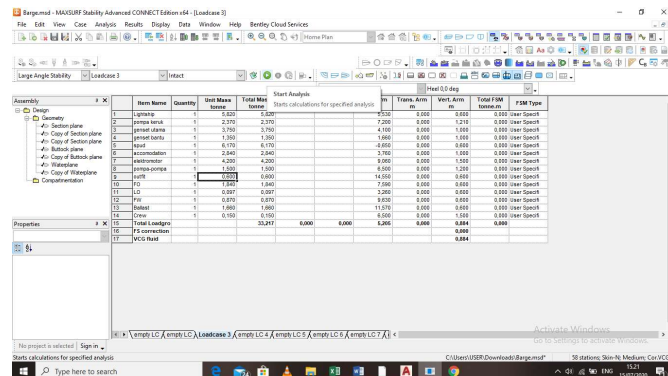
Gambar 4.17. Menu *Start Analysis* Untuk Memulai Perhitungan

- Setelah proses perhitungan dilakukan, maka hasil trim dan stabilitas kapal dapat dilihat dan kemudian disesuaikan dengan syarat yang telah ditentukan oleh IMO.

#### 4.14.1. Kondisi 25% Full Load

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 25% dari total tanki penuh.. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

- Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut:



Gambar 4.18. *Input* Data Beban Kondisi 25% Full Load

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel 4.18 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO A.749 Code on Intact Stability.

**Tabel 4.12 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Angle of max GZ	15	deg	22,7	Pass	51,51
Area 0 to 30 or Gzmax	3,568	m.deg	12,4676	Pass	249,43
Area 0 to 40	5,1623	m.deg	26,7153	Pass	417,51
Area 30 to 40	1,7189	m.deg	7,7983	Pass	353,68
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,845	Pass	322,5

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini:

**Tabel 4.13 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim**

	<b>Criteria</b>	<b>0,5% L<sub>wl</sub></b>	<b>Value</b>	<b>Status</b>
<b>Trim</b>	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,065 m	0,0m	<i>Pass</i>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami *even keel* dan semua kriteria terpenuhi.

#### 4.14.2. Kondisi 50% Full Load

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 50% dari total tanki penuh.. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut:

Item Name	Quantity	Unit Mass (ton)	Total Mass (ton)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	Item Type
1. Lifting	1	5,531	5,531	0,000	0,000	0,000	User Specif
2. pompa tanki	1	2,975	2,975	2,285	0,000	1,210	User Specif
3. penutup tanki	1	3,758	3,758	4,100	0,000	1,000	User Specif
4. penutup tanki	1	3,758	3,758	1,000	0,000	1,000	User Specif
5. Copy of Section plane	1	6,175	6,175	0,000	0,000	0,000	User Specif
6. Copy of Section plane	1	2,845	2,845	3,700	0,000	1,000	User Specif
7. Batok plane	1	4,250	4,250	0,000	0,000	1,000	User Specif
8. accommodation	1	2,845	2,845	3,700	0,000	1,000	User Specif
9. Levelelement	1	4,250	4,250	0,000	0,000	1,000	User Specif
10. pompa-pompa	1	5,531	5,531	0,000	0,000	1,000	User Specif
11. Lifting	1	5,531	5,531	0,000	0,000	0,000	User Specif
12. PD	1	7,580	7,580	0,000	0,000	0,000	User Specif
13. LCG	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	User Specif
14. PVR	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	User Specif
15. Subst	1	1,500	1,500	1,575	0,000	0,000	User Specif
16. Crew	1	0,100	0,100	0,000	0,000	1,500	User Specif
17. Total Load		30,470	30,470	0,000	0,000	0,000	
18. F.S correction						0,004	
19. VCC fluid						0,004	

**Gambar 4.19. Input Data Beban Kondisi Kapal 50% Full Load**



2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel 4.14 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO A.749 *Code on Intact Stability*.

**Tabel 4.14 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Angle of max GZ	15	deg	22,7	Pass	51,51
Area 0 to 30 or Gzmax	3,568	m.deg	12,4676	Pass	249,43
Area 0 to 40	5,1623	m.deg	26,4019	Pass	417,51
Area 30 to 40	1,7189	m.deg	7,7983	Pass	322,50
Max GZ at 30 or greater	0,2	M	0,845	Pass	322,5

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 4.15Tabel 4.19 berikut ini:

**Tabel 4.15 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim**

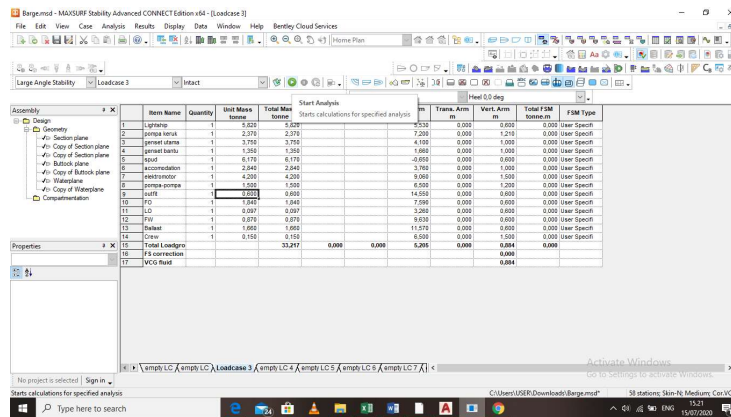
	<b>Criteria</b>	<b>0,5% L<sub>wl</sub></b>	<b>Value</b>	<b>Status</b>
<b>Trim</b>	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,065 m	0,016m	<i>Pass</i>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,16 m, dan semua kriteria terpenuhi. Jadi, dapat dikatakan bahwa trim dan stabilitas pada kondisi kapal dengan 50% *Full Load* aman.

#### **4.14.3. Kondisi 75% Full Load**

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 75% dari total muatan penuh.. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut:



Gambar 4.20. *Input Data* Beban Kondisi Kapal 75% Full Load

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO A.749 *Code on Intact Stability*.

**Tabel 4.16 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Angle of max GZ	15	deg	22,7	Pass	51,51
Area 0 to 30 or GZmax	3,568	m.deg	12,4676	Pass	247,55
Area 0 to 40	5,1623	m.deg	26,7153	Pass	411,44
Area 30 to 40	1,7189	m.deg	7,793	Pass	344,72
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,845	Pass	316

- Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini:

**Tabel 4.17 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim**

	<b>Criteria</b>	<b>0,5% L<sub>WL</sub></b>	<b>Value</b>	<b>Status</b>
<b>Trim</b>	<b>Value ≤ 0,5% L<sub>WL</sub></b>	0,065 m	0,01m	<b>Pass</b>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,16 m, dan semua kriteria terpenuhi.

#### 4.14.4. Kondisi Full Load

Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

- Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut:

Item Name	Quantity	Unit Mass	Total Mass	Trans. Arm	Vert. Arm	Total FSM	FSM Type
1. Lpgas	1	5,520	5,520	0,000	0,000	0,000	User Specif
2. Jerng lurus	1	2,370	2,370	7,200	0,000	1,210	0,000 User Specif
3. Jerng dalam	1	3,750	3,750	4,500	0,000	1,000	0,000 User Specif
4. City of Section plane	1	1,200	1,200	1,000	0,000	1,000	0,000 User Specif
5. Jerng lurus	1	6,170	6,170	2,000	0,000	0,000	0,000 User Specif
6. Jerng dalam	1	2,040	2,040	2,700	0,000	1,000	0,000 User Specif
7. Jerng lurus	1	4,200	4,200	9,000	0,000	1,000	0,000 User Specif
8. Jerng dalam	1	1,500	1,500	6,500	0,000	1,000	0,000 User Specif
9. Jerng lurus	1	0,000	0,000	14,000	0,000	0,000	0,000 User Specif
10. Jerng dalam	1	1,000	1,000	7,500	0,000	0,000	0,000 User Specif
11. Jerng lurus	1	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000 User Specif
12. Jerng dalam	1	0,000	0,000	8,000	0,000	0,000	0,000 User Specif
13. Jerng lurus	1	1,000	1,000	11,000	0,000	0,000	0,000 User Specif
14. Jerng dalam	1	0,100	0,100	6,000	0,000	1,000	0,000 User Specif
15. Total Loadings			33,217	0,000	0,000	6,200	0,000
16. Jerng lurus						0,000	0,000
17. VCG fluid						0,000	0,000

Gambar 4.21. *Input Data Beban Kondisi Kapal Full Load*

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel 4.18 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO A.749 *Code on Intact Stability*.

**Tabel 4.18 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Angle of max GZ	15	deg	22,7	Pass	51,51
Area 0 to 30 or GZmax	3,568	m.deg	12,4006	Pass	247,55
Area 0 to 40	5,1623	m.deg	26,4019	Pass	411,44
Area 30 to 40	1,7189	m.deg	7,6443	Pass	344,72
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,832	Pass	316

- Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini:

**Tabel 4.19 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim**

	Criteria	0,5% L <sub>WL</sub>	Value	Status
Trim	Value ≤ 0,5% L <sub>WL</sub>	0,065 m	0,016m	Pass

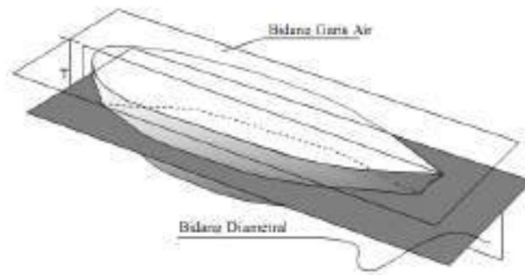
Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,16 m, dan semua kriteria terpenuhi. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

#### 4.15. Desain Rencana Garis (*Lines plan*)

Rencana garis merupakan langkah dasar dari tahap mendesain sebuah kapal dan memiliki fungsi untuk memberikan gambaran umum bentuk tiga dimensi badan kapal. Rencana garis ini dijadikan dasar untuk mendesain kapal secara lengkap, mulai dari perhitungan untuk mengetahui karakteristik kapal, menentukan pembagian ruang di kapal, menentukan daya muat kapal, serta menghitung dan memeriksa kemampuan olah gerak kapal selama pelayaran. Rencana garis diproyeksikan ke 3 bidang, yaitu:

## 1. Bidang Garis Air

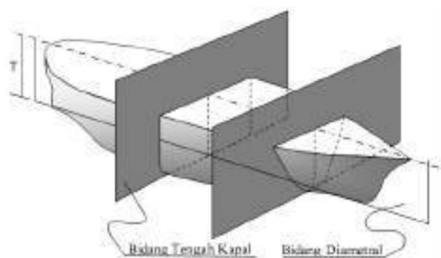
Bidang garis air adalah bidang horizontal yang melalui permukaan air pada saat kapal muatan penuh, bidang ini akan memotong kapal dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari atas. Bila dibuat bidang-bidang yang sejajar ke arah atas dan bawah dari bidang garis air ini, maka akan diperoleh garis-garis bentuk lengkungan badan kapal yang terlihat dari atas pada tinggi permukaan air yang berbeda-beda yang keseluruhannya berada dalam lingkup bidang pandangan atas. Bidang pandangan atas kapal ini biasa disebut *half breadth plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut sebagai garis *waterline* (WL). Gambar 4.22 berikut merupakan bidang garis air.



Gambar 4.22 Bidang Garis Air

## 2. Bidang Tengah Kapal

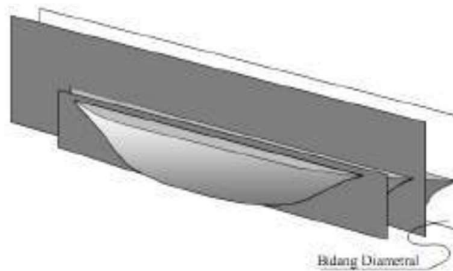
Midship adalah bidang tegak melintang yang melalui pertengahan panjang diantara dua garis *perpendicular* (LPP), bidang ini akan memotong kapal tepat di ditengah-tengah panjangnya dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari depan. Bila dibuat bidang-bidang sejajar ke arah depan dan belakang dari bidang tengah ini, maka akan diperoleh garis-garis bentuk lengkungan badan kapal yang terlihat dari depan yang keseluruhannya berada di dalam lingkup bidang pandangan depan kapal. Bidang pandangan depan kapal ini biasa disebut *body plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut garis-garis *station* (ST). Gambar 4.23 merupakan bidang tengah kapal.



Gambar 4.23. Bidang Tengah Kapal

### 3. Bidang Diametral

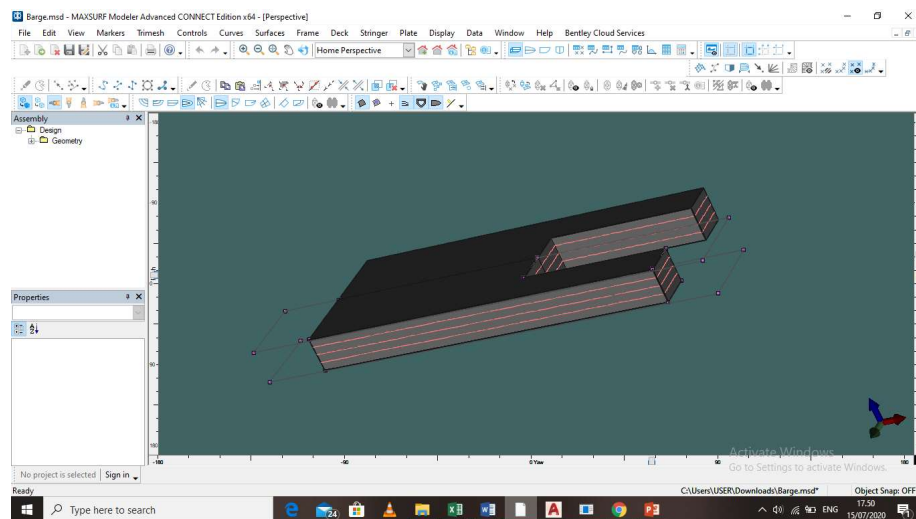
Bidang diametral adalah bidang tegak memanjang yang melalui sumbu tengah kapal (*center line*), bidang ini akan memotong kapal tepat ditengah-tengahnya dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari samping. Bila dibuat bidang-bidang yang sejajar ke arah samping kanan dan kiri dari bidang diametral ini, maka akan diperoleh garis-garis bentuk lengkungan badan kapal yang terlihat dari samping yang keseluruhannya berada di dalam lingkup bidang pandangan samping kapal. Bidang pandangan samping kapal ini biasa disebut *sheer plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut sebagai garis-garis *buttock line* (BL). Gambar 4.24 adalah bidang diametral kapal.



Gambar 4.24. Bidang Diametral Kapal

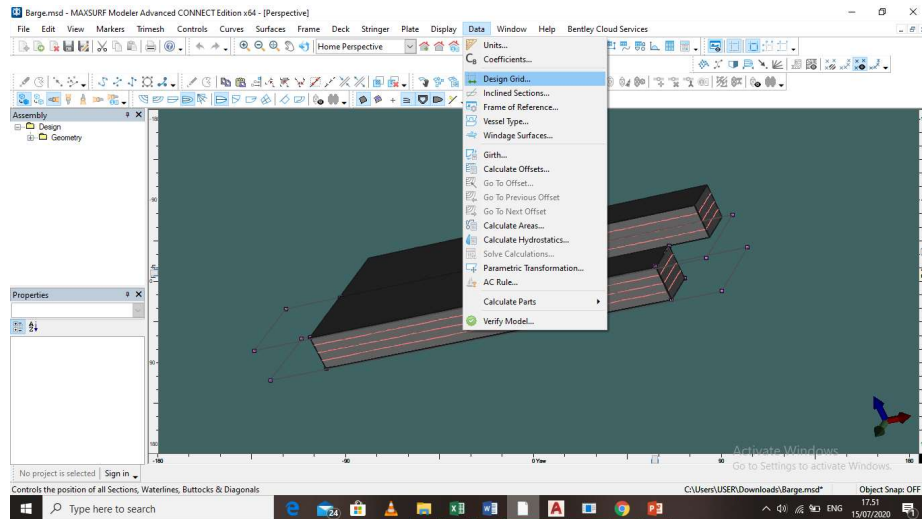
Pembuatan Rencana Garis Kapal dilakukan menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeler Advanced* dan *AutoCAD*. Berikut langkah-langkah membuat Rencana Garis:

1. Mula-mula model 3D lambung kapal dibuat di *Maxsurf Modeler Advanced*. Gambar 4.25 adalah contoh model 3D lambung kapal yang telah jadi.



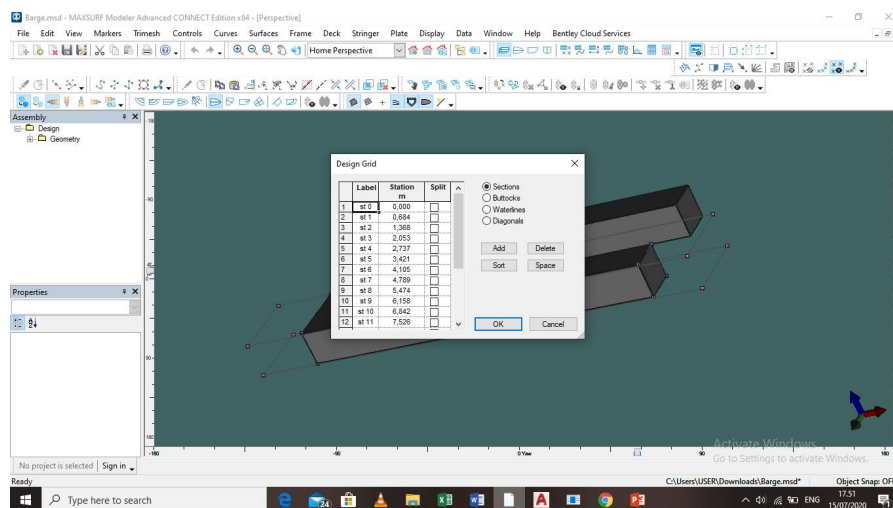
Gambar 4.25. Model 3D Lambung Kapal

2. Dari model 3D kapal yang telah dibuat, selanjutnya mengatur potongan-potongan bidang rencana garis kapal melalui menu *Design Grid* seperti pada Gambar 4.26 berikut.



Gambar 4.26. Menu *Design Grid*

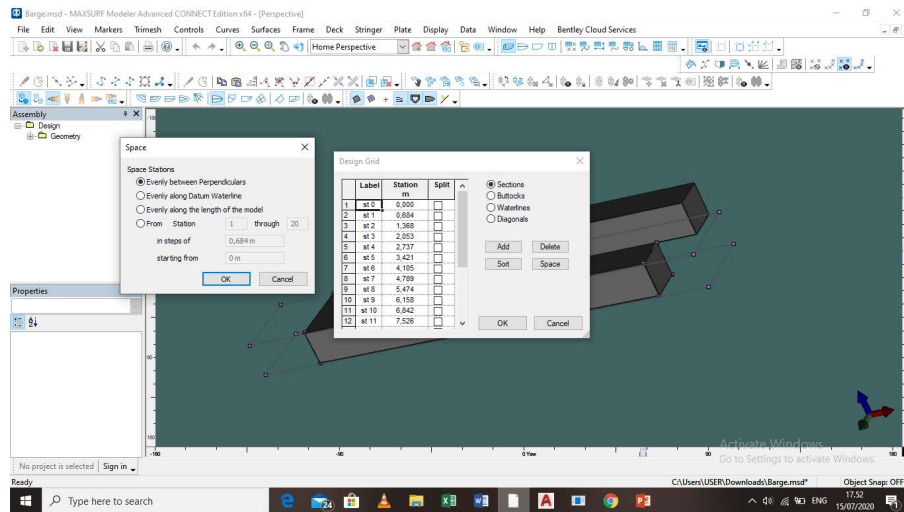
3. Dari menu *Design Grid* tersebut kemudian diaturlah *Sections*, *Buttstocks*, *Waterlines*, dan *Diagonals*. Istilah *Section* sama dengan *station*, sedangkan *Diagonals* sama saja dengan *sent line*. Keempat elemen tersebut diatur sesuai dengan standar yang ada. Gambar 4.27 adalah tampilan *Dialog Box* dari *Design Grid*.



Gambar 4.27. Tampilan *Dialog Box* pada *Design Grid*

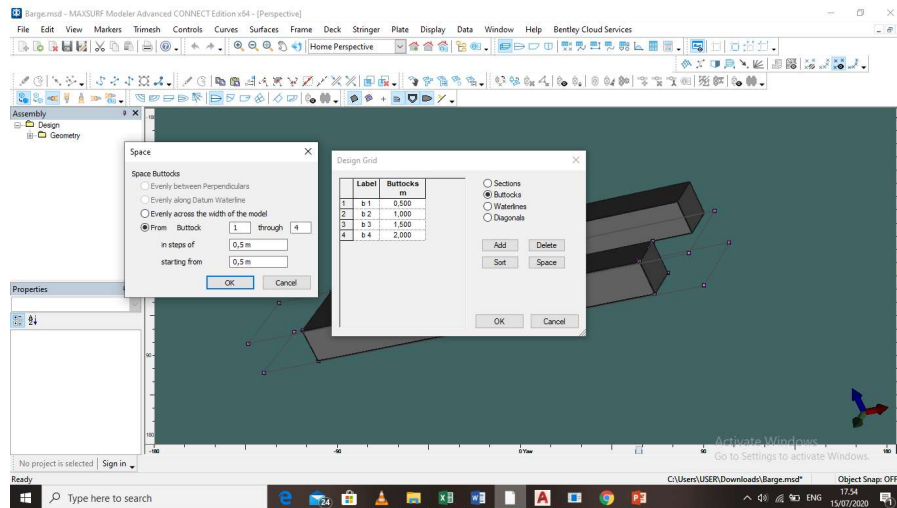
4. Mengatur *Section* atau *station*. Mula-mula *station* ditambahkan sebanyak 20 *station* melalui menu *Add*. Kemudian jarak antar *station* dibagi sama rata terhadap panjang

*perpendicular* melalui menu *Space* lalu klik OK. Dapat dilihat pada Gambar 4.28 tentang langkah-langkah *setup*-nya.



Gambar 4.28. Langkah-langkah Mengatur *Station*

- Mengatur *Buttocks* atau bidang diametral. Mula-mula klik centang pada menu *Buttocks*. Kemudian *Buttocks* ditambahkan sebanyak 4 (empat) buah. Setelah itu jarak antar *Buttocks* diatur mulai dari (*starting from*) 0,5 meter dan berjarak (*in steps of*) 0,5 meter juga. Pengaturan *Buttocks* dapat dilihat pada Gambar 4.30 Gambar 4.29 berikut ini.

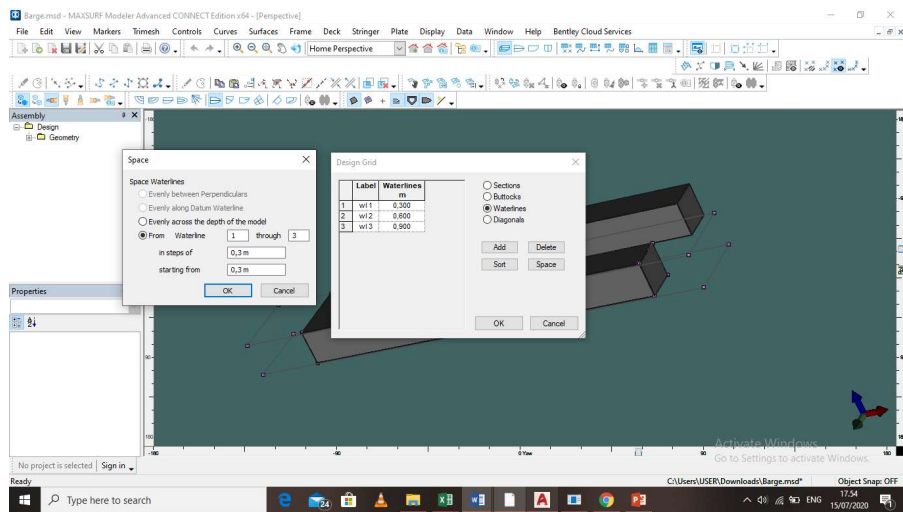


Gambar 4.29. Langkah-langkah Mengatur *Buttocks*

- Mengatur *Waterlines* atau bidang garis air. Sama seperti mengatur *Buttocks*, mula-mula klik centang pada menu *Waterlines*. Kemudian *Waterlines* ditambahkan sebanyak 8 (delapan) buah. Setelah itu jarak antar *Waterlines* diatur mulai dari



(starting from) 0,3 meter dan berjarak (in steps of) 0,3 meter juga. Pengaturan *Waterlines* dapat dilihat pada Gambar 4.30 berikut ini.



Gambar 4.30. Langkah-langkah Mengatur *Waterlines*

Setelah semua komponen *Design Grid* diatur, maka kapal telah mendapatkan bidang-bidang potongnya. Kemudian tiap-tiap pandangan kapal di-*export* ke AutoCAD dan lembar kerja berpindah ke AutoCAD. Tujuan menggunakan AutoCAD adalah untuk memperhalus Rencana Garis dan disesuaikan standar yang ada. Gambar Rencana Garis dapat dilihat pada Lampiran C Rencana Garis.

#### 4.16. Pembuatan General Arrangement

Dari gambar *lines plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *general arrangement* dari *Plain Suction Dredger* ini. *General arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal (Taggart, 1980). Pembuatan *general arrangement* dilakukan dengan bantuan *software* AutoCAD 2015. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan *general arrangement Plain Suction Dredger* ini adalah penataan geladak utama yang baik agar memberikan ruang yang leluasa untuk crew.

Peletakan peralatan juga harus diperhatikan agar sesuai dengan perhitungan titik berat kapal. Hal ini berfungsi agar perhitungan dengan gambar kapal tidak rancu.

Data yang diperlukan untuk pembuatan *general arrangement* adalah :

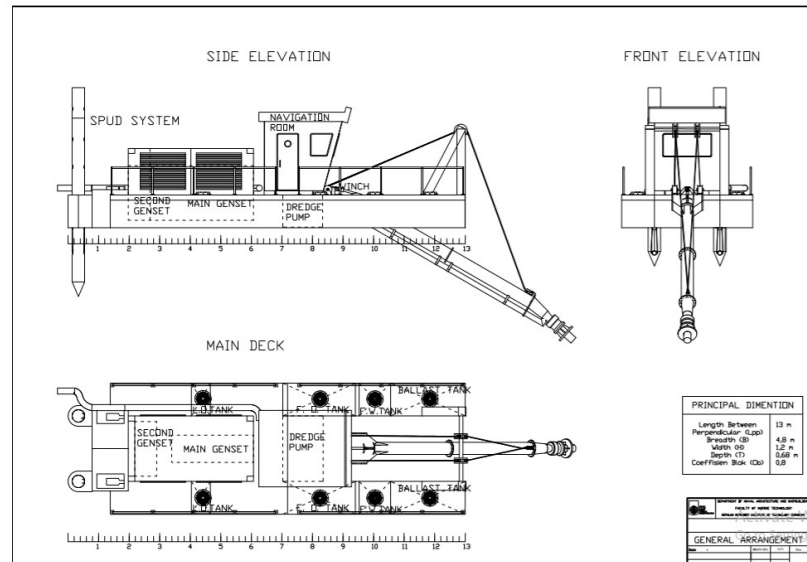
Loa = 13 m

B = 4,8 m

T = 0,68 m



$$H = 1,2 \text{ m}$$



Gambar 4.31 Sket awal rencana umum *plain suction dredger*

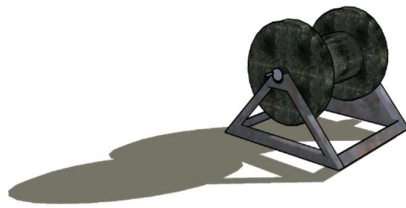
Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat sket peletakan peralatan yang terdapat pada *main deck*. Peralatan yang terdapat pada *main deck* terdiri dari spud, winch, elektromotor, serta ruang kemudi. Peletakan peralatan harus diatur sedemikian rupa sehingga masih tetap memberikan ruang gerak untuk crew.

Kemudian setelah sket *main deck* selesai dibuat, langkah berikutnya adalah dengan menyempurnakan gambar tampak atas (*top view*) *general arrangement* pada *main deck*. Dari gambar *top view* kemudian dibuat gambar *side view* dan *front view* kapal. Gambar *general arrangement plain suction dredger* ini secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran.

#### 4.16.1. Perincian Peralatan Keruk

Perhitungan untuk alat-alat keruk yang ada sudah dirincikan pada bab 4.11.1. Peralatan keruk pada kapal keruk ada beberapa macam dan digambarkan sebagai berikut:

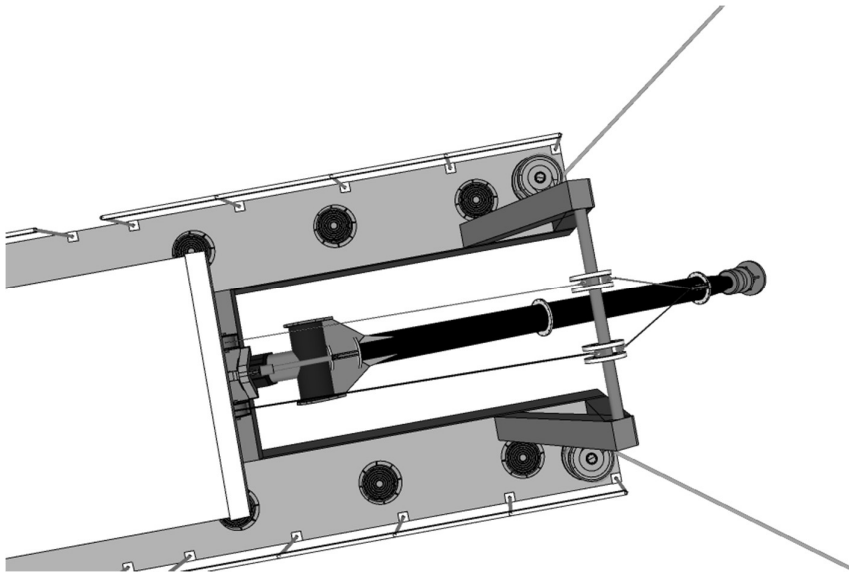
1. *Winch* untuk mengangkat pipa keruk



**Gambar 4.32 Winch untuk pipa**

Seperti terlihat pada Gambar 4.32 kapal ini dilengkapi dengan *winch* sebagai penggerak untu menaikan dan menurunkan pipa keruk dengan ukuran 0,4m.

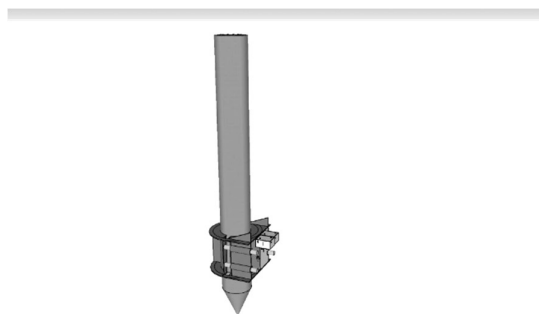
## 2. *Winch* untuk pergerakan keruk



**Gambar 4.33 Winch untuk pergerakan**

Gambar 4.33 menunjukan *winch* untuk melakukan pergerakan saat mengeruk ke kanan dan ke kiri pada saat kapal mengeruk endapan yang ada.

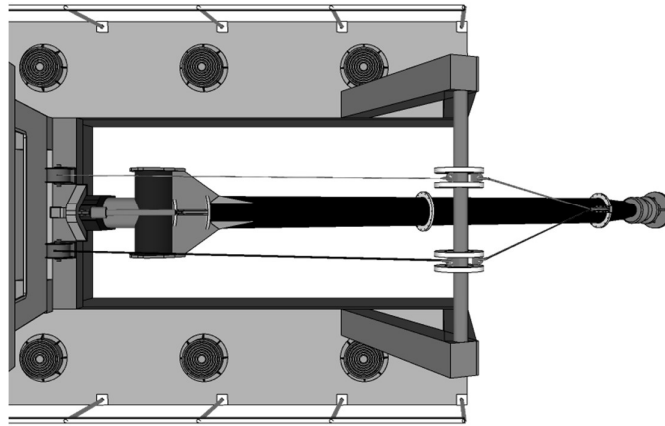
## 3. Spud



**Gambar 4.34 Spud**

Spud seperti terlihat pada gambar Gambar 4.34 berfungsi sebagai porok dan untuk pergerakan maju mundur kapal. Terdapat 2 buah spud dengan ukuran panjang 6m.

#### 4. Pipa keruk

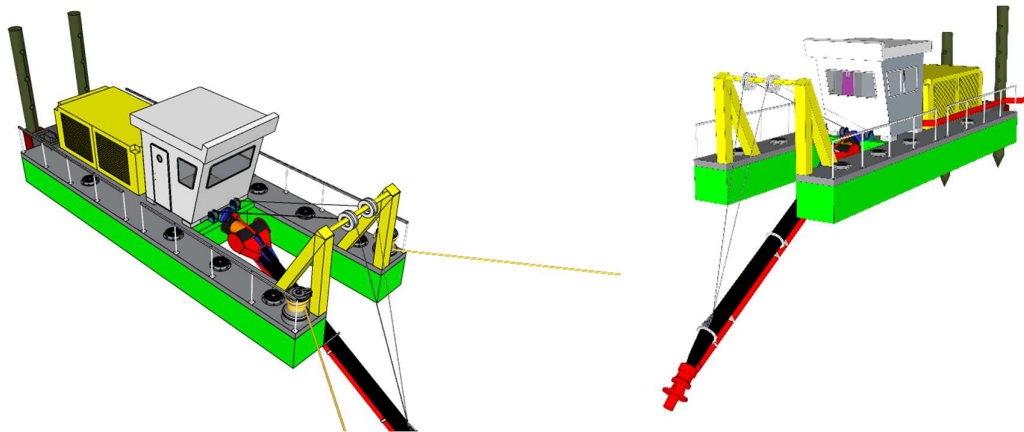


**Tabel 4.20 Pipa Keruk**

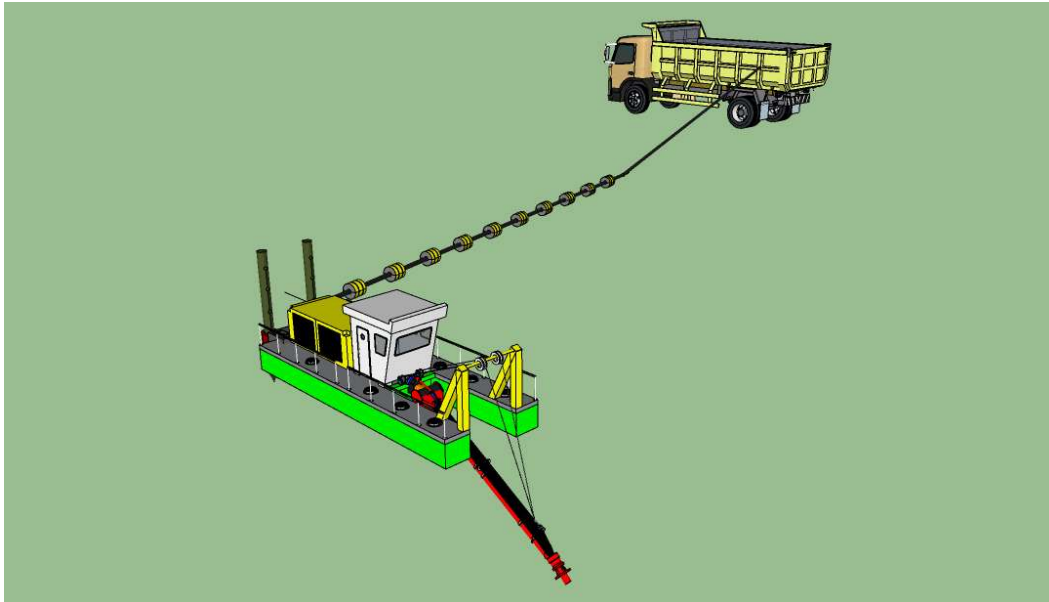
Panjang dari pipa keruk kapal ini yaitu 10 m dan memiliki diameter 10cm.

#### 4.17. Desain 3D Model

Pembuatan 3D model kapal ini berdasarkan dari ukuran utama yang didapatkan dan mengacu juga pada rancangan umum tentang tata letak dari perlengkapan-perengkapan kapal yang dibutuhkan. Desain 3D model ini menggunakan *software autocad* seperti terlihat pada Gambar 4.35 berikut



**Gambar 4.35 Gambar 3D Model**



**Gambar 4.36 Material keruk dialirkan menuju truk pembuangan**

## BAB 5 ANALISIS EKONOMIS

### 5.1. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Proses menghitung biaya pembangunan kapal ini berdasarkan komponen-komponen apa saja yang direncanakan terdapat di kapal. Kemudian mulai mencari harga pasaran dari komponen-komponen tersebut. Berikut komponen-komponen yang direncanakan terdapat di kapal dan dihitung sesuai dengan harga pasar:

#### 1. Harga Pelat Kapal

Harga pelat disesuaikan berdasarkan harga pasar yang ada (Data tentang harga pelat dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung). Berikut perhitungan harga pelat kapal sesuai dengan Tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1. Perhitungan Harga Pelat Kapal

Pelat Kapal Keseluruhan		
<i>(hull &amp; construction)</i>		
<i>Sumber: Alibaba.com <a href="https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p">https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p</a></i>		
Harga	\$650	USD/ton
Pelat Kapal Keseluruhan		
Berat pelat keseluruhan	5,82	ton
Harga pelat keseluruhan	\$3.783	USD
	Rp55.110.744,00	Rupiah

#### 2. Harga Suction Set

Perhitungan harga *Suction Set* dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2. Perhitungan Harga Suction Set

Suction set		
<i>Sumber: <a href="https://www.alibaba.com/product-detail/Cutter-Suction-Dredger-Dredge-Sand-Dredger_60125809520.html?spm=a2700.wholesale.deiletai6.8.7bcc3aebvV5ZRI">https://www.alibaba.com/product-detail/Cutter-Suction-Dredger-Dredge-Sand-Dredger_60125809520.html?spm=a2700.wholesale.deiletai6.8.7bcc3aebvV5ZRI</a></i>		
Harga	\$30.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	\$30.000	USD
	Rp437.040.000,00	Rupiah

### 3. Harga *Square Piles*

*Square piles* adalah komponen baja solid yang digunakan sebagai *spud* kapal. *Square Piles* memiliki dimensi 400 x 400 mm karena disesuaikan dengan hasil perhitungan *spud*. Dalam Tabel 5.3. berikut dijelaskan tentang perhitungan harga *Square Piles* (Data tentang harga *Square Piles* dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung).

Tabel 5.3. Perhitungan Harga *Square Piles*

<i>Square Piles</i> (Untuk <i>Spuds</i> ) 400 x 400 mm		
Sumber: Indotrading, <a href="http://m.indotrading.com/product/square-piles-p284975">http://m.indotrading.com/product/square-piles-p284975</a>		
Harga <i>Square Piles</i>	Rp514.800	Rp/meter
Panjang <i>Square Piles</i>	6	meter
Jumlah Unit	2	unit
Harga Unit	Rp6.177.600	Rupiah

### 4. Harga *Main Engine*

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab 4.9.5, *main engine* yang dipakai adalah jenis Cummins model K19-DM. Perhitungan harga mesin utama dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4. Perhitungan Harga *Main Engine*

<i>Main Engine Cummins K19-DM</i>		
Sumber: <a href="https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-sale-Top-quality-522kw-19liter_62443248547.html?spm=a2700.7735675.normalList.106.55d82545tba3NM&amp;s=p">https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-sale-Top-quality-522kw-19liter_62443248547.html?spm=a2700.7735675.normalList.106.55d82545tba3NM&amp;s=p</a>		
Harga	7.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	7000	USD/unit
	Rp101.976.000	Rupiah

### 5. Harga Generator Set

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab 4.9.5, bahwa generator set yang digunakan pada kapal ini adalah jenis Cummins 6BT5.9-G1. Tabel 5.5 berikut dijabarkan perhitungan harga generator set (Data tentang harga genset dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung).

Tabel 5.5. Perhitungan Harga Generator Set

Generator Set		
Sumber: <a href="https://www.alibaba.com/product-detail/Genuine-6-cylinder-generator-6BT5-9_60735432578.html?spm=a2700.7735675.normalList.34.78bf3922aNNwAi&amp;s=p">https://www.alibaba.com/product-detail/Genuine-6-cylinder-generator-6BT5-9_60735432578.html?spm=a2700.7735675.normalList.34.78bf3922aNNwAi&amp;s=p</a>		
Harga	5000	USD
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	Rp72.840.000	Rupiah

## 6. Harga Elektroda

Elektroda las juga diperhitungkan sebagai komponen biaya pembangunan. Dalam perhitungan ini, elektroda diasumsikan sekitar 6% dari harga pelat kapal. Berikut perhitungan harga elektroda dijelaskan pada Tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6. Perhitungan Harga Elektroda

Elektroda		
(diasumsikan 6% dari harga pelat)		
<i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i>		
Harga	500,00	USD/ton
Berat pelat kapal total	0,349	Ton
Harga Elektroda	\$175	USD
	Rp2.543.573	Rupiah

## 7. Harga Pipa terapung

Sesuai dari sumber yang didapat berikut harga pipa terapung

Elektroda		
Membutuhkan 2 set		
<i>Sumber: <a href="https://indonesian.alibaba.com/product-detail/superior-inflatable-plastic-hose-floats-cable-floater-pipe-floater-60768075364.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.7a195e31eLls2N">https://indonesian.alibaba.com/product-detail/superior-inflatable-plastic-hose-floats-cable-floater-pipe-floater-60768075364.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.7a195e31eLls2N</a></i>		
Harga	300,00	USD/set
Berat pelat kapal total	2	set
Harga Elektroda	\$600	USD
	Rp4.383.000	Rupiah

Jadi, dari komponen-komponen tersebut, total biaya pembangunan kapal (*buliding cost*) sebesar Rp 680.070.916,80.

## 5.2. Perhitungan Harga (Price)

Price adalah harga kapal yang diberikan oleh galangan kapal yang memproduksi kapal pesanan owner. Price ditanggung oleh owner, dimana di dalamnya sudah diperhitungkan untuk laba, inflasi, dll. Price diperoleh dari Cost yang telah dikoreksi dengan beberapa koreksi sebagai berikut :

1. Tambahan laba ( profit ) sebesar 0% ~ 10% , 5% adalah yang terbaik untuk metode estimasi.
2. Tambahan untuk antisipasi pengaruh inflasi pada biaya selama masa pembangunan sebesar 2%.
3. Penambahan akibat pajak pemerintah sebesar 10%.

Profit	= 5%*Cost	= 5%*675.687.916,80	=	Rp34.003.546
Inflasi	= 2%*Cost	= 2%*675.687.916,80	=	Rp13.601.418
Government	= -10%*Cost	= -10%*675.687.916,80	=	Rp68.007.092

Jadi harga kapal :

$$\begin{aligned}
 \text{Price} &= \text{Cost} + \text{koreksi} \\
 &= \text{Rp}795.682.972 \\
 &= \text{Rp } 795.682.000
 \end{aligned}$$



### 5.3. Estimasi Pengeluaran

Pengeluaran pada kapal ini meliputi biaya perawatan, asuransi, gaji *crew*, bahan bakar dan air bersih. Perincian dari biaya tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 5.7 Estimasi Biaya Pengeluaran

Biaya perawatan	Nilai	Unit
<i>Diasumsikan 10% dari total building cost</i>		
<b>Total maintenance cost</b>	Rp 67.568.791,68	Per tahun
Asuransi	Nilai	Unit
<i>Diasumsikan 2% dari building cost (watson, 1998)</i>		
<b>Total biaya asuransi</b>	Rp 13.513.758,34	Per tahun
Gaji crew	Nilai	Unit
Jumlah	2	Orang
Gaji crew per bulan (seminggu 3 hari kerja)	Rp 4.000.000	Per orang
Gaji per tahun	Rp 48.000.000	Per orang
<b>Gaji total crew</b>	Rp 48.000.000	Rp
Bahan bakar	Nilai	Unit
Jumlah kebutuhan	8500	Liter
Harga solar	Rp 9.500	Per liter
Harga solar sekali berlayar	Rp 80.750.000	
Harga solar per tahun	Rp 80.750.000	Per tahun
Air bersih	Nilai	Unit
Jumlah kebutuhan	3,9	Ton
Harga per ton	Rp 3.672	
Harga air bersih	Rp 14.321	
Harga per tahun	Rp 687.398	Per tahun
Biaya	Nilai	Masa
Gaji crew	Rp 48.000.000	Per tahun
Biaya perawatan	Rp 67.568.791,68	Per tahun
Asuransi	Rp 13.513.758,34	Per tahun
Bahan bakar	Rp 80.750.000	Per tahun
Air bersih	Rp 687.398	Per tahun
<b>Total</b>	Rp 210.519.948,42	Per tahun

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa geografis sungai dan endapan yang ada tipe kapal keruk yang dipilih adalah tipe *plain suction dredger*.
2. Dari hasil analisis perhitungan kapasitas endapan yang ada, disimpulkan kapal keruk tanpa ruang muat dan diperoleh besar kapasitas pompa keruk yang dapat ditampung oleh kapal (Payload=kapasitas pompa) sebesar 141m<sup>3</sup>/jam.
3. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh ukuran utama *Plain Suction Dredger* sebagai berikut:

$$\text{Length of Waterline (L}_{wl}) = 13,0 \text{ m}$$

$$\text{Length Between Perpendicular (L}_{pp}) = 13,0 \text{ m}$$

$$\text{Breadth (B)} = 4,80 \text{ m}$$

$$\text{Height (H)} = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Draught (T)} = 0,68 \text{ m}$$

4. Dari hasil perhitungan teknis didapatkan rekapitulasi dari beberapa ketentuan yang ada sebagai berikut :

- Perhitungan *Freeboard*

Hasil dari perhitungan lambung timbul kapal (*freeboard*) sebesar 70,73 mm

- Perhitungan Stabilitas

<i>Criteria</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>	<i>Actual</i>	<i>Status</i>	<i>Margin %</i>
<i>Angle of max GZ</i>	15	deg	22,7	Pass	51,51
<i>Area 0 to 30 or GZmax</i>	3,568	m.deg	12,4006	Pass	247,55
<i>Area 0 to 40</i>	5,1623	m.deg	26,4019	Pass	411,44
<i>Area 30 to 40</i>	1,7189	m.deg	7,6443	Pass	344,72
<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0,2	m	0,832	Pass	316

- Perhitungan Trim

	<b>Criteria</b>	<b>0,5% L<sub>wl</sub></b>	<b>Value</b>	<b>Status</b>
<b>Trim</b>	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,065 m	0,016m	<i>Pass</i>

5. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan model 3D kapal yang berturut-turut dapat dilihat dalam Lampiran C, Lampiran D, dan Lampiran E.
6. Dari hasil perhitungan ekonomi yang dilakukan didapatkan biaya pembangunan sebesar Rp 795.682.000 dan biaya operasional kapal per tahun sebesar Rp 210.519.000.

## 6.2. Saran

Saran yang diberikan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Karena permasalahan dalam Tugas Akhir ini termasuk ke dalam solusi terhadap kebijakan pemerintah, maka dibutuhkan peninjauan lebih lanjut mengenai aspek kebijakan tersebut.
2. Perlu adanya tinjauan lebih detail mengenai perhitungan konstruksi kapal karena masih banyak menggunakan rumus pendekatan.
3. Perlu adanya perhitungan estimasi biaya pembangunan secara riil untuk membangun *Plain Suction Dredger* agar dapat dimanfaatkan untuk solusi pengerukan di Kanal Banjir Timur ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andinuari, F. (2018) Desain Konsep *Self-Propelled Backhoe Dredger* Untuk Operasi Wilayah Sungai Kalimas Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya
- China Slurry Pump Group. (2015). china slurry pump. Retrieved from <http://china-slurrypump.com/cspg/product/2015-5-20/118.html>
- Cummins Inc. (2020). Cummins Incorporation. Retrieved from <https://www.cummins.com/engines/cta19>
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan. (2006). *Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi*. DKI Jakarta: Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan. (2015). *Pedoman Teknis Pengerukan Alur Pelayaran di Laut dan Kolam Pelabuhan*. DKI Jakarta: Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.
- Excellence. (2014). Catalog 2014. China: Excellence Pump Industry Co., Ltd.
- IMO. (1966). *International Convention on Load Lines*. London: Lloyd's Register.
- IMO. (1974). *Intact Stability Code*. IMO.
- IMO. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea*. London: Lloyd's Register.
- Jayakusuma, H (2016) *Desain Kapal Keruk (Dredger) Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Emas*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya
- Jaelani, M. R. A. (2016). *Desain Dredger Berbasis Jalur Sungai Pada Program "Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok"*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.
- Kearsipan, D. P. (2019). *Dispusite*. Retrieved January 08, 2019, from <http://dispusip.jakarta.go.id/dispusip/2019/03/20/kanal-banjir-timur>
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume I*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Mahendra, J. (2014). *Dunia Dredging & Reklamasi di Indonesia*. Depok.
- Majid, Aufa D. (2018). *Desain Amphibious Dredger Untuk Pengerukan Sungai Porong Sidoarjo Di Daerah Buangan Lumpur Lapindo*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.
- Media, P. J. (2018). Retrieved from <https://www.jawapos.com/photo/pengerukan-di-kanal-banjir-timur/>
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design, Chapter 11*. Michigan: University of Michigan.
- Rohim, M. A. (2003). *Penentuan Prototipe Kapal Keruk Yang Sesuai Untuk Dermaga Umum Pelabuhan Gresik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.



## **LAMPIRAN**

Lampiran A Data Pendukung

Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis

Lampiran C Rencana Garis

Lampiran D *General Arrangement*

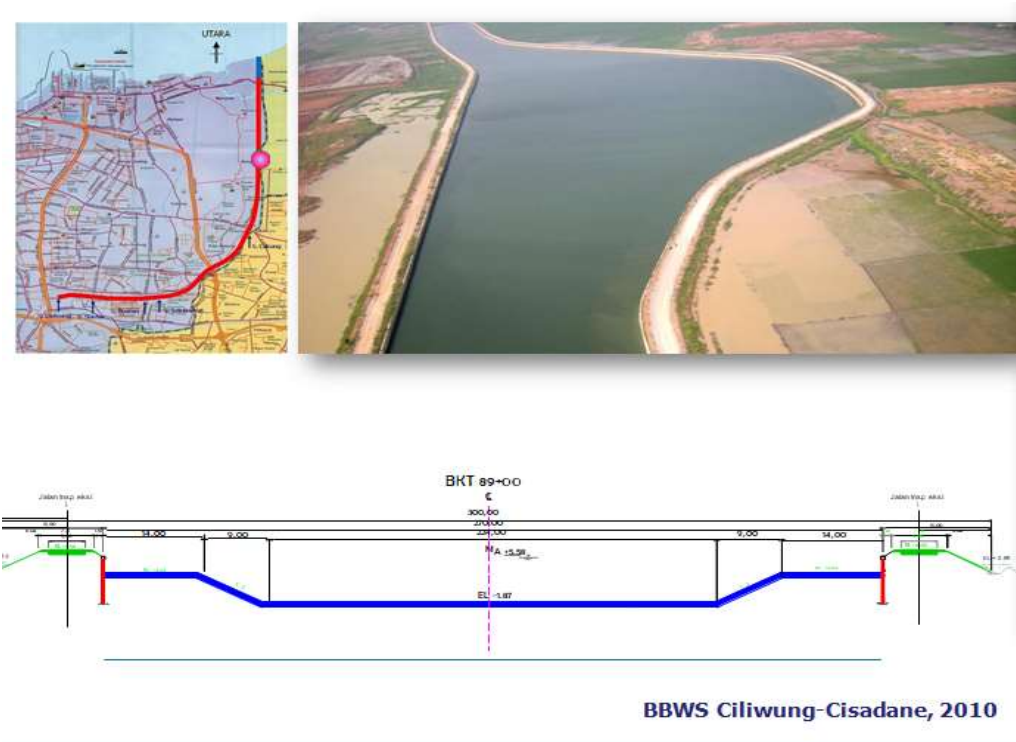
Lampiran E Model 3 Dimensi

## **LAMPIRAN A**

### **DATA PENDUKUNG**



Daerah Pengerukan Utama



BBWS Ciliwung-Cisadane, 2010

Kapal Pemanding

3. Technical Specification

Item Name	Descriptions /Specifications
Production Capacity (solid)	120-160 cbm/hr for medium sand at a distance of 1500 m.
Slurry concentration, %	Min 15%, Max 20%
Discharge distance (max)	Max 1500 m
Dredging depth at 45 degree 45	15 m
Min. dredging depth	1.6m
Inner Diameter of suction pipe	350mm
Inner Diameter of discharge pipe	300mm
Average Draught	1.0m
Maximum draught	1.2 m
Total weight	80Ton
Total installed power	403KW
Fuel tank capacity	15 Ton
Delivery time	60 days

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS

Perhitungan Daya Pompa Dredge				
Volume total per 2018	=	357.000		m3
Asumsi endapan/tahun	=	51.000		m3/tahun
Direncanakan				
Waktu Pengerukan perhari	=	5		Jam/hari
Total Waktu Pengerukan	=	6		Bulan
Waktu Kerja	=	3x		Perminggu
Penentuan Kapasitas Pompa				
	$Q = V/t$			
Dimana				
V : Volume yang dikeruk				
t : Waktu pengerukan				
	$Q =$		$V/t$	
	=		$51000/(5 \times 72)$	m3/jam
	=		141,67	<b>m3/jam</b>

PERHITUNGAN TINGGI KEHILANGAN			
H =	$(E \times V^2)/(2 \times g)$		
E =	koefisien lapangan (0,72-1,44)		0,72
v =	kecepatan aliran(lumpur 2,5m/s)		2,5
g =	gravitasi (9,8m/s <sup>2</sup> )		9,8
H =	0,229592		
PERHITUNGAN DAYA POMPA			
P =	$(1000 \times W \times H \times Q) / (75 \times \eta)$		
W =	berat jenis tanah(t/m <sup>3</sup> )		1365
H =	total tinggi penghisapan(m)		0,229592
Q =	debit (m <sup>3</sup> /jam)		0,039353
$\eta$ =	efisiensi pompa		0,6
P =	274,064	HP	
	204,4517	KW	

Winch			
<u>Untuk menaikkan dan menurunkan spud</u>			
Gaya tarik pada winch barrel			
$T_b =$	$(P + Q) / \eta_{pk}$		
Dimana :			
P	Berat spud yang ditarik	3084	<sup>n</sup> kg
Q	Berat cargo hook dan shackle ( 0,0022 ~ 0,0028 ) P ; diambil	0,0025	
	= 0,0025 x 6500 =	7,71	kg
$\eta_p$	= efficiency 1 pulley, diambil	1	
K	= faktor keamanan, diambil	0,9	
$T_b =$	$( 3084 + 7,71 ) / 1^{0,9}$		
=	3091,71	Kg	
Diameter Winch barrel			
$D_{bd} = D_d + d_r ( 2 z - 1 )$			
$D_d$	= Diameter drum, max $D_d = 0,4$		
	= ( 16,5 ~ 18 ) $d_r$ , diambil harga max, jadi		
	= 0,4 m	0,4	m
$d_r$	= Diameter tali		
	= $D_d / 17 = 0,4 / 17$		
	= 0,023529412 m	0,023529	m
Z	= Jumlah lilitan tali pada drum ( < 5 )		
	= 4 lilitan	4	
$D_{bd}$	= $0,4 + 0,024 ( 2 \times 4 - 1 )$		
	= 0,564705882 m		
	0,564705882	m	
$M_{bd} = 0,5 D_{bd} ( T_b / \eta_b )$			
Dimana :			
$\eta_b$	= efficiency winch barrel, diambil 0.9		
$M_{bd} = 0,5 \times 0,565 ( 3091,71 / 0,9 )$			
=	969,9482353	Kg	
Overall gearing ratio			
$i_{wd} = n_m / n_{bd}$			
Dimana :			
$n_m$	= putaran poros motor listrik ( 500 ~ 3000 ) rpm		

	= 1500 rpm	1500	rpm
n <sub>bd</sub>	= kecepatan putar dari barrel		
	= $19,1 (V_{td} / D_{bd})$		
V <sub>td</sub>	= kecepatan mengangkat beban (0,33 ~ 0,5 ) m/s		
	= 0,45 m/s = 27 m/menit		
	= $19,1 (27 / 0,565)$		
	= 913,21875 putaran/menit	913,2188	
i <sub>w<sub>d</sub></sub> = 1500 / 913,219			
=	1,642541833		
<b>Torsi yang dibutuhkan poros sebagai penggerak</b>			
$M_{md} = M_{bd} / (i_{wd} \times h_{wd})$			
Dimana :			
h <sub>wd</sub>	= efficiency keseluruhan ( 0,65 ~ 0,75 )		0,75
$M_{md} = 969,948 / (1,643 \times 0,75)$			
=	787,35548	Kg m	
<b>Tenaga cargo winch</b>			
N <sub>e</sub>	= $M_{md} \times n_m / 71620$ HP		
Dimana :			
M <sub>md</sub>	= torsi yang timbul pada poros penggerak		
n <sub>m</sub>	= putaran poros motor listrik ( 500 ~ 3000 ) rpm		
=	1500	rpm	
$N_e = 787,356.47 \times 1500 / 71620$			
=	16,49027115	HP	
<b>Gaya tarik pada winch barrel</b>			
T <sub>b</sub>			
Dimana :			
P	= Berat jangkar yang ditarik		1200
Q			
	( 0,0022 ~ 0,0028 ) P ; diambil		0,0025
	= $0,0025 \times 1200 =$		3
hp	= efficiency 1 pulley, diambil	1	1
K	= faktor keamanan, diambil		0,9
=	1203		
$D_{bd} = D_d + d_r (2z - 1)$			
Dimana :			
D <sub>d</sub>	= Diameter drum, max D <sub>d</sub> = 0.4		

	$= ( 16,5 \sim 18 ) d_r$ ; diambil harga max, jadi		
	$= 0,4 \text{ m}$		0,4
$d_r$	$= \text{Diameter tali}$		
	$= D_d / 17 = 0,4 / 17$		
	$= 0,023529412 \text{ m}$		0,023529
$z$	$= \text{Jumlah lilitan tali pada drum } ( < 5 )$		
	$= 4 \text{ lilitan}$		4
$D_{bd} = 0,4 + 0,024 ( 2 \times 4 - 1 )$			
$=$	0,564705882	m	
$M_{bd} = 0,5 D_{bd} ( T_b / h_b )$			
Dimana :			
$h_b$	$= \text{efficiency winch barrel, diambil } 0.9$		
$M_{bd} = 0,5 \times 0,565 ( 3091,71 / 0,9 )$			
$=$	377,4117647		
$i_{wd} = n_m / n_{bd}$			
Dimana :			
$n_m$	$= \text{putaran poros motor listrik } ( 500 \sim 3000 ) \text{ rpm}$		
	$= 1500 \text{ rpm}$	1500	
$n_{bd}$	$= \text{kecepatan putar dari barrel}$		
	$= 19,1 ( V_{td} / D_{bd} )$		
$V_{td}$	$= \text{kecepatan mengangkat beban } ( 0,33 \sim 0,5 ) \text{ m/s}$		
	$= 0,45 \text{ m/s} = 27 \text{ m/menit}$		
	$= 19,1 ( 27 / 0,565 )$		
	$= 913,21875 \text{ putaran/menit}$	913,2188	
$i_{wd} = 1500 / 913,219$			
$=$	1,642541833		
$M_{md} = M_{bd} / ( i_{wd} \times h_{wd} )$			
Dimana :			
$h_{wd}$	$= \text{efficiency keseluruhan } ( 0,65 \sim 0,75 )$		0,75
$M_{md} = 969,948 / ( 1,643 \times 0,75 )$			
$=$	306,364	Kg m	
$N_e$	$= M_{md} \times n_m / 71620 \text{ HP}$		
Dimana :			
$M_{md}$	$= \text{torsi yang timbul pada poros penggerak}$		
$n_m$	$= \text{putaran poros motor listrik } ( 500 \sim 3000 ) \text{ rpm}$		

=	1500		
$Ne = 787,356.47 \times 1500 / 71620$			
=	6,41644792	HP	

DWT				
1. Berat Fuel Oil ( untuk genset utama dan genset bantu )				
$W_{FO} = ( Pb_{mg} \times b_{mg} + Pb_{ag} \times b_{ag} ) \times t \times 10^{-6} \times ( 1,1 \sim 1,3 )$				
Dimana :	Pb <sub>mg</sub>	= Besar HP genset utama	364,082	HP g/HP.h
	b <sub>mg</sub>	= Konsumsi BB genset utama	217	
	Pb <sub>ag</sub>	= Besar HP genset bantu	72,8163	HP g/HP.h
	b <sub>ag</sub>	= Konsumsi BB genset bantu	214	
	t	= lama operasi	15	h
$W_{FO} = ( 364,082 \times 64,76 + 72,8163 \times 14,5633 ) \times 15 \times 10^{-6} \times 1,3$				
=		1,844473294	Ton	
2. Berat Lubrication Oil / minyak pelumas				
$W_{LO} = ( Pb_{mg} \times b_{mg} + Pb_{ag} \times b_{ag} ) \times t \times 10^{-6} \times ( 1,1 \sim 1,3 )$				
Dimana :	Pb <sub>mg</sub>	= Besar HP genset utama	364,082	HP g/HP.h
	b <sub>mg</sub>	= Konsumsi LO genset utama	13,1	
	Pb <sub>ag</sub>	= Besar HP genset bantu	72,8163	HP g/HP.h
	b <sub>ag</sub>	= Konsumsi LO genset bantu	3	
	t	= lama operasi	15	h
$W_{LO} = ( 364,082 \times 13,1 + 72,81 \times 3 ) \times 40 \times 10^{-6} \times 1,3$				
=		0,097264373	Ton	
3. Berat Fresh Water / air tawar				
· Untuk pendingin mesin (2 ~ 5 Kg/ HP ), diambil 2 Kg / HP				
$= ( 2 \times 364,082 + 2 \times 72,816 ) \times 10^{-3}$				
=		0,873795603	Ton	
4. Berat crew diambil rata-rata 75 Kg/ orang				
$= 2 \text{ orang} \times 75 \text{ Kg/orang} \times 10^{-3}$				
=		0,15	Ton	
DWT	=	2,96553327	Ton	
LWT				
1. Berat Baja Barge				

	$W_{st}$	$= S_c \times C_m / 100$			[ton]
	$S_c$	$= 0.22$			
	$C_m$	$= \text{Cubic Number}$			[feet <sup>3</sup> ]
		$= (L \times B \times H)$		74,88	[feet <sup>3</sup> ]
$W_{st} = 0,22 \times [ ( 74,88 ) \times 35,315 ] / 100$					
=		5,81765184	Ton		
Ditambah berat spud, $W_{spud} = 2 \times 3084$					
$= 6168 \text{ Kg}$					
=		6,168	Ton		
$W_{st}$	=	11,98565184	Ton		
2. Berat Accomodation & Genset Room					
$W_{ag} = 0,1185 \times V$					
$= 0,1185 \times ( 5 \times 2 \times 2,4 )$					
=		2,844	Ton		
3. Berat Instalasi Permesinan					
		1. Berat Genset utama	=	3750	Kg
		2. Berat Genset bantu	=	1350	Kg
		3. Berat Pompa keruk	=	2374	Kg
		4. Berat Pompa - pompa ( balast, bahan bakar, air tawar )	=	1500	Kg
		5. Berat Elektromotor + winch	=	4200	Kg
Berat Total				13174	Kg
				13,174	Ton
4. Berat Outfit & Akomodasi					
$W_{oa} = 5\% W_{st}$					
$= 5\% \times 11,99$					
	=	0,599282592	Ton		
5. Berat Cadangan					

LWT = W <sub>st</sub> + W <sub>ag</sub> + W <sub>p</sub> + W <sub>oa</sub>				
= 11,98 + 2,84 + 13,174 + 0,59				
	=	28,60293443	Ton	
W <sub>res</sub> = ( 2 ~ 3 ) % LWT diambil 2,50%				
= 2,5% x 28,60				
	=	0,715073361	Ton	
LWT <sub>total</sub>	= LWT + W <sub>res</sub>			
= 28,60 + 0,715				
	=	29,31800779	Ton	
Volume Disp.	=	33,9466		
LWT+DWT	=	32,28354106		
Wballast		1,663058937		
		1,936842105		

No.	Komponen	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Momen LCG	Momen VCG
1	Badan Kapal	5,82	-0,98	0,60	-5,67	3,49
2	Pompa Keruk	2,37	0,70	1,21	1,66	2,87
3	Genset utama	3,75	-2,40	1,00	-9,00	3,75
4	Genset bantu	1,35	-4,84	1,00	-6,53	1,35
5	Spud	6,17	-7,15	0,60	-44,10	3,70
6	accomodation & genset room	2,84	-2,74	1,00	-7,79	2,84
7	elektromotor+winch	4,20	2,56	0,00	10,75	0,00
8	pompa - pompa	1,50	0,00	1,20	0,00	1,80
9	outfit	0,60	8,05	0,60	4,82	0,36
10	Fuel Oil	1,84	1,09	0,60	2,01	1,11
11	Lubrication Oil	0,097	-3,24	0,60	-0,32	0,06
12	Fresh water	0,87	3,13	0,60	2,73	0,52
13	Ballast Water	1,66	5,07	0,60	8,43	1,00
14	Crew	0,15	0,00	0,10	0,00	0,02
Jumlah		33,23	Jumlah		-43	23

## Beban Pada Lambung

### Ukuran utama

L = 13 m

B = 4,80 m



$$\begin{aligned} T &= 1 \text{ m} \\ H &= 1,20 \text{ m} \\ C_B &= 1 \end{aligned}$$

### Basic external dynamic load ( $P_0$ )

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

$$C_0 = ((L/25) + 4,1) \times C_{RW} ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$C_0 = 3,639$$

$$f = 1 \quad \text{untuk pelat kulit, geladak cuaca}$$

$$f = 0,052083 \quad \text{untuk gading biasa, balok geladak}$$

$$f = 0,006 \quad \text{Untuk Gading Besar, Senta, Penumpu}$$

$$\begin{aligned} C_L &= (L/90)^{1/2} ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m} \\ &= 0,457 \end{aligned}$$

$$C_{RW} = 0,75 \quad ; \text{ untuk pelayaran lokal (L)}$$

$$\begin{aligned} P_0 &= 2,1 \times (1,000 + 0,7) \times 3,639 \times 0,457 \times 1 \times 0,75 \\ &= 4,453 \text{ [kN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

### Beban pada sisi kapal ( $P_s$ )

Harga  $C_F$  dapat dicari dari tabel dibawah ini

Tabel 1

	Range		Factor $C_D$		Factor $C_F$	
A	$0 \leq x/L < 0,2$		$1,2 - x/L$		$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$	
	$x/L =$	0,167	$C_D =$	1,033	$C_F =$	1,167
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$		1		1	
	$x/L =$	0,51	$C_D =$	1	$C_F =$	1
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$		$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$		$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$	
	$x/L =$	0,804	$c = 0,15 \cdot L - 10$			
			$L_{\min} = 100 \text{ m}$			
			$C_D =$	1,173	$C_F =$	1,216

#### daerah $0 \leq x/L < 0,2$ [A]

$$P_0 = 4,453 \text{ kN/m}^2$$

$$Z = 0,833 \text{ m} \quad (\text{di bawah garis air})$$

$$\begin{aligned} P_s &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (1,0 - 0,833) + 4,454 \times 1,167 \times (1 + 0,833/1,0) \\ &= 11,1949 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### daerah $0,2 \leq x/L < 0,7$ [M]

$$Z = 0,833 \text{ m} \quad (\text{dibawah garis air})$$

$$\begin{aligned} P_s &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (1.0 - 0.833) + 4.454 \times 1 \times (1 + 0.833/1.0) \\ &= 9,832 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**daerah  $0.7 \leq x/L$  [F]**

$$Z = 0,833 \text{ m} \quad (\text{dibawah garis air})$$

$$\begin{aligned} P_s &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (1.0 - 0.833) + 4.454 \times 1.216 \times (1 + 0.833/1.0) \\ &= 11,595 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**Rekapitulasi beban pada sisi kapal**

A	11,19	kN/m <sup>2</sup>
M	9,83	kN/m <sup>2</sup>
F	11,59	kN/m <sup>2</sup>

diambil nilai maksimal, maka

$$P_s = 11,59 \text{ kN/m}^2$$

**Beban pada dasar kapal ( $P_B$ )**

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F$$

**daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]**

$$\begin{aligned} P_B &= 10 \times 1.0 + 4.454 \times 1.167 \\ &= 15,20 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]**

$$\begin{aligned} P_B &= 10 \times 1.0 + 4.454 \times 1 \\ &= 14,45 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**daerah  $0.7 \leq x/L$  [F]**

$$\begin{aligned} P_B &= 10 \times 1.0 + 4.454 \times 1.216 \\ &= 15,41 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**Rekapitulasi beban pada dasar kapal**

A	15,20	kN/m <sup>2</sup>
M	14,45	kN/m <sup>2</sup>
F	15,41	kN/m <sup>2</sup>

diambil nilai maksimal, maka

$$P_B = 15,41 \text{ kN/m}^2$$

**Perbandingan beban sisi ( $P_s$ ) dengan beban dasar ( $P_B$ )**

$$P_s = 11,59 \text{ kN/m}^2$$

$$P_B = 15,41 \text{ kN/m}^2$$

diambil beban yang paling besar, maka beban maksimal pada hull

$$P = 15,41 \text{ kN/m}^2$$

**Beban pada geladak cuaca ( $P_D$ )**

$$P_D = (P_0 \times 20 \times T \times C_D) / ((10 + Z - T)H)$$

$$P_0 = 4,453 \text{ kN/m}^2$$

$$H = 1,667 \text{ m}$$

$$Z = 1,667 \text{ m}$$

daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]

$$C_D = 1,03$$

$$P_D = (4.454 \times 20 \times 1.0 \times 1.033) / [(10 + 1.667 - 1.0) \times 1.667]$$

$$= 5,17 \text{ kN/m}^2$$

daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]

$$C_D = 1,000$$

$$P_D = (4.454 \times 20 \times 1.0 \times 1) / [(10 + 1.667 - 1.0) \times 1.667]$$

$$= 5,01 \text{ kN/m}^2$$

daerah  $0.7 \leq x/L$  [F]

$$C_D = 1$$

$$P_D = (4.454 \times 20 \times 1.0 \times 1.173) / [(10 + 1.667 - 1.0) \times 1.667]$$

$$= 5,876 \text{ kN/m}^2$$

**Rekapitulasi beban pada geladak cuaca**

A	5,175	kN/m <sup>2</sup>
M	5,010	kN/m <sup>2</sup>
F	5,876	kN/m <sup>2</sup>

diambil nilai maksimal, maka

$$P_D = 5,876 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan Tebal Pelat Kapal					
Jarak Gading (a)					
Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.					
L = 18.80627 m					
a0 = L/500 + 0,48 m (dari BKI '89)					
= (18.81 / 500) + 0.48					
=	0,52	m			
diambil :	a =	0,6	m		
Tebal Pelat Minimum					
tmin = (1,5 - 0,01 . L) . (L . k) <sup>1/2</sup> ; untuk L < 50 m			(BKI Vol II, Section 6-Shell Plating, B 3.1)		
= (1.5 - 0.01 x 18.81) x SQRT(18.81 x 1)					
=	5.689	mm	»	6	mm
tmax =		16	mm		
Tebal Pelat Alas					
untuk 0.4 L amidship :					
$t_t^{B1} = 1,9 \cdot n \cdot a \cdot (P \cdot k)^{1/2} + t$ ; untuk L < 90 m untuk 0.1 L dibelakang AP dan 0.05 didepan FP minimal :					
			(BKI Vol II, Section 6-Shell Plating, B 1.1)		

$t = 1,21 \cdot a \cdot (P \cdot k)^{1/2} + t$						
dimana :						
k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2 k = 1			1			
nf = 1	Untuk Konstruksi melintang		1			
nf = 0.83	Untuk Konstruksi memanjang a = jarak gading		0,83			
a = 0.60	m		0,6			
$t_k = 1.5$	untuk $t' < 10$ mm		1,5			
$t = (0,1 \cdot t' / k1/2) + 0,5$	untuk $t' > 10$ mm (max 3 mm)					
daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L						
$P_B =$	15,20	$N/m^2$	k			
$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(15.196 \times 1) + t_k$						
=	4,444	+ $t_k$				
=4,476+ $t_k$						
=	5,944	mm	»	6		
$t_{B2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(15.196 \times 1) + t_k$						
=	2,830	+ $t_k$				
= 2.850 + 1.5						
=	4,330	mm	»	5	jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]	
=	6	mm				
daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L						
$P_B =$	14,453	$kN/m^2$				
$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(15.196 \times 1) + t_k$						
=	4,334	+ $t_k$				
= 4.334 + 1.5						
=	5.834	mm	»	6	jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]	
=	6	mm				
daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L						
$P_B =$	15,415	$kN/m^2$				
$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(15.416 \times 1) + t_k$						
=	4,476	+ $t_k$				
= 4.476 + 1.5						
=	5.976	mm	»	6	mm	

$t_{B2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(15.416 \times 1)$	$+ t_K$					
=	2,85	$+ t_K$				
= 2.851 + 1.5						
=	4.351	mm	»	5	jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L[F]$	
t =	6	mm				
Rekapitulasi tebal pelat alas :						
A	6	mm	diambil nilai t yang paling besar			
M	6	mm	maka t alas =		6	mm
F	6	mm				
<b>Tebal Pelat Sisi</b>						
untuk 0.4 L amidship :		<i>(BKI Vol II, Section 6-Shell Plating, C 1.1)</i>				
$t_{S1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{1/2} + t_K$ ; untuk L < 90 m		untuk 0.1 L dibelakang AP dan 0.05 L didepan FP minimal :				
$t_{S2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{1/2} + t_K$						
dimana :						
k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2 k = 1				1		
$n_f = 1$	Untuk Konstruksi melintang			1		
$n_f = 0.83$	Untuk Konstruksi memanjang a = jarak gading			0,83		
a = 0.60	m			0,6		
$t_K = 1.5$	untuk $t' < 10$ mm			1,5		
$t_K = (0,1 \cdot t' / k1/2) + 0,5$	untuk $t' > 10$ mm (max 3 mm)					
<b>daerah <math>0 \leq x/L &lt; 0.2 [A]</math>, diambil 0.106 L</b>						
$P_s =$	11,195	$\text{kN/m}^2$				
$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(11.194 \times 1) + t_K$						
=	3,81	$+ t_K$				
= 3.814 + 1.5						
=	5.314	mm	»	6	mm	
$t_{S2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(11.194 \times 1) + t_K$						
=	2,43	$+ t_K$				
= 2,43+1,5						
=	3,93	mm		4	mm	
t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2 [A]$			t =	6	mm	
<b>daerah <math>0.2 \leq x/L &lt; 0.7 [M]</math>, diambil 0.529 L</b>						
$P_{S1} =$	9,83	$\text{kN/m}^2$	di bawah garis air			
$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(9.833 \times 1)$						
=	3,57	$+ t_K$				

= 3.575 + 1.5					
=	5,075	mm	»	6	mm
t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]			t =	6	mm
<b>daerah <math>0.7 \leq x/L</math> [F], diambil 0.812 L</b>					
PS1 =	11,59	kN/m <sup>2</sup>	di bawah garis air		
$t_{s1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(11.596 \times 1) + t_k$					
=	3,88	+ t <sub>k</sub>			
= 3.882 + 1.5					
=	5,38	mm	»	6	mm
$t_{s2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(11.596 \times 1) + t_k$					
=	2,47	+ t <sub>k</sub>			
= 2.472 + 1.5					
=	3,97	mm		4	mm
jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F] t =	6	mm			
Rekapitulasi tebal pelat alas :					
A	6	mm	diambil nilai t yang paling besar,		
M	6	mm	maka t alas =	6	mm
F	6	mm			
<b>Tebal Pelat Geladak</b>					
Tebal pelat geladak ditentukan dari nilai terbesar dari formula berikut:					
$t_{E1} = 1,21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{1/2} + t_k$					
$t_{min} = (4,5 + 0,05 \cdot L) \cdot (k)^{1/2}$ ; untuk daerah 0.4 L amidship					
dimana :					
k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2					
k = 1				1	
a = jarak gading a = 0.60		m		0,6	
t <sub>k</sub> = 1.5		untuk t' < 10 mm		1,5	
$t = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5$		untuk t' > 10 mm (max 3 mm)			
L = 19 m				19	
$t_{min} = (4.5 + 0.05 \times 18.81) \times \text{SQRT}(1$					
=	5,45	mm	»	6	m
<b>daerah <math>0 \leq x/L &lt; 0.2</math> [A], diambil 0.106 L</b>					
P <sub>D</sub> =	5,17	kN/m <sup>2</sup>			
$t_{E1} = 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(5.178 \times 1) + t_k$					
=	1,65	+ t <sub>k</sub>			

= 1.652 + 1.5						
=	3,152	mm	»	4	mm jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]	
t =	6	mm				
<b>daerah <math>0.2 \leq x/L &lt; 0.7</math> [M], diambil 0.529 L</b>						
P <sub>D</sub> =	5,01	kN/m <sup>2</sup>				
t <sub>E1</sub> = 1.21 x 0.6 x SQRT(5.011 x 1)		+ t <sub>K</sub>				
=	1,62	+ t <sub>K</sub>				
= 1.625 + 1.5						
=	3,12	»		4	mm jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]	
t =	6	mm				
<b>daerah <math>0.7 \leq x/L</math> [F], diambil 0.812 L</b>						
P <sub>D</sub> =	5,88	kN/m <sup>2</sup>				
t <sub>E1</sub> = 1.21 x 0.6 x SQRT(5.879 x 1)	+ t <sub>K</sub>					
=	1,76	+ t <sub>K</sub>				
= 1.760 + 1.5						
=	3,26	mm	»	4	mm jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]	
t =	6	mm				
Rekapitulasi tebal pelat geladak :						
A	6	mm	diambil nilai t yang paling besar,			
M	6	mm	maka t alas =		6	mm
F	6	mm				

Freeboard Calculation						
Ship dimensions			Ship coefficients			
L <sub>PP</sub> =	13,00	m	C <sub>B</sub> =	0,8		
L <sub>WL</sub> =	13,00	m	C <sub>M</sub> =	1		
B =	4,80	m	C <sub>P</sub> =	0,8		
H =	1,20	m	C <sub>WP</sub> =	0,878		
T =	0,68	m				
V <sub>S</sub> =	1,00	knot	K =	0.8 L , for barges L < 50 m		
V <sub>S</sub> =	0,51	m/s				

F =	(0.68 + C <sub>b</sub> )10 K/1.36			Rules for The Towing Survey of Barges and Tugboats		
F =	70,73529	m m				
Type of barges			K			
L < 50 m	Cargo barges		0.8 L			
	Oil barges		0.5 L			
L ≥ 50 m	Cargo barges		$\left(\frac{L}{10}\right)^2 + \left(\frac{L}{10}\right) + 10$			
	Oil barges		$0.8\left(\frac{L}{10}\right)^2 + \left(\frac{L}{10}\right)$			
(Note) L : Length of barges (m)						

Stability Calculation									
Ship dimensions				Ship displacement					
L <sub>pp</sub> =	13,00	m	42,64	ft	∇ =	33,9456	m³	1197,857	ft³
L <sub>WL</sub> =	13,00	m	42,64	ft	Δ =	33,9456	ton	33,41102	long ton
B =	4,80	m	15,744	ft					
H =	1,20	m	3,936	ft	Sheer				
T =	0,68	m	2,2304	ft	S <sub>a</sub> =	0	m	0	ft
V <sub>S</sub> =	1,00	knot			S <sub>f</sub> =	0	m	0	ft
V <sub>S</sub> =	0,51	m/s	1,687232	ft/s					
					Superstructure				
Ship coefficients					Forecastle				
C <sub>B</sub> =	0,8				l <sub>fc</sub> =	0	m	0	ft
C <sub>M</sub> =	1				h <sub>fc</sub> =	0	m	0	ft
C <sub>P</sub> =	0,8				Poop				
C <sub>WP</sub> =	0,878				l <sub>poop</sub> =	2	m	6,56	ft
					h <sub>poop</sub> =	2,3	m	7,544	ft

Ship longitudinal center of buoyancy					Environmental factor		
Longitudinal					g =	9,81	m/s <sup>2</sup>
from AP					ρ <sub>sw</sub> =	1	ton/m <sup>3</sup>
LCB =	6,7626	m	22,18133	ft	ρ <sub>sw</sub> =	1000	kg/m <sup>3</sup>



from FP					$\rho_{sw} =$	0,027892	long ton/ft <sup>3</sup>
LCB =	6,24	m	20,45867	ft			
<b>Ship longitudinal center of weight</b>							
Vertical							
VCG =	0,688	m	2,25664	ft			
Longitudinal							
from AP							
LCG =	5,2	m	17,056	ft			
from FP							
LCG =	7,79	m	25,5512	ft			

### Main factor calculation

#### Vertical plane

$$A_3 = \frac{\sum l_i h_i + (L_{WL} - l_{fc} - l_{poop}) \times (S_a + S_f)}{6} \quad (\text{area of vertical plane above moulded depth } D_M)$$

$$A_3 = \frac{49,488}{64} \quad \text{ft}^2$$

$$S = A_3 / L_{WL} \quad (\text{mean height above moulded depth } D_M)$$

$$S = \frac{1,1606}{15} \quad \text{ft}$$

$$D = D_M + S \quad (\text{mean depth})$$

$$D = \frac{5,0966}{15} \quad \text{ft} \quad D_M = H$$

$$A_2 = 0,98L \times D_M + A_3 \quad (\text{area of vertical plane to mean depth } D)$$

$$A_2 = \frac{213,96}{31} \quad \text{ft}^2 \quad L = L_{WL}$$

#### Waterline

##### plane

$$A_0 = L \times B_w \times A_w \quad (\text{area of waterline plane at designed draft})$$

$$A_0 = L_{WL} \times B \times C_{WP}$$

$$A_0 = \frac{589,42}{26} \quad \text{ft}^2$$

$$A_1 = \frac{1,01 \times A_0}{A_0} \quad (\text{area of waterline plane at mean depth } D, \text{ may be estimate from } A_0 \text{ and nature}$$

$$A_1 = \frac{595,31}{68} \quad \text{ft}^2 \quad (\text{of station above waterline})$$

#### Midship

##### section

$$A_M = B \times T \times C_x \quad (\text{area of immersed midship section})$$

$$A_M = \frac{35,115}{42} \quad \text{ft}^2 \quad C_x = C_M$$

### Ship volume

$$F = D - T \quad (\text{freeboard to mean depth } D)$$

$$F = \frac{2,8662}{15} \text{ ft}$$

$$\nabla_T = \frac{\nabla_0 + ((A_0 + A_1)/2 \times F/35)}{F/35} \quad (\text{volume of ship to mean depth } D)$$

$$\nabla_T = \frac{1246,3}{67} \text{ ft}^3 \quad \nabla_0 = \nabla$$

$$\Delta_T = \nabla_T \times \rho_{SW}$$

$$\Delta_T = \frac{34,764}{09} \text{ long ton}$$

### Ship

#### coefficients

$$C_X' = \frac{(A_M + (B \times F))}{(B \times D)}$$

$$C_X' = 1$$

$$C_{PV} = C_B / C_{WP} \quad (\text{vertical prismatic coefficient})$$

$$C_{PV} = \frac{0,9111}{62}$$

$$C_{PV}' = \frac{35 \Delta_T}{(A_1 \times D)}$$

$$C_{PV}' = \frac{0,4010}{23}$$

$$C_{PV}'' = \frac{35 \Delta_T}{(A_2 \times B)}$$

$$C_{PV}'' = \frac{0,3611}{98}$$

$$\delta = (\Delta_T / 2) - \Delta_0$$

$$\delta = -16,029$$

$$|\delta| = \frac{16,028}{98} \quad (\text{always positive in } C_w'' \text{ calculation})$$

$$C_W' = \frac{A_2}{(L \times D)}$$

$$C_W' = \frac{0,9845}{54} \quad L = L_{WL}$$

$$C_W'' = \frac{C_W' - 140 |\delta| \times (1 - C_{PV}'')}{(L \times B \times D)}$$

$$C_W'' = \frac{0,5655}{81}$$

### Factor h calculation

$$f = 0$$

$$h = (2X + 1) / 6$$

$$f = 0,5$$

$$h = (2 + 19X - 6X^2) / 30$$

$$f = 1,0$$

$$f = \frac{(-16 + 158X - 132X^2 + 40X^3)}{90}$$

### Factor $C_I$ calculation

Line 1

$$C_W = C_{WP}$$

$$C_I = (3C_W + 22C_W^2) / 300$$

$$C_I = \frac{0,06531}{1}$$

Line 2

$$C_W = C_{WP}$$

$$C_I' = (38C_W'' - 13) / 300$$

$$C_I' = \frac{0,02830}{7}$$

### GG'

$$KG = VCG$$

$$KG = 2,25664 \text{ ft}$$

$$f_1 = D \times (1 - (A_0/A_1)) / (2F \times (1 - C_{PV}'))$$

$$f_1 = \frac{0,01469}{6}$$

$$X = C_{PV}'$$

$$X = \frac{0,40102}{3}$$

$$f_1 = 0$$

$$h_1 = \frac{0,30034}{1}$$

$$f_1 = 0,5$$

$$h_1 = \frac{0,28848}{4}$$

$$h_1 = \frac{0,29999}{2}$$

$$KG' = (D \times (1 - h_1) \times \Delta_T - \xi) / (2\Delta_0)$$

$$KG' = \frac{2,09595}{1} \text{ ft}$$

$$GG' = KG' - KG$$

$$GG' = -0,161 \text{ ft}$$

### G'B<sub>0</sub>

$$f_0 = H \times ((A_1/A_0) - 1) / (2F \times (1 - C_{PV}))$$

$$f_0 = \frac{0,07728}{9}$$

$$X = C_{PV}$$

$$X = \frac{0,91116}{2}$$

$$\begin{aligned}
 f_0 &= 0 \\
 h_0 &= \frac{0,47038}{7} \\
 f_0 &= 0,5 \\
 h_0 &= \frac{0,47769}{3} \\
 h_0 &= \frac{0,47151}{6} \\
 KB_0 &= (1 - h_0) \times H \\
 KB_0 &= \frac{2,08011}{1} \text{ ft} \\
 G'B_0 &= KG' - KB_0 \\
 G'B_0 &= 0,01584 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

**G'B<sub>90</sub>**

$$\begin{aligned}
 f_2 &= 9.1 (C_X' - 0.89) \\
 f_2 &= 1,001 \\
 X &= C_{PV}'' \\
 X &= \frac{0,36119}{8} \\
 f_2 &= 0,5 \\
 h_2 &= \frac{0,26933}{2} \\
 f_2 &= 1,0 \\
 h_2 &= \frac{0,28592}{2} \\
 h_2 &= \frac{0,28595}{5} \\
 G'B_{90} &= ((\Delta_T \times h_2 \times B) / (4\Delta_0)) - ((|\xi|^2 \times 17.5) / (\Delta_0 \times (A_2 - 70 \times (|\xi|/B) \times (1 - C_{PV}'')))) \\
 G'B_{90} &= \frac{0,37214}{6} \text{ ft}
 \end{aligned}$$

**G'M<sub>0</sub>**

$$\begin{aligned}
 BM_0 &= (C_l \times L \times B^3) / (35\Delta_0) \\
 BM_0 &= \frac{9,29381}{9} \text{ ft} \\
 G'M_0 &= KB_0 + BM_0 - KG' \\
 G'M_0 &= \frac{9,27797}{9} \text{ ft}
 \end{aligned}$$

**G'M<sub>90</sub>**

$$\begin{aligned}
 BM_{90} &= ((C_l' \times L \times D^3) / (35\Delta_0)) + ((L_d \times d \times D^2) / (140\Delta_0)) \\
 BM_{90} &= \frac{0,41146}{8} \text{ ft} \\
 G'M_{90} &= BM_{90} - G'B_{90}
 \end{aligned}$$

$$G'M_{90} = \frac{0,03932}{2} \text{ ft}$$

### GM<sub>0</sub>

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$GM_0 = 9,11729 \text{ ft}$$

### Tabular

$$GG' = -0,161 \text{ ft}$$

$$G'B_0 = 0,01584 \text{ ft}$$

$$G'B_{90} = \frac{0,37214}{6} \text{ ft}$$

$$G'M_0 = \frac{9,27797}{9} \text{ ft}$$

$$G'M_{90} = \frac{0,03932}{2} \text{ ft}$$

$$GM_0 = 9,11729 \text{ ft}$$

### b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>

$$b_1 = (9/8) \times (G'B_{90} - G'B_0) - (1/32) \times (G'M_0 - G'M_{90})$$

$$b_1 = \frac{0,11213}{6} \text{ ft}$$

$$b_2 = (G'M_0 + G'M_{90}) / 8$$

$$b_2 = \frac{1,16466}{3} \text{ ft}$$

$$b_3 = (3/32) \times (G'M_0 - G'M_{90}) - (3/8) \times (G'B_{90} - G'B_0)$$

$$b_3 = \frac{0,73250}{9} \text{ ft}$$

### Static righting arms

$$G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi$$

φ (deg.)	b <sub>1</sub> sin2φ	b <sub>2</sub> sin4φ	b <sub>3</sub> sin6φ	GG' sinφ	G'Z'	GZ (ft)	GZ (m)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,019	0,398	0,366	-0,014	0,784	0,770	0,235
10	0,038	0,749	0,634	-0,028	1,421	1,393	0,425
15	0,056	1,009	0,733	-0,042	1,797	1,756	0,535
20	0,072	1,147	0,634	-0,055	1,853	1,798	0,548
25	0,086	1,147	0,366	-0,068	1,599	1,531	0,467
30	0,097	1,009	0,000	-0,080	1,106	1,025	0,313
35	0,105	0,749	-0,366	-0,092	0,488	0,396	0,121
40	0,110	0,398	-0,634	-0,103	-0,126	-0,229	-0,070
45	0,112	0,000	-0,733	-0,114	-0,620	-0,734	-0,224

50	0,110	-0,398	-0,634	-0,123	-0,922	-1,045	-0,319
55	0,105	-0,749	-0,366	-0,132	-1,010	-1,141	-0,348
60	0,097	-1,009	0,000	-0,139	-0,912	-1,051	-0,320
65	0,086	-1,147	0,366	-0,146	-0,695	-0,840	-0,256
70	0,072	-1,147	0,634	-0,151	-0,441	-0,592	-0,180
75	0,056	-1,009	0,733	-0,155	-0,220	-0,375	-0,114
80	0,038	-0,749	0,634	-0,158	-0,076	-0,234	-0,071
85	0,019	-0,398	0,366	-0,160	-0,013	-0,173	-0,053
90	0,000	0,000	0,000	-0,161	0,000	-0,161	-0,049

#### Dynamic righting arms

$$e = \int GZ d\phi$$

Simpson method

$$e = (1/3) \times h \times \sum (GZ \times FS)$$

$\phi$ (deg.)	h (rad)	e (ft rad)	e (m rad)
0 - 10	0,087	0,130	0,040
10 - 20	0,087	0,297	0,091
20 - 30	0,087	0,260	0,079
30 - 40	0,087	0,069	0,021
$\Sigma$		0,757	0,231

<b>Intact Stability</b>				
<b><math>e_{0,30^\circ}</math></b>	<b><math>\geq</math></b>	<b>0,055</b>	<b>m rad</b>	3,15
$e_{0,30^\circ}$	=	0,210	m rad	Accepted
<b><math>e_{0,40^\circ}</math></b>	<b><math>\geq</math></b>	<b>0,09</b>	<b>m rad</b>	
$e_{0,40^\circ}$	=	0,231	m rad	Accepted
<b><math>e_{30,40^\circ}</math></b>	<b><math>\geq</math></b>	<b>0,03</b>	<b>m rad</b>	5,154545
$e_{30,40^\circ}$	=	0,04	m rad	Accepted
<b><math>h_{30^\circ}</math></b>	<b><math>\geq</math></b>	<b>0,2</b>	<b>m</b>	11,45455
$h_{30^\circ}$	=	0,313	m	Accepted
<b><math>\varphi_{GZmax}</math></b>	<b><math>\geq</math></b>	<b>25</b>	<b>°</b>	
$\phi_{GZmax}$	=	25	°	Accepted
<b><math>GM_0</math></b>	<b><math>\geq</math></b>	<b>0,15</b>	<b>m</b>	8,590909
$GM_0$	=	2,779662	m	Accepted

#### Code on Intact Stability

The Code on Intact Stability, IMO Resolution A.749(18), consolidates several previous stability regulations (IMO, 1995). The code contains regulations concerning all cargo ships exceeding 24m in length with additional special rules for:

- cargo ships carrying timber deck cargo

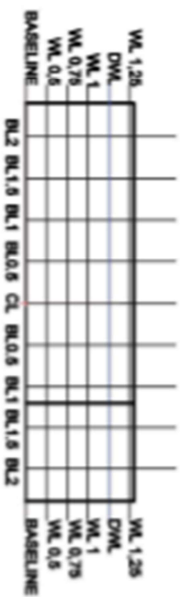
Displacement	34,7	t
Volume (displaced)	33,851	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	0,68	m
Immersed depth	0,68	m
Immersed depth of station with max area	0,68	m
Immersed depth amidships	0,68	m
WL Length	13	m
Beam max extents on WL	4,8	m
Beam max on WL	4,8	m
Beam extents on WL of station with max area	4,8	m
Beam on WL of station with max area	4,8	m
Beam extents on WL amidships	4,8	m
Beam on WL amidships	4,8	m
Wetted Area	81,158	m <sup>2</sup>
Max sect. area	3,264	m <sup>2</sup>
Sect. area amidships	3,264	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	49,781	m <sup>2</sup>
Waterpl. Itrans	113,751	m <sup>4</sup>
Waterpl. Ilong	612,771	m <sup>4</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0,798	
Block coeff. (Cb)	0,798	

Max Sect. area coeff. (Cm)	1	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,798	
LCB length	5,519	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	5,519	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	42,454	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	42,454	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
VCB	0,34	m
KB	0,34	m
KG fluid	0	m
BMt	3,36	m
BML	18,102	m
GMt corrected	3,7	m
GML	18,442	m
KMt	3,7	m
KML	18,442	m
Immersion (TPc)	0,51	tonne/cm
MTc	0,492	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	2,241	tonne.m
Length:Beam ratio	2,708	
Beam:Draft ratio	7,059	
Length:Vol^0.333 ratio	4,019	
Precision	Medium	59 stations

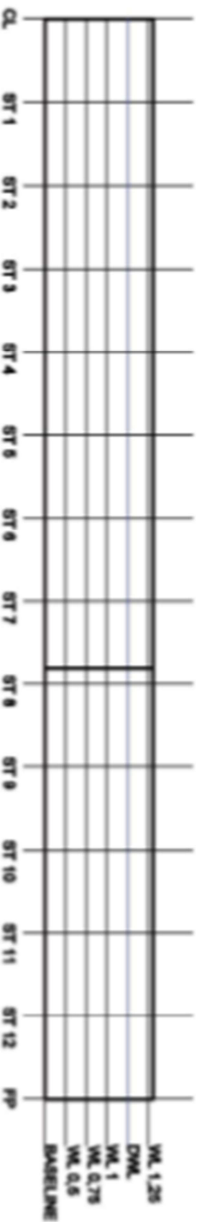


**LAMPIRAN C**  
**RENCANA GARIS**

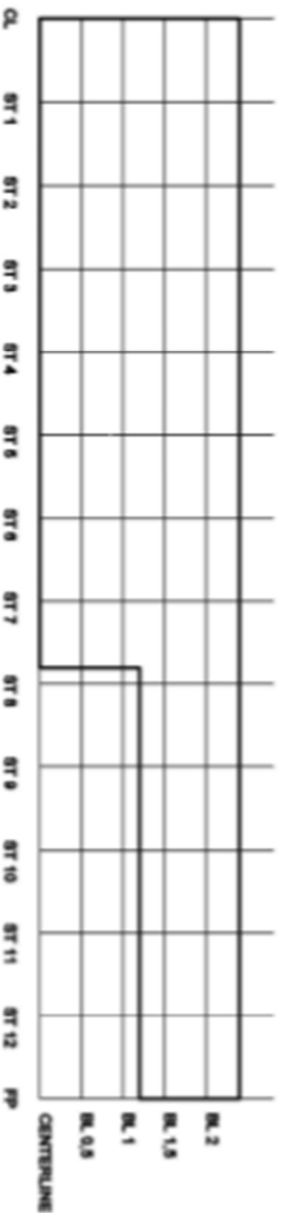
# BODY PLAN



# SHEER PLAN

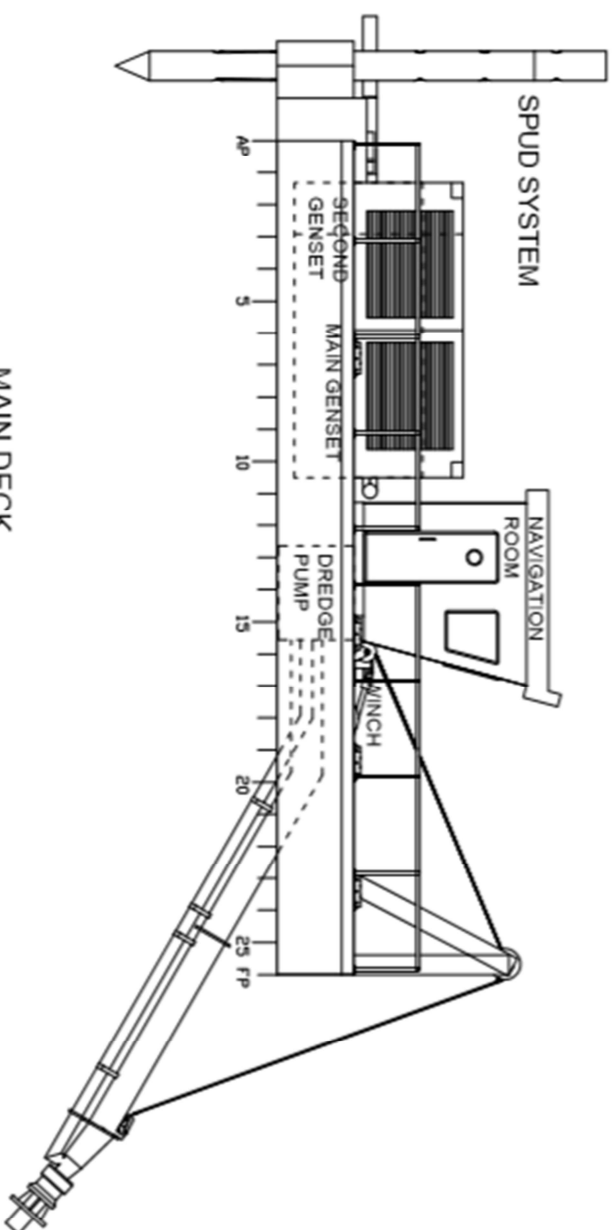


# HALFBREADTH PLAN

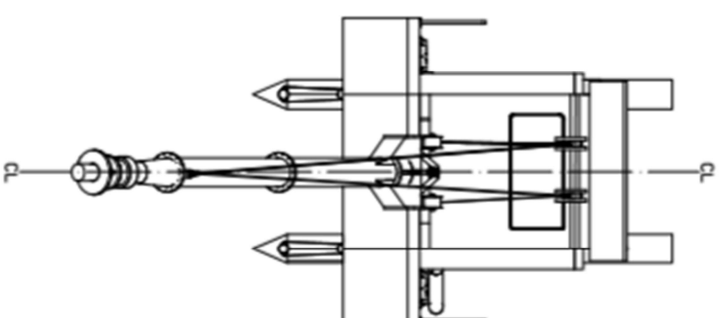


**LAMPIRAN D**  
***GENERAL ARRANGEMENT***

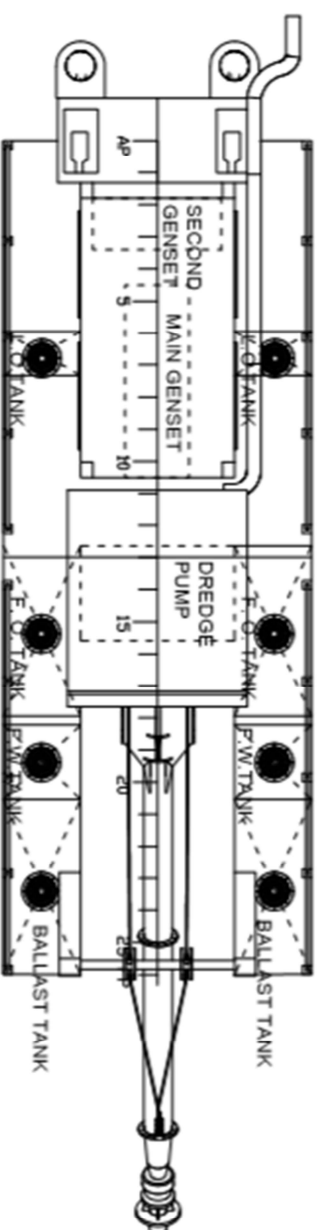
SIDE ELEVATION



FRONT ELEVATION



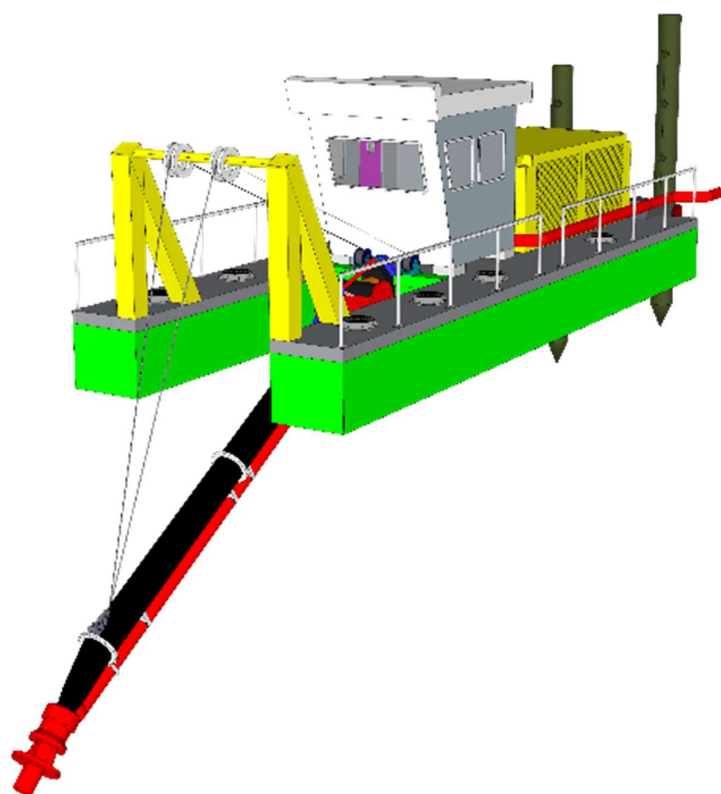
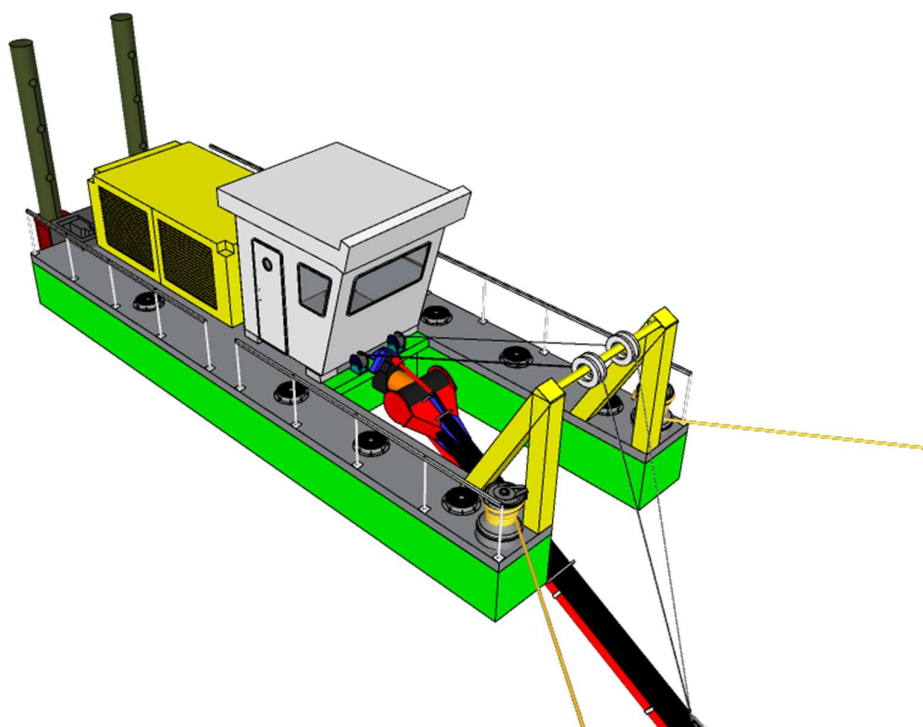
MAIN DECK



PRINCIPLE DIMENSION	
Length (Overall)	30.0 m
Length (Between Perpendiculars)	24.0 m
Beam (Overall)	4.2 m
Beam (Between Perpendiculars)	3.8 m
Draught (Overall)	3.0 m
Draught (Between Perpendiculars)	2.8 m

MINISTRY OF MARINE & FISHERIES GOVERNMENT OF INDIA	
PLAIN SUCTION DREDGER GENERAL ARRANGEMENTS	
Scale	1:100
Sheet No.	100
Project No.	
Contract No.	

**LAMPIRAN E**  
**MODEL 3 DIMENSI**



## BIODATA PENULIS



Muhammad Luthfi Hardiawan, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Magelang pada 23 Maret 1997 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada SDN Wanurejo, kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Borobudur dan SMAN 1 Magelang. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Ketua BEM FTK ITS 2017/2018, lalu Presiden BEM ITS 2019/2020.