TUGAS AKHIR – MN 184802

DESAIN KAPAL PENYUPLAI LISTRIK MENGGUNAKAN *POWERBANK* UNTUK DISTRIK MIMIKA BARAT JAUH - PAPUA

Nasrullah
NRP 04111540000045

Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D.

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

TUGAS AKHIR – MN 184802

DESAIN KAPAL PENYUPLAI LISTRIK MENGGUNAKAN *POWERBANK* UNTUK DISTRIK MIMIKA BARAT JAUH - PAPUA

Nasrullah
NRP 04111540000045

Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D.

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

FINAL PROJECT – MN 184802

ELECTRICAL SUPPLY SHIP DESIGN USING *POWERBANK* FOR FAR WEST MIMIKA DISTRICT - PAPUA

Nasrullah
NRP 04111540000045

Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D.

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

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL PENYUPLAI LISTRIK MENGGUNAKAN *POWERBANK* UNTUK WILAYAH DISTRIK MIMIKA BARAT JAUH - PAPUA

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:

NASRULLAH
NRP 04110940000045

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

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

SURABAYA, 6 Agustus 2020

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL PENYUPLAI LISTRIK MENGGUNAKAN *POWERBANK* UNTUK DISTRIK MIMIKA BARAT JAUH - PAPUA

TUGAS AKHIR
Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 10 Juli 2016

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

Oleh:

NASRULLAH
NRP 04111540000045

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki Wahyu Pribadi S.T.,M.T. ……..……..……

2. Hasanudin, S.T.,M.T. ……..……..……....

3. Danu Utama S.T.,M.T. ……..……..……

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryanto, M.Sc., Ph.D. ……..……..…….

SURABAYA, 6 Agustus 2020

HALAMAN PERUNTUKAN

Dipersembahkan kepada Keluarga, Almamater, dan Bangsa

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. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Danu Utama, S.T, M.T. dan Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir yang telah memberikan saran, masukan, dan nasehat dalam perbaikan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Hasanudin, S.T, M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Keluarga Penulis yang telah menjadi motivasi dan doa dalam melakukan setiap perkerjaan.
5. Flora & fauna, serta seluruh alam semesta yang telah memberikan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dengan cara-cara yang tidak terduga.

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, 6 Agustus 2020

Nasrullah

DESAIN KAPAL PENYUPLAI LISTRIK MENGGUNAKAN *POWER BANK* UNTUK DISTRIK MIMIKA BARAT JAUH - PAPUA

Nama Mahasiswa	:	Nasrullah
NRP	:	04111540000045
Departemen / Fakultas	:	Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing	:	1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D.

ABSTRAK

Program 35.000 MW listrik merupakan proyek pemerintah untuk menciptakan kemandirian energi dengan memanfaatkan secara optimal potensi-potensi energi baru dan terbarukan. Hingga saat ini, di Indonesia terdapat 12.659 desa tertinggal yang belum memperoleh akses listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN). Wilayah Indonesia bagian timur khususnya Papua mempunyai permasalahan berupa tingkat elektrifikasi yang rendah. Banyak faktor yang mempengaruhi, termasuk faktor geografis Papua yang sangat sulit dijangkau. Seperti wilayah Mimika Barat Jauh yang tidak terdapat akses darat sama sekali. Untuk memenuhi pasokan listrik, Indonesia perlu mempunyai transportasi perairan yang dapat memasok listrik untuk wilayah tersebut. Oleh sebab itu perlu adanya pengembangan kapal baru, yaitu dengan cara pembuatan Desain Kapal Penyuplai Listrik yang sesuai dengan keadaan geografis dan perekonomian masyarakat untuk kebutuhan wilayah tersebut. Hasil yang diharapkan dari pembuatan model ini adalah untuk digunakan dalam kegiatan menyuplai listrik pada daerah yang sulit atau sama sekali tidak terjangkau akses darat. Sehingga, dapat membantu meningkat elektrifitas di daerah tersebut. Proses desain kapal dimulai dari studi literatur dan penentuan daya listrik yang dibutuhkan menggunakan data yang diperoleh dari kondisi di lapangan. Data- data yang diperoleh, selanjutnya di proses untuk menghasilkan suatu nilai daya listrik yang dibutuhkan, maka didapatkan daya sebesar 5962 KW. Dilanjutkan dengan pemilihan *powerbank* berdasarkan besar daya dan jumlah yang efisien untuk dimuat pada kapal, sehingga daya yang dibutuhkan dapat ditunjang dengan *powerbank* sebanyak 18 buah dengan daya 400Kva. Ukuran utama awal kapal SPCB ditentukan dengan penyesuain peletakan atau penataan *power bank* pada geladak kapal, penentuan panjang minimal *forecastle, poop,* dan *superstructure*. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat , *displacement, trim, freeboard,* dan stabilitas. Ukuran utama yang didapatkan adalah Lpp = 39.00 m, B = 7.50 m, H = 3.50 m, dan T = 1.70 m. Dari data tersebut kemudian dibuat *Lines Plan, General Arrangement* dan model 3D. Kemudian dilakukan analisis ekonomis yang meliputi perhitungan biaya pembangunan (investasi), biaya operasional, serta analisa kelayakan investasi.

Kata Kunci : *Self Propelled Container Barge* (SPCB), *Power bank*, Timika, Mimika Barat Jauh

ELECTRICAL SUPPLY SHIP DESIGN USING *POWERBANK* FOR FAR WEST MIMIKA DISTRICT - PAPUA

Author : Nasrullah
Student Number : 04111540000045
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D.

ABSTRACT

The 35,000 MW electricity program is a government project to create energy independence by using a renewable energy optimally. Until now, there are 12,659 underdeveloped villages in indonesia that do not yet have access to electricity from the State Electricity Company (PLN) network. The eastern part of Indonesia, especially Papua, has low electrification rates. There are so many factors that make this condition happen, including the geographical factors of Papua which difficult to reach. For example West Mikika which has no land access at all. To meet electricity supply, Indonesia needs to have water transportation that can supply electricity to the region. Therefore it is necessary to develop new ships by making Electric Supply Ship Design in accordance with the geographical and economic conditions of the community for the needs of the region. The expected outcome of making this model is to be used in electricity supply activities in areas that are difficult or have no access to land at all. So that, can help increase electrification in the area. The ship design process starts from the study of literature and the determination of the electrical power needed using data obtained from conditions in the field. The data obtained are then processed to produce the required electrical power value, then a power of 5962 KW is obtained. Followed by the selection of *powerbank* based on the amount of power and the amount that is efficient to be loaded on the ship, so that the power needed can be supported by as many as 18 *powerbank*s with 400Kva power. The initial main size of the SPCB vessel is determined by adjusting the laying or structuring of the *power bank* on the deck of the ship, determining the minimum length of the forecastle, poop, and superstructure. After that a technical calculation is carried out in the form of weight, *displacement*, *trim*, *freeboard*, and stability. The main measurements obtained were Lpp = 39.00 m, B = 7.50 m, H = 3.50 m, and T = 1.70 m. From this data, Lines Plans, General Arrangements and 3D models are made. Then an economic analysis is carried out which includes the calculation of development costs (investment), operational costs, and investment feasibility analysis.

Keywords: Self Propelled *Container Barge* (SPCB), *Power bank*, Timika, Far West Mimika.

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI ix
HALAMAN PERUNTUKAN xi
KATA PENGANTAR xiii
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvii
DAFTAR ISI xix
DAFTAR GAMBAR xxiii
DAFTAR TABEL xxv
DAFTAR SIMBOL xxvii
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. Keadaan Listrik Indonesia Bagian Timur 5
2.1.2. Program Ekspedisi Papua Terang 6
2.1.3. PLTMG Timika 7
2.1.4. *Power bank* Express Services 7
2.1.5. Tongkang (*Barge*) 8
2.1.6. Self Propelled *Barge* 11
2.1.7. Self Propelled *Container Barge* 12
2.1.8. Desain Kapal 13
2.1.9. Tahapan Desain Kapal 14
2.1.10. Metode Desain 15
2.1.11. Ukuran Utama Kapal 17
2.1.12. Rasio Ukuran Utama dan Koefisien 18
2.1.13. Hambatan Kapal 19
2.1.14. Daya Pengerak Kapal 23
2.1.15. Berat dan Titik Berat Kapal 26
2.1.16. Stabilitas Kapal 29
2.1.17. *Trim* Kapal 30
2.1.18. Perhitungan Pembangunan Kapal 30
2.2. Tinjauan Pustaka 32
2.2.1. Tugas Akhir 32
2.2.2. Peraturan Klasifikasi 32
BAB 3 METODOLOGI 35
3.1. Bagan Alir 35
3.2. Studi Literatur 36
3.3. Pengumpulan Data 36

3.3.1. Daerah Operasional 36
3.3.2. Data Alat Suplai Listrik 37
3.4. Analisis Data 37
3.5. Penentuan Ukuran Utama Kapal Awal 37
3.6. Analisis Teknis 37
3.6.1. Pemilihan *Powerbank* 37
3.6.2. Perhitungan Berat Kapal dan Tititk Berat Kapal 37
3.6.3. Perhitungan Lambung Timbul 38
3.6.4. Perhitungan *Trim* Kapal dan Stabilitas Kapal 38
3.7. Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan Model 3D 38
3.7.1. Desain Rencana Garis 38
3.7.2. Desain Rencana Umum 38
3.7.3. Desain Model 3D 39
3.7.4. Analisis Ekonomi 39
3.7.5. Kesimpulan 39
BAB 4 ANALISIS TEKNIS 41
4.1. Tinjauan Wilayah 41
4.1.1. Kondisi Perairan 41
4.1.2. Kondisi Kelistrikan 42
4.2. Penentuan *Payload* 42
4.2.1. Kebutuhan listrik 42
4.2.2. Pemilihan *Powerbank* (*Power Express Service*) 44
4.2.3. Jumlah *Payload* 44
4.3. Pola Operasional 45
4.3.1. Pengecasan *Powerbank* 46
4.3.2. Jarak Tempuh 46
4.3.3. *Loading Unloading* 46
4.4. Penentuan ukuran utama 51
4.4.1. Rasio Ukuran Utama 52
4.4.2. Perhitungan Froude Number 52
4.4.3. Perhitungan Koefisien Blok (Watson & Gilfillan) 53
4.4.4. Perhitungan Koefisien *Midship* (Series '60) 53
4.4.5. Perhitungan Koefisien Prismatik 53
4.4.6. Perhitungan Koefisien Bidang Air 53
4.4.7. Perhitungan Titik Berat Badan Kapal 54
4.4.8. Perhitungan Volume *Displacement* 54
4.4.9. Perhitungan *Displacement* 54
4.5. Perhitungan Hambatan Kapal 54
4.6. Perhitungan Propulsi Kapal 55
4.6.1. Pemilihan Mesin *Dual Fuel* 56
4.7. Perhitungan Berat Permesinan 58
4.8. Perhitungan Berat Baja Kapal 59
4.9. Berat Consumable 59
4.10. Perhitungan Berat Total Kapal 60
4.10.1. Perhitungan Berat LWT 60
4.10.2. Perhitungan Berat DWT 61
4.11. Perhitungan Titik Berat Total Kapal 61
4.11.1. Hasil Perhitungan LCG 62
4.11.2. Hasil Perhitungan VCG 62

4.12. Perhitungan *Freeboard* 62
4.13. *Trim* Kapal 63
4.14. Perhitungan Stabilitas Kapal 63
4.15. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*) 65
4.16. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*) 69
4.17. Desain Permodelan 3 Dimensi 71
BAB 5 ANALISIS EKONOMIS 73
5.1. Analisa Biaya Pembangunan Kapal 73
5.2. Analisa Investasi 73
5.2.1. Estimasi Pengeluaran 74
5.2.2. Estimasi Pendapatan 75
5.2.3. Kelayakan Investasi 76
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 79
6.1. Kesimpulan 79
6.2. Saran 80
LAMPIRAN
LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS
LAMPIRAN B PERHITUNGAN EKONOMIS
LAMPIRAN C KATALOG MESIN
LAMPIRAN D LINES PLAN
LAMPIRAN E GENERAL ARRANGEMENT
LAMPIRAN F MODEL 3D
dst.
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Wilayah Distrik Mimika Barat Jauh - Papua 1
Gambar 2. 1 Program Indonesia Terang 7
Gambar 2. 2 Power Express Services 8
Gambar 2. 3 Kapal Tipe SPCB 13
Gambar 2. 4 Desain Spiral 14
Gambar 2. 5 Skema Pembagian Daya Penggerak Kapal 23
Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir 36
Gambar 4. 1 Rute Pelayaran 41
Gambar 4. 2 Perencanaan Beban Listrik Desa 43
Gambar 4. 3 Dimensi *Powerbank Express Services* 44
Gambar 4. 4 *Loading Unloading* Desa Umar 47
Gambar 4. *5 Loading Unloading* Desa Tapormai 48
Gambar 4. 6 *Loading Unloading* Desa Aindua 48
Gambar 4. 7 *Loading Unloading* Desa Yapakopa 49
Gambar 4. 8 *Loading Unloading* Desa Tapormai 50
Gambar 4. 9 Layout Awal Desain Kapal 51
Gambar 4. 10 Perhitungan *Power* Pada Kapal 55
Gambar 4. 11 Yanmar 6LY2M 58
Gambar 4. 12 Lines Plan 66
Gambar 4. 13 Menu *Size Surface* 67
Gambar 4. 14 Pengaturan Jumlah Stations, Buttocks dan Waterlines 67
Gambar 4. 15 Pengaturan Lpp dan Sarat Kapal 68
Gambar 4. 16 Tabel Hidrostatik dari Model Kapal 69
Gambar 4. 17 *General Arrangement* 71
Gambar 4. 18 Model 3D Kapal 72
Gambar 5. 1 Daftar Harga Sewa Angkutan 75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah Pelanggan Rumah Tangga yang Dilayani 5
Tabel 2. 2 Harga Koefisien *Deck House* 27
Tabel 2. 3 koefisien berat baja 27
Tabel 2. 4 Tabel Pengurangan *Freeboard* 27
Tabel 2. 5 Pengurangan *Freeboard* untuk kapal tipe A 28
Tabel 4. 1 Jumlah Calon Pelanggan 42
Tabel 4. 2 Kebutuhan Energi tiap Desa 43
Tabel 4. 3 Jumlah *Payload* 45
Tabel 4. 4 Waktu Operasional *Powerbank* 45
Tabel 4. 5 Jarak Tempuh 46
Tabel 4. 6 Pola Operasional 50
Tabel 4. 7 Berat Baja Kapal 59
Tabel 4. 8 Berat Consumable 59
Tabel 4. 9 Berat LWT Kapal 60
Tabel 4. 10 Berat DWT Kapal 61
Tabel 4. 11 Titik Berat Memanjang (LCG) 62
Tabel 4. 12 Titik Berat Vertikal (VCG) 62
Tabel 4. 13 Rangkuman Hasil Stabilitas 63
Tabel 5. 1 Biaya Pembangunan Kapal 73
Tabel 5. 2 Estimasi Pengeluaran Pertahun 74
Tabel 5. 3 Keuntungan Bersih Operasional Kapal 76
Tabel 5. 4 Kelayakan Investasi 77

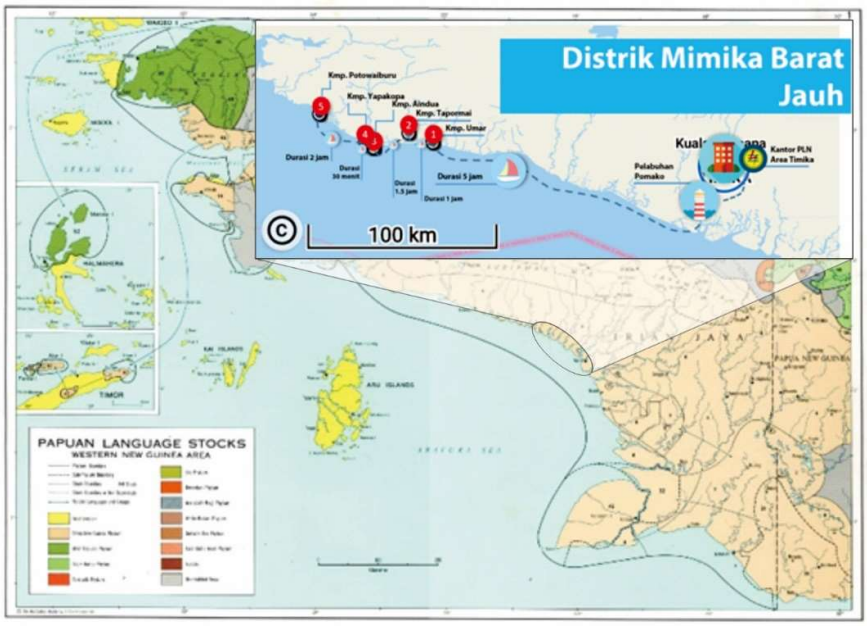
DAFTAR SIMBOL

A_M = Luasan *midship*
B = Lebar kapal tanpa kulit
C_B = Koefisien blok kapal
C_M = Koefisien *midship*
C_P = Koefisien Prismatik
C_{WP} = Luasan bidang garis air
Δ = Displasemen
H = Tinggi kapal
KG = Letak titik berat dihitung dari *keel*
L = Panjang kapal
Lwl = Panjang kapal sesuai dengan garis air
LCB = Letak memanjang titik gaya apung
LCG = Letak memanjang titik gaya berat
MCR = *Maximum Continous Rating*
NM = Mil laut (*nautical mile*)
T = Sarat kapal
V = Volume displasemen
Wcons = Berat *consumable*
Wcrew = Berat kru
WE = Berat mesin utama
WE&O = Berat outfitting
W*payload* = Berat *payload*
Wst = Total berat baja
NPV = Net Present Value (dalam Rupiah)
Ct = Arus Kas per Tahun pada Periode t
C0 = Nilai Investasi awal pada tahun ke 0 (dalam Rupiah)
r = Suku Bunga atau discount Rate (dalam %)
P = Masa jenis air laut
V_S = Kecepatan kapal
S_{Tot} = Luas total permukaan kapal di bawah garis air
C_F = Koefisien gesek (Frictional coefficient)
(1+k) = Faktor bentuk lambung
C_A = Model-ship correlation allowance
R_W = Hambatan akibat pengaruh gelombang

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan tersebesar di dunia. Indonesia juga merupakan negara berkembang. Pemerintah melakukan upaya pembangunan di berbagai daerah di Indonesia, namun terjadi perbedaan antara pembangunan di Indonesia bagian barat dan bagian timur. Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia timur berada di kisaran antara 58,05% dan 67,60%. Sedangkan di Indonesia barat berada di kisaran 67,65% dan 79,60% (Badan Pusat Statistik, 2017). Rencana Pembangunan Jangka Menengah tahun 2015-2019 menyebutkan bahwa perlunya memantapkan pembangunan secara menyeluruh di berbagai bidang dengan menekankan pencapaian daya saing kompetitif perekonomian berlandaskan keunggulan sumber daya alam dan sumber daya manusia berkualitas serta kemampuan IPTEK yang terus meningkat (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2015). Peningkatan program pembangunan berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan pasokan energi.



Gambar 1. 1 Peta Wilayah Distrik Mimika Barat Jauh - Papua

Kondisi kelistrikan di Indonesia dapat dikatakan belum merata, bahkan untuk wilayah Indonesia bagian tengah dan timur, pasokan listrik masih jauh dari cukup. Kondisi ini disebabkan karena beberapa hal, salah satunya adalah kurang meratanya pembangunan pada daerah-daerah Indonesia bagian tengah dan timur . Papua adalah provinsi yang memiliki tingkat elektrifikasi terendah di Indonesia. PT PLN (Persero) mencatat rasio elektrifikasi di wilayah Papua saat ini masih sangat rendah. Dari total sebanyak 4.535 desa, yakni 3.518 desa di Papua dan 1.015 di Papua Barat, rasio elektrifikasinya baru mencapai 30,39 persen.

Salah satu daerah yang belum mendapat pasokan listrik adalah desa-desa di Mimika Barat Jauh, tidak mudah untuk melistriki desa-desa di wilayah Papua yang medannya begitu berat. Khusus daerah Mimika Barat Jauh adalah sebuah distrik di Kabupaten Mimika, Papua, Indonesia. Jarak antara Ibukota Distrik ke Ibukota Kabupaten adalah 210 Km. Distrik Mimika Barat Jauh merupakan distrik terluar di wilayah barat kabupaten mimika, dan berbatasan dengan kabupaten Kaimana, Papua Barat. Terdapat lima kampung defenitif yang masuk kedalam wilayah pemerintahan Distrik Mimika Barat Jauh, Potowaiburu adalah kota distrik, dan terletak paling barat dari kota kabupaten. Secara geografis distrik ini termasuk kategori distrik yang sulit di jangkau. Dari dan menuju distrik ke kabupaten hanya bisa di akses dengan jalur udara dan transportasi laut. Namun kebanyakan masyarakat menggunakan sarana laut, selain memang jadwal pesawat yang tidak menentu. Sementara untuk menjangkau seluruh kampung harus menggunakan perahu, karena setiap kampung memang terletak di pesisir pantai. Selain medan yang berat, juga tidak ada sarana transportasi reguler, sehingga biaya transportasi cukup mahal, untuk menyewa sebuah perahu batang, biayanya berkisar 12 hingga 18 juta dengan lama perjalanan sekitar 5 - 6 jam. (Wikipedia, 2020)

Mengacu pada keadaan geografis yang sulit dijangkau dan tidak tersedianya jalur darat dan dengan keadaan ekonomi masyarakat Papua yang tergolong rendah maka dalam Tugas Akhir ini akan didesain kapal penyuplai pasokan listrik dengan menggunakan *Power bank* (*Express Power Service*) sebagai unit pembantu khususnya pada Distrik Mimika Barat Jauh.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, munculah beberapa permasalahan yang akan diselesaikan yaitu:

1. Bagaimana *operational requirement* kapal suplai listrik menggunakan *power bank* ?
2. Bagaimana konsep desain kapal suplai listrik menggunakan *power bank* ?
3. Bagaimana perhitungan teknis kapal suplai listrik menggunakan *power bank* ?

1.3. Tujuan

Tujuan dari pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini yaitu:

1. Menentukan *operational requirement* kapal suplai listrik menggunakan *power bank*.
   - Misi kapal suplai listrik menggunakan *power bank*.
   - Daerah operasional kapal suplai listrik menggunakan *power bank*.
   - Sistem operasional kapal suplai listrik menggunakan *power bank*.
2. Menentukan konsep desain kapal suplai listrik menggunakan *power bank*.
   - *Payload*
   - *Linesplan*
   - *General Arrangement*
   - Gambar 3D
3. Menentukan perhitungan teknis kapal suplai listrik menggunakan *power bank.*
   - Perhitungan Berat
   - *Displacement*
   - *Trim*
   - *Freeboard*
   - Stabilitas
   - Analisa Ekonomis

1.4. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan permasalahan yaitu:

1. Perencanaan kapal hanya sebatas *concept design.*
2. Desain yang akan dibuat adalah *lines plan, general arrangement* kapal dan model 3D, tidak membahas perencanaan transmisi dan *engine* secara detail.

3. Analisis ekonomis yang dibahas hanya sebatas biaya pembangunan kapal dan biaya operasional.
4. Analisis perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan stabilitas, *freeboard, trim* dan berat kapal, tidak membahas perencanaan konstruksi dan kekuatan memanjang kapal.

1.5. Manfaat

Dari pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Untuk praktisi, diharapkan membantu meningkatkan elektrifikasi pada daerah Distrik Mimika Barat Jauh, mendukung inovasi desain kapal listrik yang cocok agar dapat dioperasikan di seluruh wilayah Papua dan sebagai referensi bagi pemerintah untuk mempertimbangkan pembangunan kapal listrik sebagai upaya meningkatkan elektrifikasi di wilayah 3T (tertinggal, terdepan dan terluar) di Indonesia.
2. Untuk akademisi sebagai model perancangan bagi mahasiswa dengan harapan akan dikembangkan.

1.6. Hipotesis

Hipotesis dari tugas akhir ini adalah bahwa dengan kapal ini dapat memberikan suplai listrik ke Distrik Mimika Barat Jauh yang sesuai dengan keadaan geografis pada daerah operasional

BAB 2
STUDI LITERATUR

2.1. Dasar Teori

Pada Bab II ini berisikan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka dari topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Dasar teori berisi uraian singkat tentang landasan teori yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

2.1.1. Keadaan Listrik Indonesia Bagian Timur

Berdasarkan ruang lingkup dan wilayah usaha Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Menteri ESDM, Penyusunan RUPTL dibagi menjadi tiga wilayah besar yaitu Sumatera, Jawa-Bali dan Indonesia Timur. Wilayah usaha di Indonesia Timur terdiri dari Nusa Tenggara, kepulauan Maluku, dan Papua. Wilayah usaha di Kepulauan Maluku dilayani oleh PLN Wilayah Maluku & Maluku Utara, sedangkan wilayah usaha PLN di Papua dilayani oleh PLN Wilayah Papua & Papua Barat. PLN wilayah hanya mengelola pembangkit, jaringan distribusi dan pelanggan. Di wilayah ini belum ada jaringan transmisi yang beroperasi. (PLN, 2015)

Pada wilayah usaha indonesia timur, khususnya papua terdapat ketimpangan jumlah pelanggan rumah tangga dengan wilayah usaha yang lain. Jumlah pelanggan rumah tangga yang telah dilistriki oleh PLN dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Jumlah Pelanggan Rumah Tangga yang Dilayani

Wilayah	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Indonesia	39.111	42.348	45.991	49.887	53.078	56.311
Jawa-Bali	26.586	28.066	30.204	32.512	34.468	36.643
Sumatra	7.294	8.211	8.958	9.724	10.361	10.972
Kalimantan	1.862	2.081	2.323	2.581	2.774	2.944
Sulawesi & Nusra	2.873	3.422	3.878	4.337	4.669	4.888
Maluku & Papua	497	568	628	733	806	865

sumber : (PLN, 2015)

Kendala utama dalam melistriki adalah keterbatasan kemampuan pembangkit PLN dan kondisi geografis sebagian wilayah Indonesia yang tersebar dan atau terpencil di pulau-pulau kecil. Kendala-kendala tersebut menyebabkan penyambungan pelanggan rumah tangga per

region tidak merata pada masing-masing daerah sehingga konstribusi tiap-tiap region untuk peningkatan RE nasional juga berbeda. Selain itu, rata-rata peningkatan RE per region juga tidak merata.

Ketimpangan tersebut dapat dilihat pula berdasarkan hasil yang dipublikasian oleh kementerian ESDM, dimana rasio elektrifikasi di wilayah Papua Barat sebesar 89.84% dan di wilayah papua sebesar 48.74%. Persentase tersebut sangat rendah dibandingkan dengan rasio elektrifikasi nasional yang mencapai 92.80%. Dalam menghadapi persoalan ini PT. PLN melakukan langkah penanggulangan dengan melaksanakan Program Ekspedisi Papua Terang. (Badan Pusat Statistik, 2017)

2.1.2. Program Ekspedisi Papua Terang

Program Ekspedisi Papua Terang merupakan suatu program pemerintah untuk melistriki desa-desa tertinggal. (PLN, 2015) Program ini mengupayakan pemerataan antara daerah-daerah yang sudah maju dengan daerah-daerah tertinggal dalam kaitannya dengan pemenuhan kebutuhan listrik serta upaya pemanfaatan energi baru dan terbarukan setempat untuk melistriki daerah bersangkutan. Untuk tahap awal, program ini akan diprioritaskan didaerah-daerah dengan rasio elektrifikasi dan rasio desa berlistrik yang rendah yaitu desa-desa di wilayah Indonesia Timur. Setelah itu secara bertahap akan menuju ke wilayah Indonesia Barat.

Kerjasama antara PLN dan pemerintah merupakan salah satu kunci keberhasilan program ini. Saat ini, sekitar 12.659 desa dengan lebih kurang 2.527.469 KK dan 9.926.515 jiwa belum menikmati listrik. Untuk Wilayah Indonesia Timur sendiri, 6 provinsi yaitu Papua, Papua Barat, Maluku, Maluku Utara, NTT & NTB, terdapat 6.689 desa dari total 10.300 desa target 2019 Program Indonesia Terang. Pemerintah merencanakan untuk memulai Program Ekspedisi Terang di desa-desa dimana PLN belum hadir yaitu desa-desa yang tidak memiliki listrik sama sekali atau desa-desa yang sumber listriknya dari BBM (Non-PLN). Di sisi PLN sendiri, program ini sejalan dengan Program Pengembangan Listrik Perdesaan dan Desa Berlistrik PLN. Beberapa hal yang didapat dalam program ini yaitu :

1. Penentuan jumlah desa dan KK yang belum berlistrik dan sinkronisasi data.
2. Melakukan analisa geospasial (jika diperlukan) untuk pemetaan dan pengidentifikasian lokasi desa atau daerah-daerah berpenduduk.

3. Kerjasama dengan pemerintah untuk melakukan analisa least cost dengan menggunakan data-data geospasial dan data-data jaringan PLN.
4. Melakukan verifikasi hasil analisa *least cost* dengan kondisi real di lapangan.

Gambar 2. 1 Program Indonesia Terang
Sumber : (KEMENPORA, 2017)

2.1.3. PLTMG Timika

Proyek-proyek pembangkit *dual fuel* (berbahan bakar gas dan BBM) skala kecil (PLTMG) tersebar di Indonesia Timur untuk memenuhi kebutuhan beban sebelum pembangkit non-BBM beroperasi, antara lain di sistem Bau-Bau, Wangi-Wangi, Sumbawa, Flores, Kupang, Ambon, Ternate, Manokwari, Jayapura dan Timika.

Pada bulan Januari 2020 lalu, PT. PLN sukses mengoperasikan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Timika berkapasitas 10 megawatt (MW) di Kampung Pomako, Distrik Mimika Timur, Kabupaten Mimika Beroperasinya PLTMG Timika meningkatkan pasokan daya listrik di Mimika, dari sebelumnya 24,5 MW menjadi 34,5 MW. (Meilanova and Bisnis.com, 2020)

2.1.4. *Power bank* Express Services

PLN secara resmi meluncurkan 16 unit *Power bank Express Power Service. Power bank* raksasa ini dapat digunakan sebagai alternatif sumber energi listrik pada masa konstruksi. Fungsinya sama dengan genset. harga listrik dari *power bank* ini Rp 1.600/kWh, jauh lebih murah dibanding genset. *Bank Express Power Service* juga lebih ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar minyak (BBM) dan tidak mengeluarkan asap. Kapasitas tiap unit

Power bank Express Power Service mencapai 250 kVA, setara dengan daya listrik 113 rumah tangga 2.200 VA. (Kumparan, 2018)

Power bank besar ini dapat digunakan sebagai alternatif sumber energi listrik untuk kegiatan luar ruangan atau pada proyek pembangunan. Namun tujuan utama dari peluncuran *power bank* ini adalah sebagai sumber energi listrik di tempat jauh dari sumber listrik. Sehingga memudahkan masyarakat mendapat pasokan listrik. *Power bank* PLN ini bisa di pindah-pindahkan sehingga lebih efisien , lebih efektif dan bebas polusi karena tidak menggunakan bahan bakar fosil seperti genset diesel.

Penggunaan *power bank* lebih mudah dan biayanya relative lebih murah yaitu sekitar Rp 1.560-1650 per kwh. Semetara genset tarifnya saat ini Rp 2.500-2.600 per kWh belum termasuk biaya sewa genset dan operatornya. Untuk kapasitas daya, masing-masing unit *Power bank* adalah sebesar 250 kVA hingga 500 kVA.

Gambar 2. 2 *Power Express Services*
Sumber : (Kumparan, 2018)

2.1.5. Tongkang (*Barge*)

Tongkang (*Barge*) adalah suatu jenis kapal yang memiliki lambung datar atau suatu kotak yang mengapung. Kapal tongkang digunakan pada perairan yang tenang dan tidak membutuhkan kecepatan yang tinggi. (Prayoga and Aryawan, 2016) Pada umumnya kapal tongkang tidak memiliki sistem penggerak sendiri dan bergerak dengan bantuan kapal tunda (*tugboat*). Secara garis besar terdapat dua cara untuk menggerakan kapal tongkang, dengan cara ditarik (*towing barge*) dan didorong (*pushing barge*). Kapal tongkang memiliki beberapa kriteria yang membedakan dengan kapal jenis lain, kapal ini hanya terdiri dari kontruksi-kontruksi tanpa ada sistem-sistem rumit. Kapal

tongkang digunakan untuk mengangkut muatan-muatan dalam jumlah besar dan tahan lama seperti batu bara, kayu, pasir dll. Kapal tongkang memiliki dimensi yang lebih besar dari pada kapal umum lainnya sehingga kapal ini memiliki hambatan yang besar.

Tongkang merupakan jenis kapal yang berbeda relatif jauh dengan jenis kapal lainnya apabila dilihat dari dimensi tongkang itu sendiri. Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan tongkang, diantaranya:

- Kelebihan
    1. Memiliki bentuk lambung yang tidak rumit sehingga dapat memudahkan dalam proses pembangunan produksi.
    2. Bentuk yang besar memiliki kestabilan melintang yang bagus.
    3. Dapat digunakan pada perairan yang rendah.
    4. Memiliki Cb yang besar sehingga gaya angkat besar.
- Kekurangan
    1. Kemampuan olah gerak (*maneuver*) kurang bagus.
    2. Memiliki hambatan yang sangat besar.
    3. Energi dari sistem penggerak yang dibutuhkan lebih besar.
    4. Tidak memiliki sistem penggerak sendiri.

Tongkang memiliki karakteristik yang dapat menampung muatan dalam skala besar, proses pembangunan yang lebih mudah, dan biaya produksi yang lebih rendah dari kapal jenis 7 lain, oleh karena itu belakangan ini makin berkembangnya inovasi dalam desain dan pemanfaatan tongkang. tongkang sendiri umumnya digunakan untuk mengangkut muatan seperti kargo, muatan curah (pasir, batu bara, batu kerikil), kayu, minyak dan peti kemas, namun seiring berkembangnya zaman, terdapat beberapa jenis tongkang yang saat ini digunakan di dunia niaga berdasarkan fungsi dan muatannya, diantaranya adalah:

1. *Deck Cargo Barges*, merupakan jenis tongkang yang paling banyak digunakan, yang dapat difungsikan sebagai pengangkut muatan curah dan kargo. Kapal ini juga sering disebut accommodation *barge*.
2. *Self-Unloading Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki peralatan bongkar muat sendiri di atas kapal, biasa digunakan untuk muatan semen, pasir, dan kerikil.
3. *Log Barges*, merupakan jenis tongkang yang difungsikan untuk mengangkut muatan kayu dan umumnya memiliki *crane* di sisi kapal untuk membantu proses bongkar muat.

4. *Covered Barges*, merupakan jenis tongkang yang dilengkapi dengan penutup kedap pada bagian atas ruang muat, hal ini ditujukan untuk pemuatan barang yang membutuhkan perlindungan dari cuaca luar.
5. *Sectional Barges*, merupakan jenis tongkang yang paling sederhana yang menyerupai ponton yang biasa digunakan sebagai media bantu untuk mengapungkan alat berat seperti mobil keruk untuk membantu proses pengerukan.
6. *Fuel Station Barges,* merupakan jenis tongkang yang berfungsi sebagai stasiun pengisian bahan bakar bagi kapal-kapal seperti kapal pribadi dan workboat.
7. *Spud Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki tiang pancang di beberapa sisinya yang bertujuan agar tongkang dapat diam ditempat dan tidak terbawa arus.
8. *Crane Barges*, merupakan jenis tongkang yang digunakan untuk mengangkut crane di atasnya, pada umumnya tongkang jenis ini memiliki spud sebagai tiang pancang.
9. *Hopper Barges*, merupakan jenis tongkang yang dipergunakan untuk menampung lumpur dan dobpngar melalui pintu alas yang dapat terbuka.
10. *Split Hopper Barges*, merupakan jenis tongkang yang dapat melakukan proses bongkar muatan sendiri (*Self-Unloading*) dengan cara membuka lambung dan menumpahkan muatan kedalam laut.
11. *Chip Scows*, merupakan jenis tongkang yang digunakan untuk mengangkut muatan curah seperti pasir, hanya saja jenis ini memiliki dinding ruang muat yang lebih tinggi.
12. *Chemical Barges*, merupakan jenis tongkang yang mempunyai fungsi untuk mengangkut muatan cairan kimia curah di dalam tangki.
13. *Ro-Ro Trailer Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki fungsi untuk mengangkut muatan berupa kendaraan yang memiliki ramp door sebagai akses keluar masuk dari kendaraan yang diangkut.
14. *Rail Car Barges*, hampir menyerupai *Ro-Ro Trailer Barges* yang berfungsi untuk mengangkut kendaraan, namun terdapat perbedaan pada jenis ini yang memiliki jalur setiap kendaraan.
15. *Container Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki fungsi untuk mengangkut peti kemas. Terdapat beberapa tongkang pada jenis ini yang memiliki alat bongkar sendiri berupa *crane*.
16. *Dredger Barge*, merupakan jenis tongkang yang memiliki sistem pengerukan. Kapal tongkang ini digunakan untuk mengeruk pelabuhan.

17. *Liquifield Gas Barge*, merupakan jenis tongkang yang memuatan muatan gas yang dicairakan seperti LNG, LPG dll. Ruang muat pada kapal tongkang ini berupa tangka-tangki gas yang disusun disepanjang kapal.

2.1.6. Self Propelled *Barge*

Akhir-akhir ini marak dikembangkan berbagai inovasi mengenai tongkang berpenggerak sendiri atau Self-Propelled *Barge* (SPB). Terdapat beberapa perbedaan umum antara SPB dengan tongkang, diantarnya SPB telah dilengkapi oleh bangunan atas (*Superstructure*) yang terdiri dari tempat akomodasi para ABK, permesinan, sistem kemudi, sistem penggerak, serta perlengkapan dan peralatan. SPB biasa digunakan pada perairan yang tenang dan tidak memerlukan kecepatan yang tinggi. (Tabaczek, 2007) menjelaskan bahwa kapal tongkang yang beroperasi di sungai inland waterway dan perairan tenang pada umumnya hanya memiliki kecepatan kapal antara 10-15 km/jam.

SPB dapat disebut sebagai perpaduan antara kapal tongkang dan kapal konvensional, hal ini terlihat dari bentuk lambung bagian tengah yang hampir kotak menyerupai tongkang, tetapi pada bagian haluan dan buritan memiliki bentuk yang menyerupai kapal konvensional.

SPB memiliki beberapa jenis sesuai dengan kegunaannya. Adapun jenis-jenis dari SPB yang dibedakan sesuai dengan muatan yang diangkut, seperti di bawah ini:

1. *Self-Propelled Deck Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki geladak untuk mengangkut berbagai macam jenis barang.
2. *Self-Propelled Oil Barge*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang berfungsi untuk membawa muatan minyak cair yang disimpan pada tangki ruang muat.
3. *Self-Propelled Urea Barge*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang membawa muatan berupa pupuk urea secara curah dengan keadaan atap ruang muat tertutup.
4. *Self-Propelled Container Barge,* merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang mempunyai fungsi untuk mengangkut muatan peti kemas.
5. *Self-Propelled Cemment Barge*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang berfungsi untuk mengangkut muatan semen curah dengan struktur atap ruang muat tertutup dan kedap air.
6. *Self-Propelled Car Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki peranan untuk membawa kendaraan, SPB jenis ini memiliki ramp door yang berfungsi sebagai pintu pada proses bongkar muat kendaraan.

7. *Self-Propelled Covered Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki ruang muat yang tertutup dibagian atasnya, guna menjaga kontaminasi terhadap muatan dari cuaca luar.
8. *Self-Propelled Crane Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang terdapat crane di atas geladaknya.
9. *Self-Propelled Hopper Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki fungsi sebagai pengangkut muatan curah seperti pasir dan hasil tambang. SPB ini memiliki kemiringan pada dasar ruang muatnya.
10. *Self-Propelled Split Hopper Barge*, merupakan tongkang berpengerak sendiri yang memiliki fungsi sebagai pegangkut batu, lumpur, pasir dll
11. *Self-Propelled Log Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki muatan berupa batangan kayu gelondongan.

2.1.7. Self Propelled *Container Barge*

Kapal *container* sebagai sarana angkutan barang berpengaruh vital terhadap laju percepatan perekonomian nasional. Kondisi perairan Indonesia yang kedalaman dan fasilitas pendukung pelabuhan bervariasi serta efisiensi operasional kapal menjadi pertimbangan dalam mendesain kapal. Penggunaan kapal sarat rendah tipe *barge* bermesin sebagai pengangkut *container*, *Self Propelled Container Barge* (SPCB) saat ini banyak menjadi pilihan operator kapal dalam melayani pengiriman barang dengan *container.* (Ali, Firdaus and Nurhadi, 2017)

Self Propelled Container Barge (SPB) adalah kapal berbentuk tongkang yang menggunakan tenaga pendorong sendiri dengan muatan *container*. Kapal SPB ini mempunyai kemampuan *maneuverability* dan stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan tongkang dorong (*tug barge*), biaya pembangunannya secara signifikan lebih rendah dibanding dengan kapal jenis bulk carrier.

Gambar 2. 3 Kapal Tipe SPCB
sumber :(Inameq, 2018)

2.1.8. Desain Kapal

Desain adalah proses untuk membuat dan menciptakan obyek baru atau memodifikasi suatu obyek. Dalam hal ini desain kapal dapat diartikan sebagai proses untuk membuat dan menciptakan rancangan kapal baru yang mempertimbangkan aspek teknis dengan segala batasannya dan aspek ekonomis (Putra and Kurniawati, 2017). Pada dasarnya desain dibagi menjadi dua kategori, yaitu invension yang merupakan eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk, dan inovasion yaitu pembaharuan atau rekayasa desain terhadap sebuah produk. Keduanya memiliki tujuan yang sama yaitu untuk memperbaiki atau mempermudah dari suatu kendala yang dihadapi dari rancangan sebelumnya.

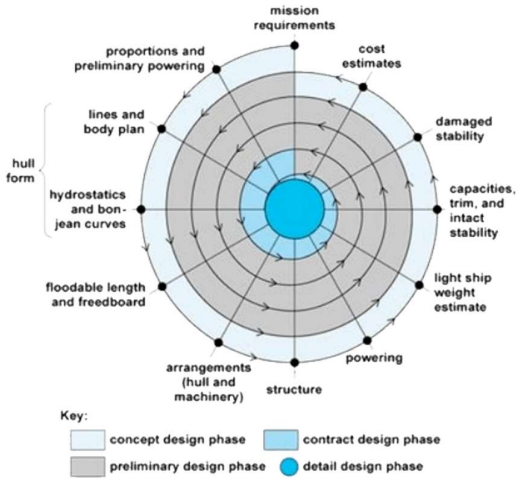
Proses desain pada pembangunan kapal bertujuan untuk mempermudah, memberikan arahan yang jelas sehingga pekerjaan pembangunan kapal dapat berjalan sesuai dengan rencana dan dapat meminimalisir kesalahan dalam proses pembangunan kapal. Proses desain kapal pun bertujuan agar produk yang dihasilkan dapat mengakomodir seluruh permintaan dari pemilik kapal (*owner requirement*). *Owner requirement* merupakan kumpulan dari ketentuan yang berasal dari permintaan pemilik kapal yang selanjutnya akan dijadikan acuan dasar bagi desainer dalam merancang suatu kapal, yang pada umumnya terdiri dari ketentuan jenis kapal, jenis muatan, kapasitas muatan, kecepatan kapal, dan rute pelayaran.

Selain itu terdapat hal yang perlu diperhatikan terkait batasan-batasn dalam proses mendesain kapal, antara lain:

- Batasan dari pemilik kapal yang harus dipenuhi, seperti *performance* kapal, jenis dan kapasitas muatan, biaya pembangunan, biaya operasional, dll.

- Batasan fisik kapal dan persyaratan teknis yang harus dipenuhi, seperti berat dan titik berat, lambung timbul, stabilitas, persyaratan konstruksi, dll.
- Batasan wilayah operasional kapal yang dibatasi, seperti kondisi pelayaran, kondisi pelabuhan, dll

2.1.9. Tahapan Desain Kapal



Gambar 2. 4 Desain Spiral
Sumber: Friendship Systems, 2015

Pada Gambar 2.4 menunjukan bahwa seluruh perencanaan dan analisis dalam proses mendesain kapal dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Proses ini biasa disebut dengan proses *Spiral Design*. Pada spiral design dibagi ke dalam 4 tahapan, yaitu: *concept design*, *prelimenary design*, *contract design*, dan *detail design*. (Inameq, 2018)

1. *Concept design*

Merupakan tahapan awal dalam proses desain dimana tahapan ini memiliki peranan untuk menerjemahkan *owner requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya perlatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa ukuran utama kapal, dan gambar secara umum.

2. *Preliminary Design*

Adalah tahap lanjutan dari *concept design*. Tahapan ini merupakan tahapan pendalaman teknis lebih dalam yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. *Preliminary design* ini merupakan iterasi kedua pada desain spiral. Adapun yang dimaksud detail meliputi fitur-fitur yang memberikan dampak signifikan pada kapal, termasuk juga pendekatan awal biaya yang akan dibutuhkan. Selain itu, proses yang dilakukan pada tahap ini antara lain adalah perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian midship kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dll. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan yang terkait dengan *performance* kapal

3. *Contract Design*

   Merupakan tahapan dimana masih dimungkinkannya terjadi perbaikan hasil dari tahap *preliminary design* sehingga desain yang dihasilkan lebih detail dan teliti. Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi: *arrangement drawing, structural drawing, structural details, propulsion arrangement, machinery selection, propeller selection, generator selection, electrical selection*, dll. Seluruh komponen tersebut biasa juga disebut sebagai *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

4. *Detail Design*

   Dalam proses mendesain kapal, tahapan detail design merupakan tahapan yang terakhir. Dimana pada tahapan ini dilakukan pendetailan gambar *key plan drawing* menjadi *production drawing* atau gambar produksi yang nantinya akan digunakan sebagai gambar arahan kerja untuk membangun kapal. Tahap ini mencakupi seluruh rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Disamping itu pada tahap ini diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan detail konstruksi.

2.1.10. Metode Desain

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mendesain kapal. Pemilihan metode desain yang akan digunakan dipilih berdasarkan tujuan dan ketersediaan data dari desain-desain kapal sebelumnya. Adapun macam-macam metode dalam mendesain kapal seperti di bawah ini:

1. *Parent Design Approach*

Merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara mengambil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Keuntungan dalam penggunaan metode ini adalah dapat mendesain kapal lebih cepat karena *performance* kapal yang dijadikan acuan telah terbukti.

2. *Trend Curve Approach*

Adalah metode statistik dengan menggunakan persamaan regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama kapal. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian didapatkan suatu koefisien yang digunakan dalam menentukan ukuran utama kapal.

3. *Iteratif Design Approach*

Merupakan sebuah metode desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping, testing, dan analyzing*. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada.

4. *Parametric Design Approach*

Adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter seperti panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal, koefisien blok, titik gaya apung, dll. sebagai ukuran utama kapal yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dilakukan perhitungan teknis yang terdapat dalam proses desain kapal.

5. *Optimation Design Approach*

Optimisasi merupakan suatu proses untuk mendapatkan beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu. Optimisasi biasa digunakan untuk mencari suatu nilai minimum atau maksimum yang ditetapkan sejak awal sebagai *objective function.*

Terdapat beberapa komponen optimisasi yang terlibat dalam setiap proses iterasi, yaitu:

- *Variable* (Variabel)

Variabel adalah nilai yang dicari dalam proses optimisasi. Untuk SPSHB ukuran utama menjadi *variable* dari suatu optimisasi.

- *Parameter* (Parameter)

Parameter adalah nilai yang besarannya tidak berubah selama satu kali proses optimisasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Parameter dapat diubah setelah satu 16 kali proses optimisasi untuk menyelidiki kemungkinan diperolehnya hasil yang lebih baik dalam proses berikutnya.

- *Constanta* (Konstanta)

  Konstanta adalah nilai yang tidak berubah besarannya selama proses optimisasi tuntas dilakukan. Konstanta memiliki nilai yang pasti dan tidak akan berubah.
- *Constrain* (Batasan)

  Batasan adalah nilai batas yang telah ditentukan. Batasan ini menjadi syarat apakah hasil optimisasi tersebut dapat diterima atau tidak. Untuk SPSHB batasan-batasan teknis kapal menjadi *constrain*.
- *Objective Function* (Fungsi Objektif)

  Fungsi objektif adalah hubungan antara semua atau beberapa variable serta parameter yang nilainya akan dioptimalkan. Fungsi objektif juga disesuaikan dengan permintaan, apakah nilai yang diharapkan merupakan nilai minimum atau maksimum. Untuk desain kapal SPSHB biaya pembangunan menjadi *objective function*.

Dalam proses desain kapal, proses optimisasi dapat dikombinasikan dengan beberapa metode lainnya seperti yang sudah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya. Empat metode tersebut antara lain adalah *method of comparison, method of statistic, trial and error (iritation) dan metode method of complex solution*. Pelaksanaan kombinasi antar dua metode atau lebih dalam proses optimisasi akan cenderung melibatkan prinsip dasar rekayasa teknik (*engineering*) dan prinsip ekonomi. Sehingga dalam setiap iterasi yang terjadi, selain pemeriksaan terhadap batasan atau syarat yang ditentukan, juga dilakukan perhitunganperhitungan teknis dan ekonomis dengan tetap berorientasi pada *objective function* yang mewakili tujuan akhir proses desain kapal dengan metode optimisasi (Handoyo, 2010).

2.1.11. Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal didapatkan Setelah kapasitas *payload* yang diangkut pada kapal *self-propelled barge* ditentukan. Ukuran utama kapal dilakukan dengan proses yang berulang, berdasarkan konfigurasi penataan *powerbank* pada layout awal (Prarista, Manfaat and Hakim, 2012) , meliputi :

- Area muatan
- Area poop sebesar 20% dari LWL
- Area forecastle sebesar 8% dari LWL

2.1.12. Rasio Ukuran Utama dan Koefisien

Proses perhitungan teknis desain kapal selalu mengunakan ukuran utama kapal. Ukuran utama dalam desain kapal adalah komponen yang paling dipertimbangkan untuk memenuhi permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) dan batasan-batasan perhitungan lainnya, oleh karea itu diperlukan batasan-batasan ukuran utama kapal agar permintaan pemilik dan batasan perhitungan sesuai. Berikut batasan-batasan terhadap ukuran utama kapal menurut (Suhardjito, 2014):

1. *Length-Beam Ratio* (L/B) Merupakan rasio perbandingan antara panjang dan lebar kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap hambatan kapal dan kemampuan olah gerak kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah 3,5 < L/B < 10
2. *Beam-Draft Ratio* (B/T) Merupakan rasio perbandingan antara lebar dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap stabilitas kapal searah melintang. Batasan rasio yang dianjurkan adalah 1,8 < B/T < 5
3. *Length-Draft Ratio* (L/T) Adalah rasio perbandingan antara panjang dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah 10 < L/T < 30.

Selain ukuran utama kapal, terdapat komponen lain yang berperan terhadap perhitungan teknis suatu kapal, yaitu koefisien-koefisien yang merupakan fungsi dari dimensi kapal yang dapat berpengaruh terhadap karakteristik hidrostatis kapal. Koefisien-koefisien tersebut adalah:

1. *Froude Number* (Fn) *Froude number* merupakan rasio hubungan kecepatan kapal dan panjang kapal. Kapal dapat dikatakan cepat atau tidak tergantung besaran nilai dari *Froude Number*. Berikut formula dari Fn menurut (Lewis, 1989):

$$Fn_0 = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} \quad .....$$

.....(2.1)

2. *Block Coefficient* (CB) Merupakan koefisien perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup dalam air dengan volume balok yang melingkupi badan kapal yang tercelup (L x B x T). Adapun (Suhardjito, 2014) menjelaskan formula CB seperti di bawah ini:

$$Cb = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1\,Fn + 46.6\,Fn^3$$

.....(2.2)

3. *Midship Coefficient* (CM) Merupakan koefisien perbandingan antara luas bidang tengah kapal yang tercelup air dengan luasan segi empat yang melingkupinya (B x T). Adapun formula CM menurut (Suhardjito, 2014) seperti di bawah ini:

   $Cm = 1.006 - 0.0056\ CB^{-3.56}$ .....(2.3)

4. *Prismatic Coefficient* (CP) Merupakan koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dengan volume prisma kapal. Dan (Suhardjito, 2014) menjelaskan formula CP seperti di bawah ini:

   $$Cp = \frac{Cb}{Cm}$$ .....(2.4)

5. *Waterplane Coefficient* (CWP) Merupakan koefisien perbandingan antara luasan bidang permuakaan air pada saat kapal muatan penuh dengan luasan persegi pada area permukaan air (L x B). Berikut formula CWP menurut (Suhardjito, 2014) seperti di bawah ini:

   $Cwp = 0.180 + 0.860 * \mathrm{Cp}$ .....(2.5)

2.1.13. Hambatan Kapal

Hambatan kapal atau biasa disebut tahanan kapal adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal dari arah yang berlawanan kapal sehingga melawan gerakan kapal pada suatu kecepatan. Perhitungan hambatan kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan agar kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi dari besaran hambatan kapal, seperti ukuran utama kapal, bentuk badan kapal di bawah garis air, dan kecepatan kapal yang dibutuhkan. (Lewis, 1989) menjelaskan untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop dan Mennen. Formula perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga hambatan total sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2}\rho V^2 \cdot S_{tot}\left[C_F\left(1+k\right)+C_A\right]+\frac{R_W}{W}W$$ .....(2.6)

Dimana:

P = Masa jenis air laut (ton/m3)

V_S = Kecepatan kapal (m/s)

S_{Tot} = Luas total permukaan kapal di bawah garis air (m2)

C_F = Koefisien gesek (Frictional coefficient)

(1+k) = Faktor bentuk lambung

C_A = Model-ship correlation allowance

R_W = Hambatan akibat pengaruh gelombang (kN)

W = Displasemen kapal (ton)

1. *Wave-making Resistance* (RW)

Wave-making resistance atau yang biasa disebut hambatan gelombang adalah hambatan yang yang disebabkan oleh gelombang air yang timbul akibat bergeraknya kapal. Menurut (Lewis, 1988) formula untuk menghitung besar hambatan gelombang seperti di bawah ini:

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 Fn^d} + m_2 \cos\left(\lambda Fn^{-2}\right) \quad \text{.....(2.7)}$$

Untuk kapal berkecepatan rendah dengan Fn ≤ 0.4 maka perhitungan hambatan gelombang menggunakan Havelock Formula.

1. Koefisien C1

$$C_1 = 2223105\, C_4{}^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757} \quad (2.8)$$

Dimana:

$C4 = 0.2296\ (B/L)^{0.3333}$ untuk B/L ≤ 0.11

$C4 = B/L$ untuk 0.11 ≤ B/L ≤ 0.25

$C4 = 0.5 - 0.0625\ L/B$ untuk B/L ≥ 0.25

2. iE = Setengah dari besar sudut masuk garis air

$$iE = 125.67 \frac{B}{L} - 162.25\ C_P{}^2 + 234.32\ C_P{}^3 + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8\left(T_a - T_f\right)}{T} \right)^3 \quad (2.9)$$

Dimana:

T = Sarat kapal (m)

Ta = Sarat kapal di *after peak* (m)

Tf = Sarat kapal di *fore peak* (m)

3. Koefisien C_2

C_2 = Koefisien pengaruh dari penggunaan *bulbous bow*

$$C_2 = e^{-1.89} \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT\left(\gamma_B + i\right)} \quad (2.10)$$

Dimana:

ABT = Luasan *bulbous bow* (m^2)

rB = Jari-jari efektif *bulbous bow* (m)

rB = 0.56 ABT 0.5

i $= Tf - hB - 0.4464\ rB$

hB = Tinggi *bulbous bow* (m)

Dan untuk kapal tanpa *bulbous bow*, $C_2 = 1$

4. Koefisien C_3

   C_3 = Koefisien pengaruh dari transom

   $C_3 = 1 - 0.8\ AT\ B \times T \times CM$ ..... (2.11)

   Dimana:

   AT = Luasan transom pada keadaan kecapatan kapal nol (m2)

5. Koefisien m1

$$m1 = 0.01404\frac{L}{T} - 1.7525\frac{\nabla^{\frac{1}{3}}}{L} - 4.7932\frac{B}{L} - C_5 \quad \text{..... (2.12)}$$

   Dimana:

   C5 = Koefisien dengan fungsi koefisien prismatik (CP)

   $C5$ = 8.0798 C_P – 13.8673 C_P^2 – 6.9844 C_P^3 untuk CP ≤ 0.8

   $C5$ = 1.7301 – 0.7067 C_P untuk CP ≥ 0.8

6. Koefisien m2

$$m2 = C_6 \times 0.4e^{-0.034Fn^{-3.29}} \quad \text{..... (2.13)}$$

   Dimana:

$$C_6 = -1.69385 \qquad [\text{untuk } \frac{Lwl^3}{\nabla} \leq 512]$$

$$C_6 = 1.69385 + \frac{\frac{L}{\nabla^{\frac{1}{3}}} - 8}{2.36} \qquad [\text{untuk } 512 \leq \frac{Lwl^3}{\nabla} \leq 1727]$$

$$C_6 = 0 \qquad [\text{untuk } \frac{Lwl^3}{\nabla} \geq 1727]$$

7. Koefisien λ

   λ = Koefisien dengan fungsi L/B

$\lambda = 1.446\ C_P - 0.03\frac{Lwl}{B}$ [untuk $\frac{Lwl}{B} \leq 12$]

$\lambda = 1.446\ C_P - 0.36$ [untuk $\frac{Lwl}{B} \geq 12$]

8. Gaya berat (W)

$W = \rho \times g \times V$ (kN)

(2.14)

Dimana:

P = Masa jenis air laut (ton/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

V = Volume displasemen (m^3)

9. *Form Factor of Bare Hull* (1+k)

Form factor of bare hull adalah faktor dari pengaruh bentuk lambung kapal, yang di dalamnya meliputi faktor bentuk lambung itu sendiri dan faktor panambahan bentuk lambung lainnya, serta luasan dari permukaan lambung dan luasan dari penambahan bentuk lambung lainnya. Adapun formula menurut (Lewis, 1989) untuk menghitung harga dari faktor pengaruh bentuk lambung seperti di bawah ini:

$(1 + k) = 1 + k_1 + \left[1 + k_2 - \left(1 + k_1\right)\right]\frac{S_{app}}{S_{tot}}$

(2.15)

10. *Friction Coefficient* (CF)

Friction coefficient atau biasa disebut dengan koefisien gesek adalah koefisien dari hambatan gesek yang terjadi pada kapal selama kapal berlayar. (Lewis, 1989) menjelaskan terdapat formula perhitungan untuk menghitung koefisien gesek seperti di bawah ini:

$CF = 0.075 / (\log Rn - 2)^2$

(2.16)

Dimana:

Rn = Reynolds number:

$Rn = Vs \times LWL\ \upsilon s$

Vs = Kecepatan kapal (m/s)

LWL = Panjang garis air (m)

υs = Viskositas kinematis untuk air laut

υs = 1.1883 x 10-6 (m/s)

11. *Correlation Allowance* (CA)

(Lewis, 1989) menjelaskan *correlation allowance* merupakan faktor penambahan terhadap nilai hambatan kapal yang disebabkan oleh adanya efek kekasaran pada lambung selama kapal mendapatkan hambatan kapal. Formula CA dirumuskan pada konfrensi *International Towing Tank Conference* (ITTC) pada 1963 di London, Inggris. Adapun formula dalam menentukan harga CA seperti di bawah ini:

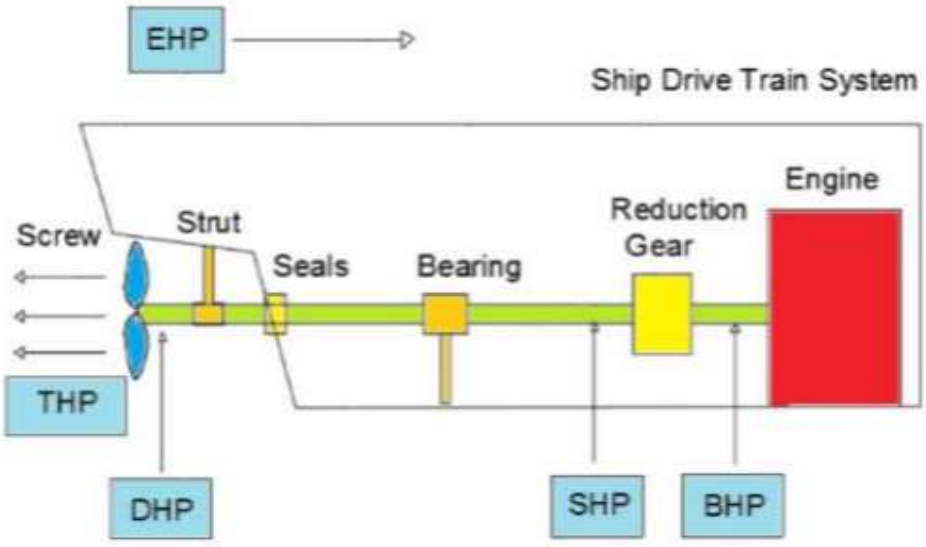
- Untuk keadaan TF / LWL > 0.04 digunakan perhitungan:

$$CA = 0.006(Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad \text{.....(2.17)}$$

- Untuk keadaan TF / LWL < 0.04 digunakan perhitungan:

$$CA = 0.006(Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003\left(\frac{Lwl}{7.5}\right)^{0.5} C_B{}^4 C_2 \left(0.04 - \frac{T_f}{Lwl}\right) \text{.(2.18)}$$

2.1.14. Daya Pengerak Kapal



Gambar 2. 5 Skema Pembagian Daya Penggerak Kapal
Sumber: (Blog Pelaut, 2017)

Dalam menggerakan suatu kapal dibutuhkan sebuh system penggerak yang dapat membuat kapal bergerak. Sistem penggerak kapal bervariasi diantaranya sistem penggerak dengan bantuan mesin dan tanpa bantuan mesin. Untuk kapal-kapal besar menggunakan sistem penggerak dengan bantuan mesin karena sistem penggerak dengan bantuan mesin terbilang lebih efisien dibandingkan tanpa bantuan mesin.

Daya mesin yang digunakan suatu kapal harus sesuai dengan permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) sehingga perlu disesuaikan dengan kapasitas dan daya dari mesin penggerak utama. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan dan perhitungan terhadap daya penggerak kapal.

Pada Gambar 2.5 terlihat bahwa kebutuhan daya mesin penggerak utama (*break horse power*) dapat dicari setelah melakukan perhitungan komponen daya yang ada sebelumnya secara beruntun. Berikut penjabaran dari masing-masing komponen daya menurut (Lewis, 1988).

1. *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang dibutuhkan untuk melawan hambatan yang terjadi pada kapal sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP:

EHP = RT × Vs ..... (2.19)

Dimana:

EHP = *Effective Horse Power* (HP) / (kW)

RT = Hambatan total kapal (kN)

Vs = Kecepatan dinas kapal (m/s)

2. *Delivery Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai di baling-baling (*propeller*). Terdapat penambahan daya yang dibutuhkan yang diakibatkan oleh adanya pengurangan dari efisiensi lambung, efisiensi relatif-rotatif, dan *open water efficiency*. Adapun perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga DHP seperti berikut:

$$DHP = EHP/\eta D \quad (2.20)$$

Dimana:

EHP = *Effective Horse Power* (HP) / (kW)

ηD = Efisiensi baling-baling (*propeller efficiency*)

$\eta D = \eta H \times \eta R \times \eta O$

- ηH = Efisiensi lambung (*hull efficiency*)

$\eta H = (1 - t)/(1 - w)$ (2.21)

Dimana:

w = *Wake friction*

$w = 2 \times CB^5 (1 - CB) + 0.04$ Kapal *twin screw*

t = *Thrust deduction*

$t = 0.70\ w + 0.06$ Kapan *twin screw*

- ηR = Efisiensi relatif-rotatif *(relative-rotative efficiency*)

  $\eta R = 0.9737 + 0.111\ (CP - 0.0225\ LCB) + (-0.06325\ P/D)$ ..... (2.22)

  Dimana:

  P/D= Pitch ratio

  LCB= Panjang terhadap titik apung

- ηO = *Open water efficiency*

3. *Shaft Horse Power* (SHP)

   SHP merupakan daya yang dibutuhkan setelah melewati *stern tube* dan *bearing*. Terdapat pengurangan daya akibat adanya penurunan efisiensi *stern tube* dan *bearing*. Adapun perhitungan yang digunakan untuk menentukan besaran daya

   $SHP = DHP/\eta S\eta B$ ..... (2.23)

   Dimana:

   DHP = *Delivery Horse Power* (HP) / (kW)

   ηS ηB = Efisiensi *stern tube* dan *bearing*

   nS ηB = 0.98 , untuk peletakan *main engine* di bagian belakang kapal

   ηS ηB = 0.97 , untuk peletakan *main engine* di bagian tengah kapal

4. *Break Horse Power* (BHP)

   BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama yang telah melewati sitem tranmisi. Daya BHP yang dibutuhkan lebih besar dari SHP akibat adanya pengurangan daya yang diakibatan pengurangan efisiensi tranmisi. Untuk mendapatkan harga BHP dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

   $BHP = SHP/\eta T$ ..... (2.24)

   Dimana:

   BHP = *Break Horse Power* (HP) / (kW)

   ηT = *Transmision efficiency*

   $\eta T = \Sigma\ (1 - li)$

   li = Koefisien terhadap penggunaan komponen sistem penggerak.

5. *Maximum Continous Rating* (MCR)

   MCR merupakan margin pada kebutuhan daya mesin penggerak utama (BHP) yang disebabkan oleh penambahan adanya *power design margin* yang merupakan *margin*

penambahan akibat perencanaan kebutuhan daya mesin masih banyak menggunakan pendekatan, dan *power service* margin mengingat mesin akan mengalami penurunan performa 30 seiring waktu penggunaannya. MCR juga digunakan sebagai daya yang digunakan dalam pemilihan *main engine*. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan harga MCR:

$$MCR = BHP(1 + MD)/(1 - MS) \quad (2.25)$$

Dimana:

MD = *Power design margin*

MD = 3 – 5 %

MS = *Power service margin*

MS = 15 – 25 %

2.1.15. Berat dan Titik Berat Kapal

Pada proses mendesain kapal, perhitungan berat dan titik berat menjadi salah satu aspek penting karena berat dan titik menjadi salah satu batasan dalam menentukan ukutan utama. Selain itu berat dan titik berat kapal dapat berpengaruh terhadap batasan teknis lainnya seperti *trim*, stabilitas kapal, kekuatan kapal, dll. Perhitungan berat pada kapal pada umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT *(Lightweight Tonnage*) dan DWT (*Deadweight Tonnage*).

1. *Berat Lightweight Tonnage* (LWT)

LWT digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu:

a. Berat Komponen Baja Kapal

Merupakan seluruh berat dari komponen baja meliputi berat baja kapal di bawah geladak utama, berat sistem keamanan peti kemas, dan berat dari bangunan atas dan rumah geladak.

b. Berat Bangunan Atas dan Rumah Geladak

Pada dasarnya seluruh bangunan kapal yang berada di atas geladak utama merupakan bagian dari dua komponen yaitu bangunan atas (*superstructure*) dan rumah geladak (*deck house*). Dimana *superstructure* meliputi poop dan forecastle, sementara *deck house* meliputi bangunan di atas *superstructure*. Untuk menghitung berat dari superstructure dan deck house menurut (Schneekluth & Betram, 1998) dapat digunakan formula sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Harga Koefisien *Deck House*

F_o/F_u	Layer I	II	III	IV	Wheelhouse
1.0	0.057	0.056	0.052	0.053	0.040
1.25	0.064	0.063	0.059	0.060	0.045
1.5	0.071	0.070	0.065	0.066	0.050
1.75	0.078	0.077	0.072	0.073	0.055
2.0	0.086	0.084	0.078	0.080	0.060
2.25	0.093	0.091	0.085	0.086	0.065
2.5	0.100	0.098	0.091	0.093	0.070

Sumber: (Schneekluth and Bertram, 1998)

$Wn = Vn \times Cn`$ ..... (2.26)

Dimana:

Vn = Volume bangunan yang akan dicari (m3)

Cn = Koefisien berat baja bangunan yang akan dicari (ton/m3)

Tabel 2. 3 koefisien berat baja

Untuk koefisien berat baja bangunan kapal dapat dili]		
L [m]	Geladak penggal	Semua bangunan atas lain
30 atau kurang	0.90	1.80
75	1.20	1.80
125 atau lebih	1.80	2.30

Sumber :(Schneekluth and Bertram, 1998)

Tinggi standard untuk panjang di antara harga Tabel dihitung dengan interpolasi liniear.

Bila h < hs, maka ls $= \frac{h}{hs} * l$

Bila h > hs, maka ls = l

hs = tinggi standart bangunan atas

l = panjang bangunan atas

ls = panjang superstructure efektif

1) Koreksi bangunan atas (*superstructure*) :

   Jika Panjang efektif bangunan atas (E) = 1.0 L maka pengurangan harga *freeboard* diberikan sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Tabel Pengurangan *Freeboard*

Panjang Kapal (m)	Pengurangan *Freeboard*
24	350

85	860
122	1070

Sumber : (Schneekluth and Bertram, 1998)

Pengurangan untuk panjang kapal di antara harga tabel didapat dengan interpolasi linier. Jika jumlah panjang efektif bangunan atas dan trunk kurang dari 1.0 L, besar persentase pengurangan didapat dari salah satu tabel berikut ini:

Tabel 2. 5 Pengurangan *Freeboard* untuk kapal tipe A

		Total effective length of superstructures and trunks										
Kapal dengan forecastle tanpa bridge	I	0	5	10	15	23.5	32	46	63	75.3	87.7	100
Kapal dengan forecaslte dan bridge	II	0	6.3	12.7	19	27.5	36	46	63	75.3	87.7	100

Sumber : (Schneekluth and Bertram, 1998)

Persentase untuk panjang bangunan atas dan trunk di antara harga tabel didapat dengan interpolasi linier.

2) Koreksi Sheer

Bila kapal menggunakan *sheer standart* maka tidak ada koreksi *sheer*.

3) Koreksi Minimum *Bow Height* (Bwm)

- Untuk kapal L < 250 m :

$$Bwm = 56L\left(1-\frac{L}{500}\right)\left(\frac{1.36}{Cb+0.68}\right) \quad \text{.....(2.48)}$$

- Untuk kapal L > 250 m :

$$Bwm = 7000.\left(\frac{1.36}{Cb+0.68}\right) \quad \text{.....(2.49)}$$

L = panjang kapal [m]

Cb = koefisien blok

Cb ≥ 0.68

4) Batasan untuk *freeboard*

Setelah semua perhitungan *freeboard* beserta koreksinya, maka di cek dengan kondisi *freeboard* sebenarnya pada kapal Tanker yang dirancang. Adapun pembatasannya adalah sebagai berikut:

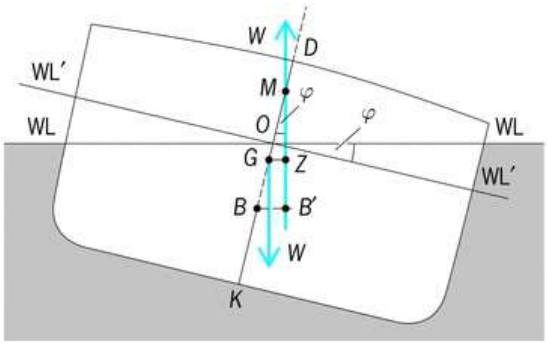
Actual *freeboard* ≥ *freeboard* minimum

dimana :

- *Actual Freeboard* adalah tinggi *freeboard* yang sebenarnya
- *Freeboard* Minimum adalah *freeboard* hasil perhitungan menurut *International Load Lines Convention* 1966 & *protocol* 1988 beserta koreksinya.

2.1.16. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Suatu kapal dapat bertahan dalam pelayaran ditentukan oleh stabilitas kapal. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:



Gambar 2. 6 Stabilitas Kapal
Sumber : (Inameq, 2018)

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.

- Keseimbangaan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu :
  1. Keseimbangan stabil, kondisi dimana letak titik G berada di bawah titik M.

2. Keseimbangan labil, kondisi dimana letak titik G berada di atas titik M.
3. Keseimbangan *indeferent*, kondisi dimana letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Stabilitas kapal yang didesain dibuktikan secara teoritis sesuai dengan kriteria stabilitas yang diatur oleh (Intact Stability Code 1974, pengembangan dari (IMO 1974), 2008). Ada beberapa kriteria persyaratan dalam perhitungan stabilitas kapal sebagai berikut:

- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 30° adalah 0.055 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 40° adalah 0.09 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ antara sudut oleng 30°-40° adalah 0.03 m.rad.
- Lengan statis GZ pada sudut oleng ≥ 30° tidak boleh kurang dari 0.20 m.
- jarak GM pada sudut oleng 0° tidak boleh kurang dari 0.15 m.
- Lengan statis (GZ) maksimum terjadi tidak boleh kurang dari 25°.

2.1.17. *Trim* Kapal

Pada dasarnya stabilitas kapal dibedakan menjadi dua jenis yaitu stabiitas memanjang (sat kapal terjadi *trim*) dan stabilitas melintang (saat kapal terjadi oleng). Stabilitas melintang pada kapal sudah dibahas padaa Sub Bab II.9.7 Pada Sub Bab ini akan dibahas mengenai stabilitas memanjang (kondisi *trim*). *Trim* terjadi karena perbedaan letak titik gaya apung dan titik gaya berat. Hal ini mengakibatkan perbedaan sarat pada bagian depan dan belakang kapal. *Trim* merupakan kondisi yang pasti terjadi dikarenakan perubahan kondisi permuatan ya (International Maritime Organization, 2009) yang secara otomatis akan mengakibatkan perubahan letak titik berat kapal. Pemeriksaan kondisi *trim* ini mengacu pada (International Maritime Organization (IMO), 2009) di mana batasan-batasan yang diizinkan adalah 0.5 % LWL.

2.1.18. Perhitungan Pembangunan Kapal

Dalam proses merancang kapal terdapat dua aspek yang harus diperhitungkan, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis yang saling berkaitan, dimana hasil dari analisa teknis dapat mempengaruhi perhitungan ekonomis, begitu juga sebaliknya. Salah satu

tujuan dari proses mendesain kapal yang utama adalah mampu menghasilkan desain kapal dengan kriteria teknis yang memenuhi persyaratan dan mampu meningkatkan efisiensi pada aspek ekonomis. Aspek ekonomis yang dipertimbangkan dalam mendesain kapal antara lain dibedakan menjadi dua jenis biaya, yaitu biaya pembangunan yang merupakan kebutuhan biaya untuk membangun kapal dari tahap awal hingga kapal selesai dibangun, serta biaya operasional kapal yang mana merupakan biaya yang perlu dikeluarkan selama kapal beroperasi.

Menurut (PERTAMINA, 2007) pada dasarnya biaya pembangunan terdiri dari dua jenis biaya yaitu biaya langsung (direct cost) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). *Direct cost* merupakan jenis biaya yang secara langsung dikeluarkan untuk pembangunan fisik kapal, antara lain adalah biaya untuk pembelian material dan baja, sistem dan permesinan, biaya pekerja, biaya *launching* dan *testing*, serta biaya inspeksi dan sertifikasi. Sementara *indirect cost* adalah biaya yang digunakan untuk membiayai kebutuhan kapal secara tidak langsung seperti biaya desain, biaya asuransi, biaya pengiriman barang, biaya garansi, dll. Terdapat 5 tahapan dalam perhitungan estimasi biaya pembangunan berdasarkan tingkat akurasi dan kelengkapan data-data dari setiap *equipment* yang digunakan. Estimasi biaya pembangunan memiliki tingkat akurasi yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat penyelesaian pekerjaan.

1. *Conceptual or screening estimate* (*estimate class 5*)

   Estimasi yang dibuat berdasarkan data proyek sejenis yang pernah dibuat di waktu lalu atau menggunakan *parametric model, judgement, dan analogy*. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 0% s.d. 2% dan memiliki tingkat akurasi berkisar antara batas bawah –20% s.d. –50% dan batas atas +30% s.d. +100%.

2. *Study or feasibility estimate* (*estimate class 4*)

   Estimasi yang dibuat berdasarkan *equipment factored* atau menggunakan parametric model. Dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 1% s.d. 15% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah –15% s.d. –30% dan batas atas +20% s.d. +50%.

3. *Budgetary or control estimate* (*estimate class 3*)

   Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode *semi-detailed unit cost* yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lebih terperinci. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 10% s.d. 40% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah –10% s.d. –20% dan batas atas +10% s.d. +30%.

4. *Control or bid/tender estimate (estimate class 2*)

   Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode detailed unit cost yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lengkap/detail. Estimasi ini dibuat dengan

tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 30% s.d. 70% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah –5% s.d. –15% dan batas atas +5% s.d. +20%.

5. *Check estimate* (*estimate class* 1)

Estimasi yang dibuat menggunakan metode *detailed* unit cost dilengkapi dengan detail material *take-off*, yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* dan jumlah material yang akurat. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 50% s.d. 100% dan memiliki keakurasian berkisar antara batas bawah –3% s.d. –10% dan batas atas +3% s.d. +15%.

2.2. Tinjauan Pustaka

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir meninjau karya-karya sebelumnya untuk dijadikan referensi dalam penulisan dan pegerjaan. Tinjauan Pustaka yang terancum diantaranya yaitu:

2.2.1. Tugas Akhir

Proses pengerjaan Tugas Akhir melakukan Tinjauan Pustaka di beberapa Tugas Akhir terdahulu diantaranya adalah Tugas Akhir karya Ghafiqi Wijdan Haq, 2015 yang berjudul " Desain Self-Propelled *Container Barge* (SPCB) Pengangkut Peti Kemas Berebasis Jalur Sungai Pada Program Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok" dan Rizky Priyanda, 2016 yang berjudul "Kajian Teknis Perubahan Kapal Tongkang Menjadi Kapal *Container* Untuk Mendukung Percepatan Tol Laut".

Tugas Akhir karya Ghafiqi Wijdan Haq, 2015 membicarakan tentang kapal tongkang bermuatan peti kemas melalui sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL). Tugas Akhir tersebut dijadikan referensi untuk perhitungan teknis dan desain pada kapal tongkang.

Tugas Akhir Rizky Priyanda, 2016 membicarakan tentang perubahan kapal tongkang menjadi kapal *container*. Tugas Akhir tersebut dijadikan referensi untuk model optimasi dan perhitungan stabilitas

2.2.2. Peraturan Klasifikasi

Proses pengerjaan Tugas Akhir mengacu pada beberapa peraturan klasifikasi diantaranya peraturan klasifikasi Bureau Veritas Ch. XIII "*Ships for Dredging Activity*" dan Korean Register Ch III "*Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats*". Pada Ch. XIII B.V membicarakan tentang lambung, stabilitas, sistem propulsi, sistem

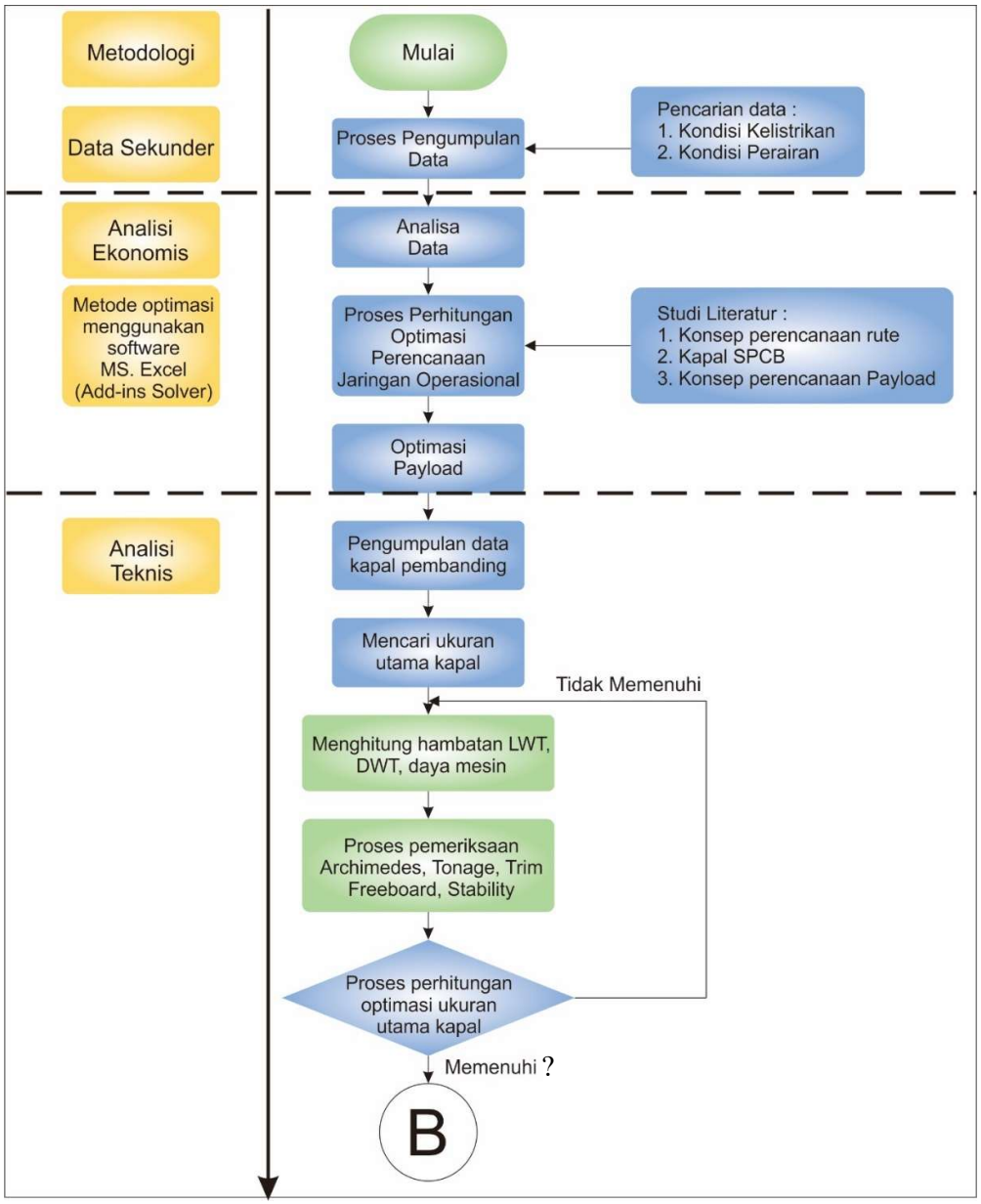
pengerukan dll. Ch. XIII Sub Bab lambung terdapat jenis ruang muat kapal pengerukan, hal tersebut dijadikan acuan dalam membuat ruang muat. Pada Ch III K.R membicarakan tentang hambatan pada kapal tongkang dimana K.R telah memformulasikan hitungan hambatan kapal tongkang. Formulasi tersebut dijadikan acuan dalam menghitung hambatan SPCB.

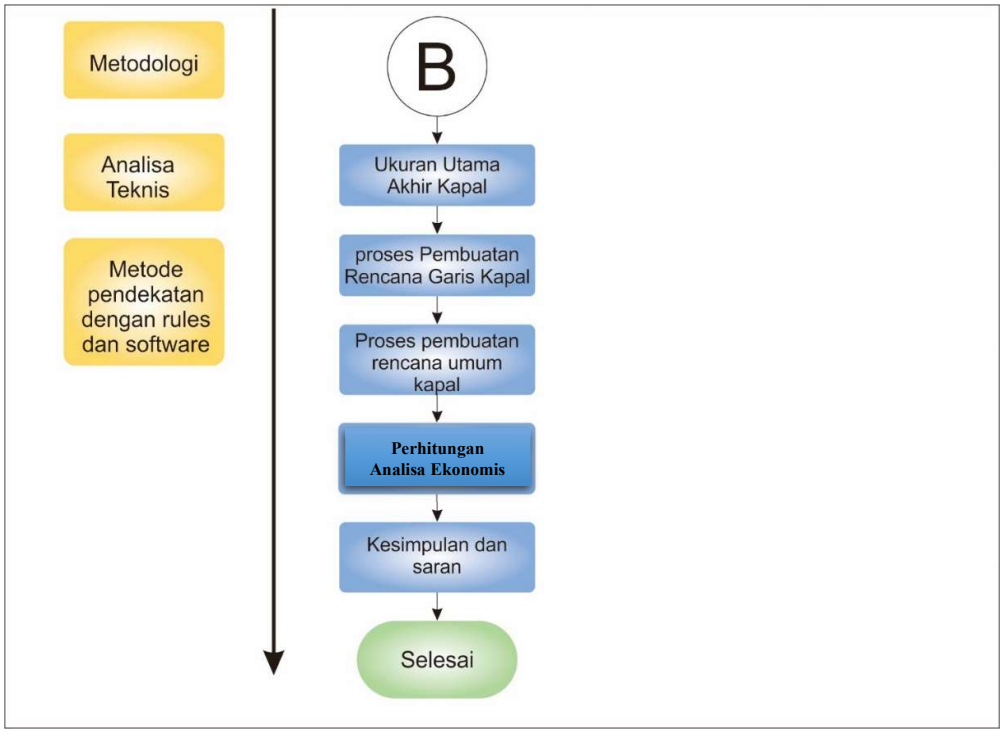
Halaman Ini Sengaja DIkosongkan

BAB 3
METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Studi Literatur

Hal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah melakukan studi literatur terlebih dahulu. Studi literatur ini berdasarkan buku, jurnal, atau laporan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Dalam hal ini, studi literatur dibagi menjadi dua yaitu dasar teori dan tinjauan pustaka. Dimana dasar teori merupakan penjelasan *variabel-variabel* yang digunakan pada saat penelitian, sedangkan tinjuan pustaka merupakan penjelasan mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang sudah dilakukan.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara *primer*, dimana data didapatkan secara langsung oleh penulis. Data inilah yang akan digunakan menjadi patokan inti dari proses pengerjaan Tugas Akhir ini kedepannya.

3.3.1. Daerah Operasional

Daerah operasional kapal ini digunakan untuk mengetahui kondisi perairan di Kota Timika hingga distrik Mimika Barat Jauh. didapatkan sebagai acuan untuk konsumsi bahan bakar dan tempat dimana kapal akan berlabuh.

3.3.2. Data Alat Suplai Listrik

Data alat suplai listrik digunakan untuk menentukan jumlah peralatan listrik yang akan digunakan dan untuk mendapatkan berat alat yang digunakan untuk menyuplai listrik ke daerah operasional.

3.4. Analisis Data

Proses ini dilakukan setelah terkumpulnya data yang dibutuhkan dan dapat menunjang proses pembelajaran literatur lebih lanjut. Data yang didapatkan tersebut kemudian diolah mulai dari perhitungan kelistrikan, perhitungan ukuran utama dan dilanjutkan dengan perhitungan teknis.

3.5. Penentuan Ukuran Utama Kapal Awal

Penentuan ukuran utama kapal didapatkan dari *layout* konfigurasi peletakan *powerbank* di kapal untuk sebagai acuan minimal ruang pada geladak kapal, dilanjutkan dengan perhitungan batasan-batasan.

3.6. Analisis Teknis

Dalam analisis teknis ini, yang dilakukan adalah melakukan pemilihan gas turbine untuk pembangkit listrik tenaga gas yang sesuai, melakukan analisis batasan-batasan ukuran utama kapal, melakukan perhitungan berat kapal dan titik berat kapal, melakukan perhitungan lambung timbul dan melakukan perhitungan untuk *trim* kapal dan stabilitas kapal. Dan disaat analisis teknis tidak memenuhi dalam batasan yang ditentukan, maka akan dilakukan perhitungan ulang dengan menentukan ukuran utama awal kapal kembali. Dan bila semuanya sudah memenuhi, akan dilanjutkan dalam proses desain selanjutnya.

3.6.1. Pemilihan *Powerbank*

Pemilihan *Powerbank* ini digunakan untuk mendapatkan daya yang sesuai dengan rencana desain kapal yang akan dibuat berdasarkan kebutuhan pada daerah operasional. Yang kemudian akan didapatkan kapasitas dari *powerbank* sebagai acuan minimal untuk energi yang akan didistribusikan tersebut.

3.6.2. Perhitungan Berat Kapal dan Tititk Berat Kapal

Perhitungan berat kapal dimulai dengan melakukan perhitungan untuk komponen-komponen LWT dan DWT kapal, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari titik berat

tiap komponen-komponen LWT dan DWT kapal. Untuk mendapatkan titik berat dari tiap komponen-komponen DWT dilakukan dengan bantuan *Software Maxsurf Stability*.

3.6.3. Perhitungan Lambung Timbul

Perhitungan teknis lambung timbul kapal digunakan untuk menentukan Batasan lambung timbul yang disarankan menurut *International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988.*

3.6.4. Perhitungan *Trim* Kapal dan Stabilitas Kapal

Perhitungan ini digunakan untuk menentukan batasan *trim* yang terjadi pada desain kapal sesuai dengan *SOLAS Chapter II-1 Part B Regulation 5*, serta stabilitas yang terjadi pada kapal sesuai dengan *IS Code 2008.*

3.7. Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan Model 3D

Setelah seluruh perhitungan teknis selesai, kemudian dilakukan pembuatan desain rencana garis, rencana umum dan pembuatan model 3D

3.7.1. Desain Rencana Garis

Pembuatan desain rencana garis yang dibantu dengan *Software axsurf Stability* untuk mendapatkan bentuk rencana garis awal, kemudian dilanjutkan dengan bantuan *Software AutoCAD Education Version* untuk melanjutkan desain rencana garis. Desain rencana garis terdiri dari gambar *Body Plan, Sheer Plan dan Half-Breadth Plan* serta *Offset Tables* yang dibuat sesuai kaidah gambar teknik standar internasional.

3.7.2. Desain Rencana Umum

Pembuatan rencana umum yang dilukan dengan *Software AutoCAD Education Version* yang dibuat dengan ketentuan-ketentuan yang ada. Membuat *outline* sesuai dengan rencana garis yang sudah dibuat sebelumnya. Kemudian menentukan jarak gading, *double bottom* ang sesuai. Kemudian menentukan jumlah sekat kedap. Pembagian ruang-ruang yang diperlukan, serta mendesain ruang akomodasi dan menentukan dan mengatur peletakan perlengkapan kapal. Desain rencana umum terdiri dari gambar tampak samping, tampak depan dan tampak atas untuk masing-masing geladak dibuat sesuai kaidah gambar teknik standar internasional.

3.7.3. Desain Model 3D

Setelah desain rencana garis dan rencana umum selesai dibuat, kemudian dilakukan pembuatan model 3D yang sesuai dengan ketentuan dari rencana umum yang sudah dibuat menggunakan *Software Maxsuf Stability* untuk bagian lambung dan bangunan atas yang ada serta *Software SketchUp* untuk perlengkapan yang diperlukan dalam pembuatan model 3D.

3.7.4. Analisis Ekonomi

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah estimasi biaya pembangunan kapal dan analisa kelayakan investasi.

3.7.5. Kesimpulan

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat setelah semua tahapan selesai dilaksanakan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi teknis lainnya.

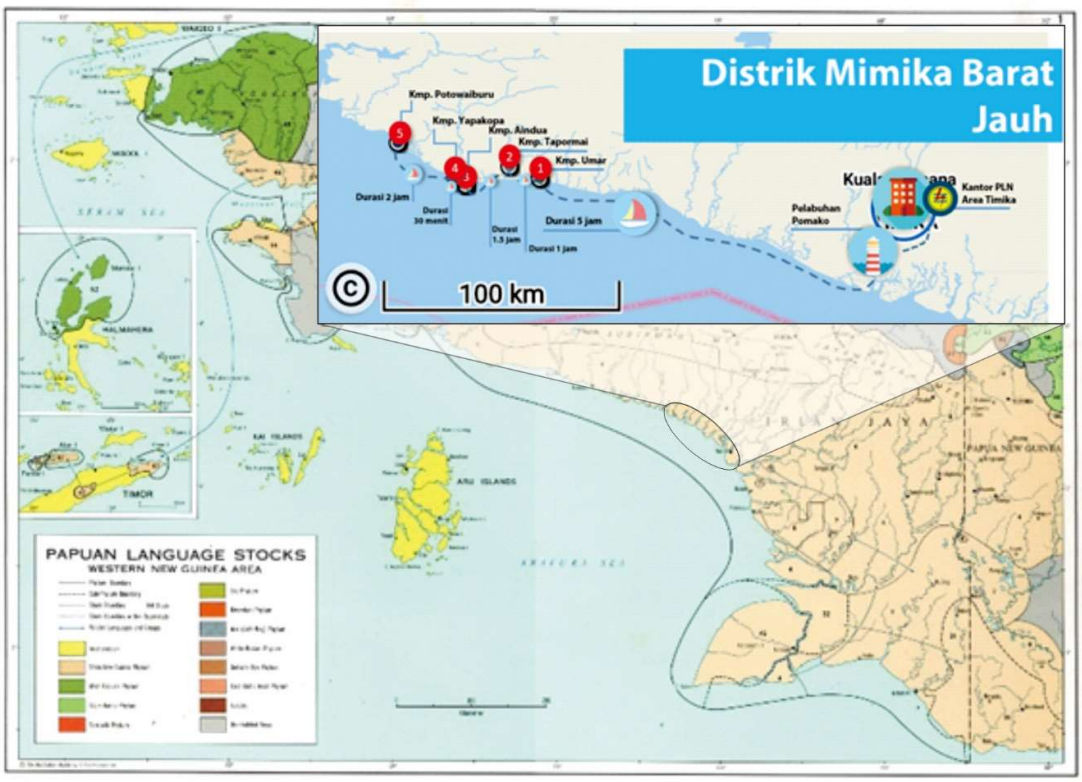
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
ANALISIS TEKNIS

4.1. Tinjauan Wilayah

Pada Tugas Akhir ini akan direncanakan untuk beroperasi pada wilayah usaha PT.PLN bagian Indonesia Timur tepatnya pada Kota Timika menuju Distrik Mimika Barat Jauh Papua. Rute pelayaran yang akan dilalui adalah Pelabuhan Pomako menuju desa-desa yang terdapat pada Distrik Mimika Barat Jauh.

4.1.1. Kondisi Perairan



Gambar 4. 1 Rute Pelayaran

Kapal pada tugas akhir ini berlayar mulai dari Pelabuhan Pomako menuju Desa-Desa di Distrik Mimika Barat Jauh. Dimana jarak pelayarannya adalah

- Pelabuhan Pomako – Kampung Umar : 167,7 km
- Kampung Umar – Kampung Tapormai : 12,9 km
- Kampung Tapormai – Kampung Aindua : 25,8 km

- Kampung Aindua – Kampung Yapakopa : 12,9 km
- Kampung Yapakopa – Kampung Patowaiburu : 38,7 km
- Kampung Patowaiburu – Pelabuhan Pomako : 210 km

Berdasarkan wawancara kepada pemilik kapal dan petugas Babinsa kedalaman sungai berkisar 2 hingga 2,5 meter.

4.1.2. Kondisi Kelistrikan

Berdasarkan data yang didapatkan oleh penulis, pada Distrik Mimika Barat Jauh terdapat 5 Desa, dimana kelima desa tersebut belum mendapat pasokan listrik dari PT.PLN. Masyarakat sekitar selama ini menggunakan genset yang tidak setiap hari dapat dioperasikan sebab solar didapatkan dengan harga sangat mahal, yaitu Rp. 20.000,- perliternya.

Data yang diperoleh oleh penulis yaitu jumlah rumah warga dan fasilitas umum yang tersedia. Sehingga dapat dikonversikan ke daya atau energi listrik yang dibutuhkan. Dapat tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 1 Jumlah Calon Pelanggan

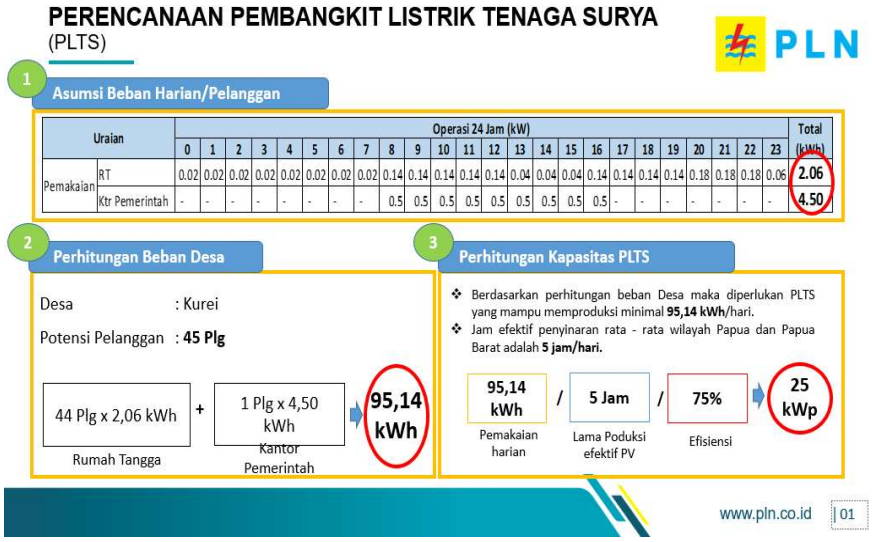
Desa	Jumlah Rumah Warga	Jumlah Gedung Fasilitas
Umar	133	2
Tapormai	89	2
Aindua	81	1
Yapakopa	51	2
Potowaiburu	42	1

4.2. Penentuan *Payload*

Penentuan *payload* dari Kapal SPCB ini berdasarkan kebutuhan listrik di Distrik Mimika Barat Jauh yang terdapat di Provinsi Papua.

4.2.1. Kebutuhan listrik

Dari jumlah calon pelanggan maka dapat dihitung kebutuhan listrik tiap desa dengan mengacu pada asumsi yang didapat dari PT.PLN yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Perencanaan Beban Listrik Desa
sumber : (PLN, 2015)

Maka energi yang dibutuhkan tiap desa dapat dihitung dengan pelayanan selama 7 hari dengan formula :

$$A = \frac{(ax + by) \times 7hari \times 1000}{} \quad \text{.....(4.1)}$$

a = Jumlah rumah warga

b = Jumlah fasilitas umum

x = Beban rumah tangga

= 2,06 kWh

Y = Beban fasilitas umum

= 4,50 kWh

V = 220 v

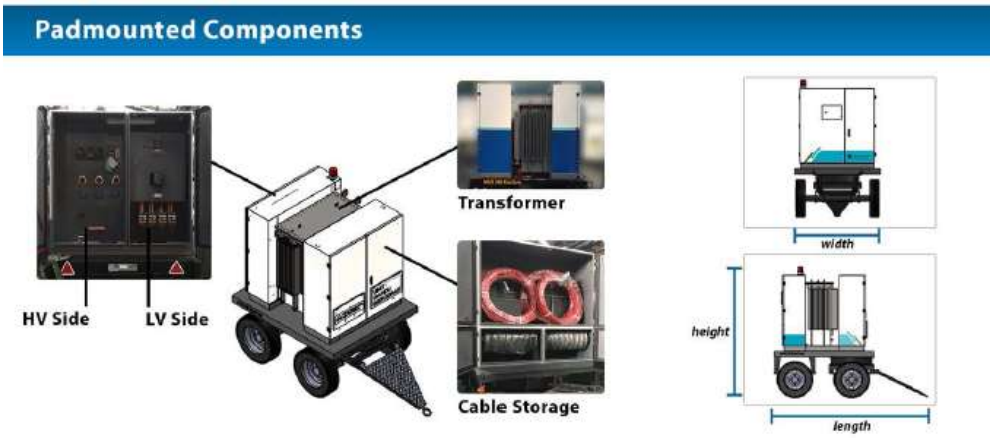
Sehingga energi yang dibutuhkan tiap desa dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 2 Kebutuhan Energi tiap Desa

Desa	a	b	x	y	Jumlah Hari	Energi yang dibutuhkan (Volt ampere)
Umar	133	2	2,06	4,5	7	9003,91
Tapormai	89	2	2,06	4,5	7	6119,91
Aindua	81	1	2,06	4,5	7	5452,36
Yapakopa	51	2	2,06	4,5	7	3629,18
Potowaiburu	42	1	2,06	4,5	7	2896,09

4.2.2. Pemilihan *Powerbank* (*Power Express Service*)

Power bank besar ini dapat digunakan sebagai alternatif sumber energi listrik untuk kegiatan luar ruangan atau pada proyek pembangunan. Namun tujuan utama dari peluncuran *Power bank* ini adalah sebagai sumber energi listrik di tempat jauh dari sumber listrik. Dimensi dari *Powerbank* milik PT.PLN dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Specifications

Capacity	Applicable Type					
	Padmounted	Dimension (mm) (l x w x h)	Powerbank	Dimension (mm) (l x w x h)	Truck	Dimension (mm) (l x w x h)
160 kVA	√	3500 x 1800 x 2700	√	3700 x 1700 x 2475	√	3500 x 1800 x 2700
200 kVA	√	3500 x 1800 x 2700	√		√	3500 x 1800 x 2700
250 kVA	√	3600 x 1800 x 2700	√		√	4600 x 1850 x 2800
315 kVA	√	3600 x 1850 x 2800	√		√	4600 x 1850 x 2800
400 kVA	√	3600 x 1850 x 2900	√		√	4600 x 1850 x 2900
630 kVA	√	4600 x 1850 x 3000	-	4000 x 1900 x 2700	√	4600 x 1850 x 3000

Gambar 4. 3 Dimensi *Powerbank Express Services*
sumber : (PT. BambangDjaya, 2017)

Pemilihan *powerbank* didasarkan pada kebutuhan listrik masyarakat dan jumlahnya yang dapat diangkut oleh kapal dapat seefektif mungkin. Sehingga *powerbank* yang dipilih yaitu berdaya 400kVA bertegangan 220v maka energi yang tersimpan adalah 1.818 ampere. Dimensi dari *powerbank* yaitu 3.700 x 1.700 x 2.475 mm.

4.2.3. Jumlah *Payload*

Dari perhitungan jumlah energi pada *powerbank* dan energi yang dibutuhkan tiap desa dapat dihitung *payload* kapal pada tugas akhir ini, dengan membagi kebutuhan

energi dengan kapasitas energi pada *powerbank* yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 3 Jumlah *Payload*

Energi yang dibutuhkan (A)	Kapasitas Energi *Power bank* (A)	Jumlah *Power bank*	Pembulatan
9004	1818	4,925	5
6120	1818	3,37	4
5452	1818	2.999	3
3629	1818	1,996	2
2896	1818	1,592	2
	Total Jumlah *Power bank*		16

Dari perhitungan diatas didapatkan jumlah *powerbank* yaitu 16 buah dengan ditambah 2 buah sebagai cadangan apabila ketika operasional terdapat masalah. Maka *payload* kapal yaitu

Payload = Jumlah *Powerbank* x Berat *Powerbank*

= 18 x 8,75 ton

= 157,5 ton

4.3. Pola Operasional

Dalam penentuan pola operasional terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan yaitu jarak tempuh menuju Desa-Desa yang terdapat pada Distrik Mimika Barat Jauh, lama pengecasan *powerbank* dan waktu yang dibutuhkan untuk *loading*/*unloading*. Sehingga dalam pengoperasiannya membutuhkan waktu selama satu minggu. Dimana waktu satu minggu adalah waktu yang direncanakan agar jumlah *powerbank* yang didistribusikan ke Desa-Desa dapat bertahan. Waktu operasional pemakain *powerbank* hingga energi habis dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Waktu Operasional *Powerbank*

Desa	Jumlah *Power bank*	Total Energi (VAmpere)	Energi yang Dibutuhkan perhari (VAmpere)	Jumlah Hari	
Umar	5	9090,91	1286,27	7,07	hari
Tapormai	4	7272,73	874,27	8,32	hari
Aindua	3	5454,54	778,91	7,00	hari
Yapakopa	2	3636,36	518,45	7,01	hari
Potowaiburu	2	3636,36	413,73	8,79	hari

Terdapat 36 buah *powerbank* yang akan didistribusikan dengan dibagi menjadi 2 grup sehingga per-grup terdapat 18 buah *powerbank.* 2 grup ini akan bekerja secara bergantian, satu grup akan berada di desa-desa untuk melistriki desa-desa, satu grup lainnya akan berada di Timika untuk proses pengecasan.

4.3.1. Pengecasan *Powerbank*

Lama pengecasan *Powerbank* diasumsikan selama 3 hari. Dimana data didapatkan dari hasil wawancara dengan petugas PT. PLN.

4.3.2. Jarak Tempuh

Jarak tempuh dan waktu yang dibutuhkan kapal dari dan menuju Distrik Mimika Barat Jauh dapat dilihat pada tabel 4.5. Dimana kecepatan kapal adalah 8 Knot atau 14.82 km/jam.

Tabel 4. 5 Jarak Tempuh

Dari	**Menuju**	**Jarak Tempuh (km)**	**Kecepatan Kapal (knot)**	**Kecepatan Kapal (km/jam)**	**Waktu Tempuh (Jam)**	
Timika	Umar	167,7	8	14,82	11.3	jam
Umar	Tapormai	12,9	8	14,82	0.9	jam
Tapormai	Aindua	25,8	8	14,82	1.7	jam
Aindua	Yapakopa	12,9	8	14,82	0.9	jam
Yapakopa	Potowaiburu	38,7	8	14,82	2.6	jam
Potowaiburu	Pomako	210	8	14,82	14.2	jam
				Total	**31.6**	**jam**

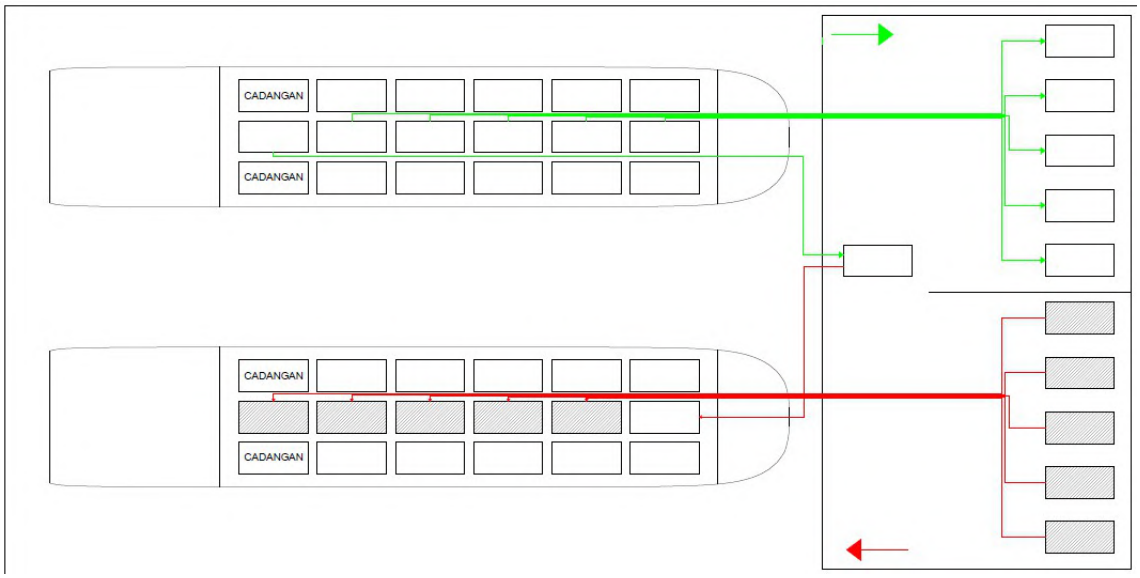
4.3.3. *Loading Unloading*

Sistem *loading unloading* dalam pola operasional yaitu dengan menggunakan truk yang terdapat di desa-desa untuk menarik *powerbank* dari kapal menuju daratan maupun sebaliknya. Dimana diasumsikan bahwa proses *loading* dan *unloading* masing-masing selama 1 jam.

- *Loading Unloading* di Desa Umar

Untuk Desa Umar dibutuhkan sejumlah 5 *powerbank* untuk melistriki selama 1 minggu. Pertama kali yang dilakukan adalah menurunkan 6 buah *powerbank* di baris tengah lalu menaikkan 5 *powerbank* yang energinya telah habis menuju kapal dan menaikkan kembali

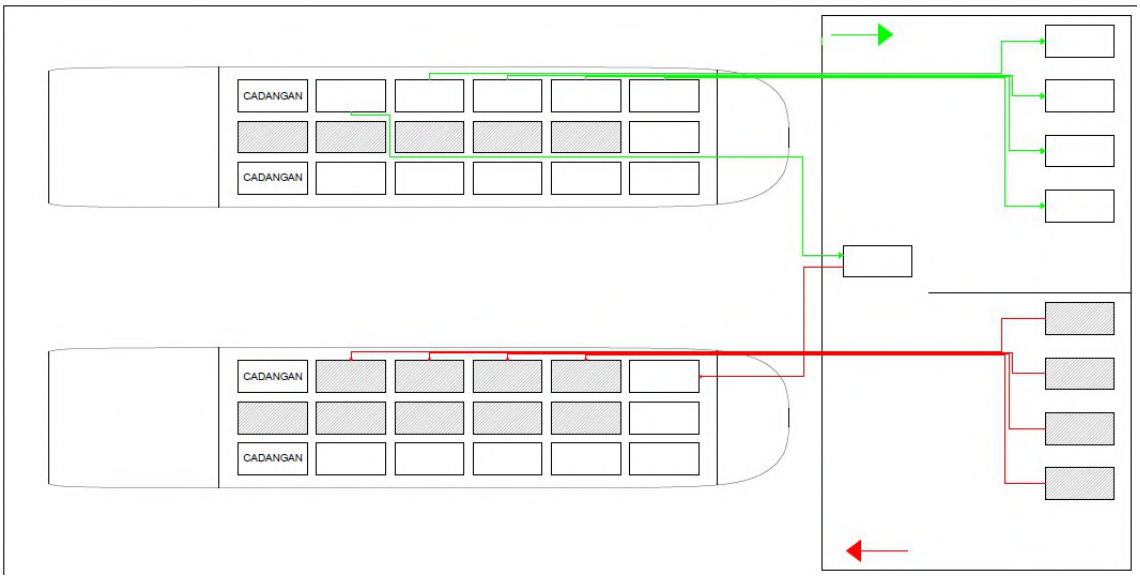
1 *powerbank* yang telah diturunkan sebelumnya. *Unloading* sejumlah 6 buah *powerbank* dan *Loading* sejumlah 5+1 *powerbank* sehingga waktu yang dibutuhkan adalah 12 jam.



Gambar 4. 4 *Loading Unloading* Desa Umar

- *Loading Unloading* di Desa Tapormai

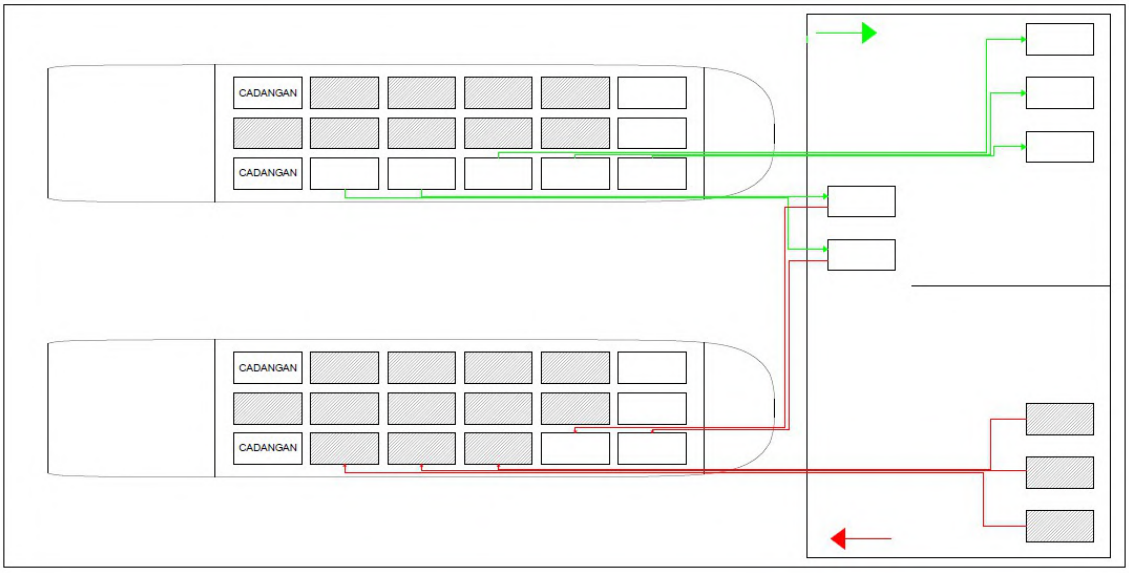
  Untuk Desa Tapormai dibutuhkan sejumlah 4 *Powerbank* untuk melistriki selama 1 minggu. Pertama kali yang dilakukan adalah menurunkan 5 buah *Powerbank* di baris kiri lalu menaikkan 4 *Powerbank* yang energinya telah habis menuju kapal dan menaikkan kembali 1 *Powerbank* yang telah diturunkan sebelumnya. *Unloading* sejumlah 5 buah *powerbank* dan *Loading* sejumlah 4+1 *Powerbank* sehingga waktu yang dibutuhkan adalah 10 jam.



Gambar 4. *5 Loading Unloading* Desa Tapormai

- *Loading Unloading* di Desa Aindua

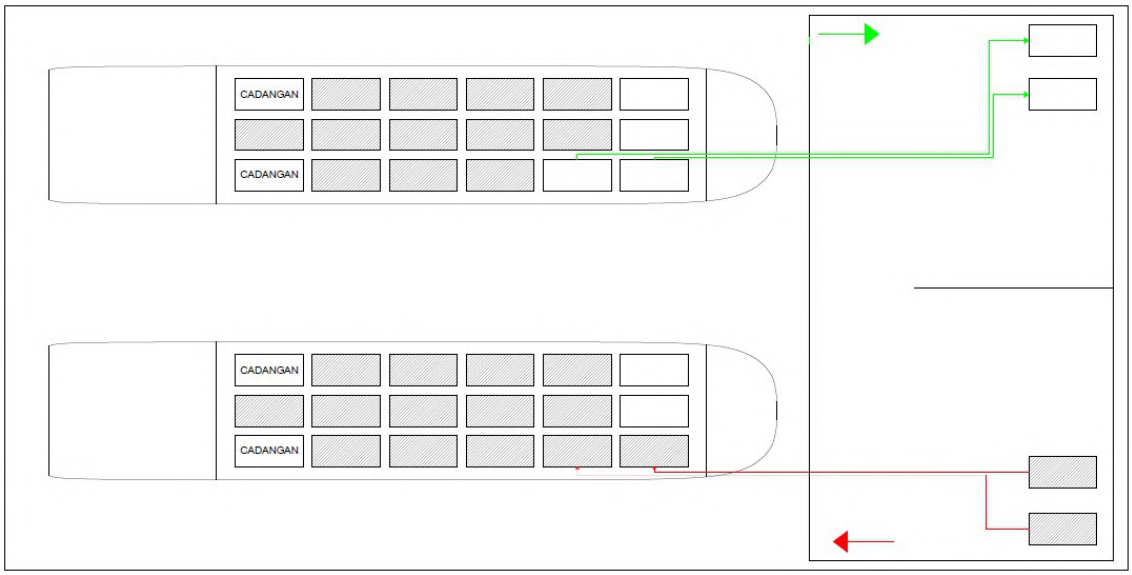
Untuk Desa Aindua dibutuhkan sejumlah 3 *Powerbank* untuk melistriki selama 1 minggu. Pertama kali yang dilakukan adalah menurunkan 5 buah *Powerbank* di baris kanan lalu menaikkan 3 *Powerbank* yang energinya telah habis menuju kapal dan menaikkan kembali 2 *Powerbank* yang telah diturunkan sebelumnya. *Unloading* sejumlah 5 buah *powerbank* dan *Loading* sejumlah 3+2 *Powerbank* sehingga waktu yang dibutuhkan adalah 10 jam.



Gambar 4. 6 *Loading Unloading* Desa Aindua

- *Loading Unloading* di Desa Yapakopa

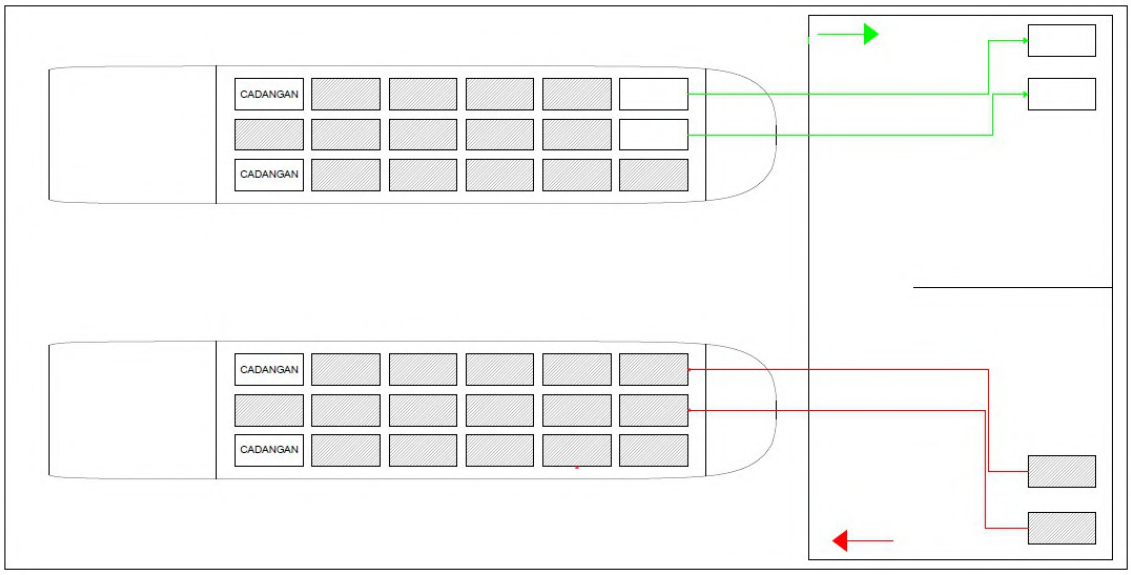
Untuk Desa Yapakopa dibutuhkan sejumlah 2 *Powerbank* untuk melistriki selama 1 minggu. Pertama kali yang dilakukan adalah menurunkan 2 buah *Powerbank* di baris kanan lalu menaikkan 2 *Powerbank* yang energinya telah habis menuju kapal mengisi slot yang kosong. *Unloading* sejumlah 2 buah *powerbank* dan *Loading* sejumlah 2 *Powerbank* sehingga waktu yang dibutuhkan adalah 4 jam.



Gambar 4. 7 *Loading Unloading* Desa Yapakopa

- *Loading Unloading* di Desa Tapormai

  Untuk Desa Tapormai dibutuhkan sejumlah 2 *Powerbank* untuk melistriki selama 1 minggu. Pertama kali yang dilakukan adalah menurunkan 2 buah *Powerbank*, 1 di baris kanan dan 1 dibaris tengah lalu menaikkan 2 *Powerbank* yang energinya telah habis menuju kapal mengisi slot yang kosong. *Unloading* sejumlah 2 buah *powerbank* dan *Loading* sejumlah 2 *Powerbank* sehingga waktu yang dibutuhkan adalah 4 jam.



Gambar 4. 8 *Loading Unloading* Desa Tapormai

Maka pola operasional kapal selama 1 minggu dapat dilihat pada tabel 4.6. hasil yang diperoleh yaitu pola operasional kapal membutuhkan waktu 6.02 hari maka dapat disimpulkan bahwa pola operasional memenuhi untuk melistriki Distrik Mimika Barat Jauh selama 7 hari.

Tabel 4. 6 Pola Operasional

Keterangan	Waktu (Jam)	Waktu (Hari)
Pengecasan *Powerbank*	72	3,00
Menuju Desa Umar	11,3	0,47
Loading Unloading Desa Umar	12	0,50
Menuju Desa Tapormai	0,9	0,04
Loading Unloading Desa Tapormai	10	0,42
Menuju Desa Aindua	1,7	0,07
Loading Unloading Desa Aindua	10	0,42
Menuju Desa Yapakopa	0,9	0,04
Loading Unloading Desa Yapakopa	4	0,17
Menuju Desa Potowaiburu	2,6	0,22
Loading Unloading Desa Potowaiburu	5	0,21
Kembali ke Pel. Pomako, Timika	14,2	0,59
Total	**144,6**	**6,02**

4.4. Penentuan ukuran utama

Ukuran utama SPCB awal ditentukan dengan penataan *powerbank* diatur sesuai konfigurasi *container* yang terdiri dari satuan :

- *Bay* sebagai satuan bentuk tatanan memanjang.
- *Tier* sebagai satuan bentuk tatanan tinggi.
- *Row* sebagai satuan bentuk tatanan lebar.

Dimana satuan ini dioptimasi dengan komposisi pengaturan tempat dan besarnya kapasitas angkut.. Dimana ukuran *powerbank* yaitu

L = 3,7 m

B = 1,7 m

T = 2,475 m

Dari optimasi yang dilakukan didapatkan konfigurasi optimal

Tier = 1

Row = 3

Bay = 6

Dengan standart dimensi *powerbank*, maka :

P total = 3,7 x 6 = 22,2 m

L total = 1,7 x 3 = 5,1 m

T total = 2,475 x 1 = 2,475 m

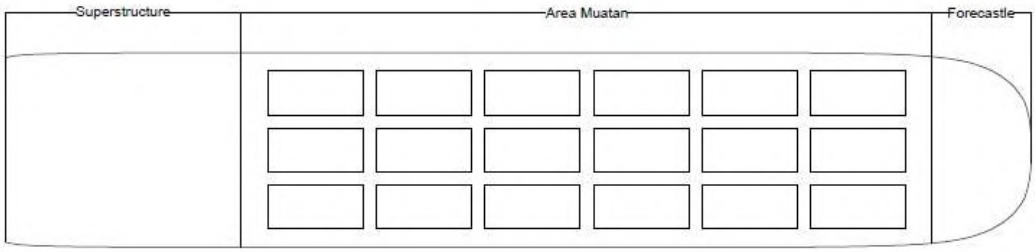
Batasan-batasan

Batasan P > L ¬ 22,2m > 5,1m terpenuhi

Batasan L > T ¬ 5,1m > 2,475 m terpenuhi

Batasan 4 < P/L < 6 ¬ 4 < 22,2m/5,1m < 6 ¬ 4 < 4,35 < 6 terpenuhi

Setelah didapat konfigurasi penataan *powerbank* dapat digambar layout awal kapal yang dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 9 Layout Awal Desain Kapal

Dari desain rencana awal didapatkan pendekatan untuk space yang dibutuhkan :

- Area muatan

adalah area yang berisi akan muatan dari *Powerbank*. Untuk ukuran dari area muatan ini dapat diperoleh dari konfigurasi kontainer.

- Area poop sebesar 20% dari LWL
- Area forecastle sebesar 8% dari LWL
- Kecepatan dinas V *barge* 6 – 9 knot, diambil 8 knot
- Fn, Rn, Cp, Cwp, Cm, Cpm menggunakan estimasi pada *parametric ship design chapter 11*. (Parsons, 1989)

Dengan data diatas dapat diasumsikan ukuran utama kapal dengan pengecekan batasan-batasan sesuai *Ship design for efficiency and economi*

- Ukuran utama kapal

Lpp = 39,00 m
B = 7,50 m
H = 3,50 m
T = 1,70 m
Vs = 8,00 knot

4.4.1. Rasio Ukuran Utama

Setelah mendapatkan ukuran utama kapal maka dilakukan koreksi rasio ukuran utama kapal apakah memenuhi regulasi sesuai *Ship design for efficiency and economi*

L_0/B_0	= 5,200	dengan syarat $4.7 < L_0/B_0 < 7.63$	memenuhi
B_0/T_0	= 4,412	dengan syarat $1,8 < B_0/T_0 < 5$	memenuhi
B_0/H_0	= 2,143	dengan syarat $1,47 < B_0/H_0 < 2,38$	memenuhi
L_0/H_0	= 11,143	dengan syarat $8,12 < L_0/H_0 < 15,48$	memenuhi
$L_0/16$	= 2,4375	dengan syarat $L_0/16 < H_0$	memenuhi

4.4.2. Perhitungan Froude Number

Bilangan *Froude* adalah sebuah bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air, dan membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. Didapatkan *Froud Number* sebagai berikut (Lewis, Principles of Naval Architecture Volume II, 1988)

Froud Number (Fn_0) = $Vs / \sqrt{g.L}$ .....(4.2)

Dimana :

Fn = *froud number* (0 - 1,0)

V = kecepatan kapal (knot)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

L = panjang kapal (m)

Didapatkan :

Vs = 8

knot = 4.11552 m/s

L = 39 m

Fn = 0.206

4.4.3. Perhitungan Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

$C_B = -4.22+27.8\cdot\sqrt{Fn}-39.1\cdot Fn+46.4\cdot Fn$.....(4.3)

Didapatkan :

$C_B = 0.839$

4.4.4. Perhitungan Koefisien *Midship* (Series '60)

$C_M = 0.977 + 0.085(C_B-0.6)$ .....(4.4)

Didapatkan :

$C_M = 0.997$

4.4.5. Perhitungan Koefisien Prismatik

$$Cp = \frac{Cb}{Cx}$$ .....(4.5)

Didapatkan :

Cp = 0.842

4.4.6. Perhitungan Koefisien Bidang Air

Cwp = CB/(0.471+0.551*CB).....(4.6)

Didapatkan :

Cwp = 0.899

4.4.7. Perhitungan Titik Berat Badan Kapal

LCB = 9.7 - 45 * Fn - 0.8 ..... (4.7)

Didapatkan :

LCB = 1.117 % Lpp

LCB = 1.104 m dari *midship*

LCB = 20.604 m dari AP

LCB = 18.395 m dari FP

4.4.8. Perhitungan Volume *Displacement*

V = LWL . B . T . CB ..... (4.8)

Didapatkan :

V = 434.192 m^3

4.4.9. Perhitungan *Displacement*

$\Delta = V * \rho$ ..... (4.9)

Didapatkan :

Δ = 445.047 ton

4.5. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total dilakukan dengan metode Holtrop & Mennen yang didapatkan dari *Principle of Naval Architecture* Vol.II. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut (Lewis, Principles of Naval Architecture Volume II, 1988)

$$R_T = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * S_{tot} * \left(C_F(1+k) + C_A\right) + \frac{R_W}{W} W \quad \text{..... (4.10)}$$

Dimana :

RT = Hambatan

S_{total} = *Resistance of appendeges*

C_{FO} = *Viscous resistance*

C_A = *Wave making resistance*

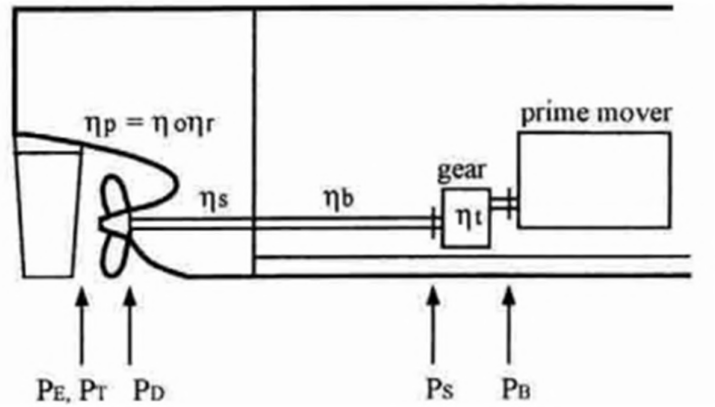
W = Gaya berat

Didapatkan :

RT = 24.769 kN

4.6. Perhitungan Propulsi Kapal

Untuk mendapatkan harga daya mesin induk yang dibutuhkan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *propulsive coefficient*. Adapun untuk rumus-rumus perhitungan *propulsive coefficient* (ηD) dalam *Principle of Naval Architecture Vol.II* adalah sebagai berikut



Gambar 4. 10 Perhitungan *Power* Pada Kapal

(Sumber : (Blog Pelaut, 2017)

1. EHP (*Effective Horse Power*)

   Daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan

   $EHP = R_T.v/(1000)$ ..... (4.11)

2. THP (*Thrust Horse Power*)

   Daya yang diperlukan untuk menghasilkan gaya dorong pada bagian belakang propeller kapal.

   $THP = T.V_A./(1000)$ ..... (4.12)

   Dimana

   t = 0.1 (untuk *single screw*)

   $T = R_T./(1-t)$

   $V_A = V(1-w)$

   w = wave friction

   $= 0.3 \cdot Cb + 10 \cdot Cb \cdot Cv - 0.1$

   $Cv = (1+k) \cdot C_{FO} \cdot C_A$

3. DHP (*Delivery Horse Power*)

   daya pada tabung poros baling-baling.

DHP = THP/ η_p .....(4.13)

Dimana

η_p = η_o. η_r

4. SHP (*Shaft Horse Power*)

daya pada poros balingbaling

SHP = DHP/ η_b η_s.....(4.14)

Dimana

η_b η_s = 0.98 (untuk mesin dibelakang)

5. BHP

BHP = SHP/ η_T .....(4.15)

Dimana

η_T = 0.98 (untuk low speed diesel)

Didapatkan :

EHP = 101,937 kW

THP = 92,950 kW

DHP = 172,449 kW

SHP = 175,968 kW

BHP = 180,480 kW

Dari perhitungan tersebut didapatkan BHP ditambah dengan koreksi margin 15% sehingga didapatkan BHP total sebesar 236,880 kW.

4.6.1. Pemilihan Mesin *Dual Fuel*

Berdasarkan total BHP yang sudah didapatkan, maka dapat dilakukan pencarian mesin

dual fuel yang sesuai pada katalog mesin dengan kebutuhan daya propulsi kapal yang sesuai.

tabel 4. 7 Tabel Yanmar Engine

Specifications

Model		6LY2M-WDT	6LY2M-WST
Number of cylinders		6 in-line	
Bore × Stroke	mm	106 × 110	
Displacement	ℓ	5.813	
Max output	kW/mhp/rpm *	259(352)/3200	294(400)/3200
	**	243(330)/3200	277(376)/3200
Rated output	kW/mhp/rpm **	221(300)/3101	252(343)/3101
Combution system		Direct injection	
Aspiration		Turbocharged with watercooled turbine housing	
Starting system		Electric starting motor 24V-4kW	
Cooling system		Heat exchanger	
Marine gear		Hydraulic	
Size of flywheel housing		SAE #3	
Dry mass (without marine gear)	kg	535	
Dimensions (L×W×H)	mm	1212 × 708 × 766	

Sumber: (Yanmar, 2019)

Kemudian, setelah mencari spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan BHP pada Tabel 4.7, didapatkan spesifikasi mesin induk sebagai berikut:

Merk = Yanmar

Tipe = 6LY2M

Daya = 243 kW

= 325 HP

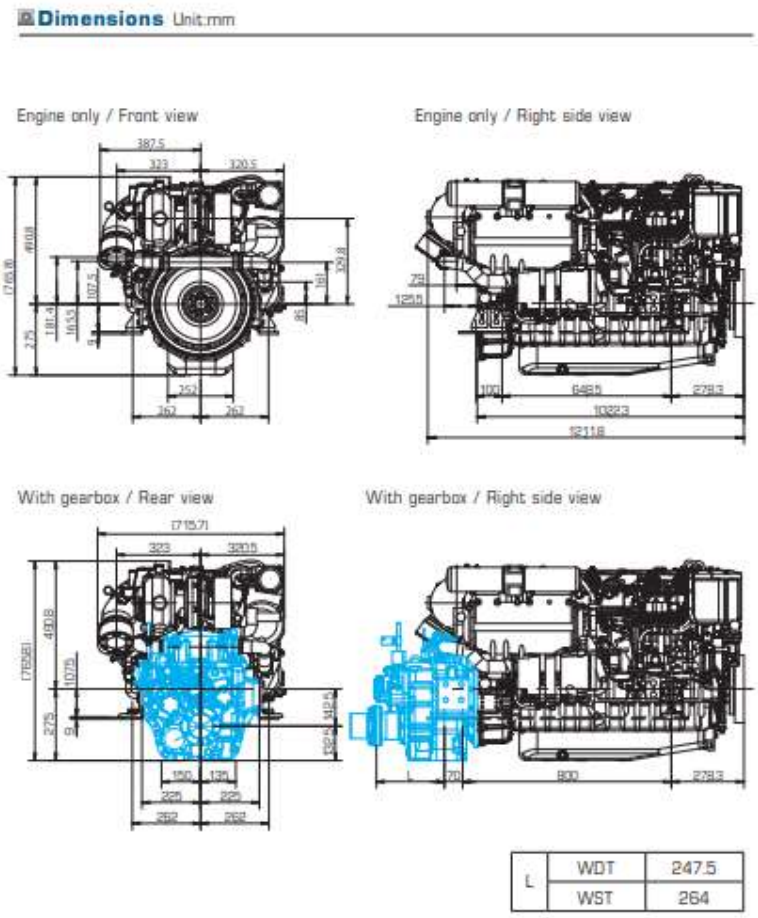
Dengan dimensi mesin:

Panjang = 1212 mm

Lebar = 708 mm

Tinggi = 766 mm

Massa = 0,652 ton



Gambar 4. 11 Yanmar 6LY2M

Sumber: (Yanmar, 2019)

4.7. Perhitungan Berat Permesinan

Berat permesinan total didapatkan dari total berat mesin utama kapal, berat unit propulsi, berat unit kelistrikan dan berat lain-lain (*pump, pipes, cables, stair, platform, compressor*, dll.) dalam *Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition*.

W*total* = W*engine* + W*proptotal* + W*elec* + W*other*.....(4.16)

Dimana :

W*engine* = 0,652 ton

W*proptotal* = 5,043 ton

W*elec* = 1,230 ton

W*other* = 14,58 ton

Didapatkan :

Wtotal = 20,853 ton

4.8. Perhitungan Berat Baja Kapal

Perhitungan berat baja kapal didapatkan dengan menggunakan metode *Harvald & jensen* (1992), dari buku *Ship Design Efficiency and Economy* (Schneekluth : 1998). Dimana pehitungan tersebut digunakan untuk lambung kapal dan superstructure. Kemudian terdapat 3 *deck house* dan *wheel house*. Serta bangunan untuk melindungi peralatan dan perlengkapan *power plan* dan bangunan untuk sistem kelistrikan yang dibutuhkan. Berikut ini adalah hasil perhitungan berat baja kapal, didapatkan:

Tabel 4. 8 Berat Baja Kapal

Superstructure & Deck House		
V_{SS}	78.57	m^3
V_{DH}	103.68	m^3
W_{hull}	129.986	ton
W_{SS}	5.50	ton
W_{DH}	7.258	ton
W_{ST}	142.74	ton

4.9. Berat Consumable

Berikut adalah hasil perhitungan berat *consumable.*

Tabel 4. 9 Berat *Consumable*

• *Crew Weight*			
$C_{C\&E}$ =	0.17	ton/person	20 persons
$W_{C\&E}$ =	3.4	ton	
• *Fuel Oil (Main engine)*			
W_{FO} =	SFR * MCR * S/Vs* margin		
=	5.43	ton	
V_{FO} =	5.48	m^3	
• *Fuel Oil (Genset)*			
W_{FO} =	0.54	ton	
V_{FO} =	0.55	m^3	
• *Lubrication Oil Engine*			
W_{LO} =	0.2	ton	
V_{LO} =	0.22	m^3	
• *Lubrication Oil Genset*			
W_{LO} =	0.1	ton	

V_{LO} =	0.11	m^3
• *Fresh Water*		
W_{FW} =	6.8	ton
V_{FW} =	8.5	m^3
• *Provision and Store*		
W_{PR} =	0.010	ton/(*person.day*)
=	0.4	ton
W_{Total} =	46.57	ton

4.10. Perhitungan Berat Total Kapal

Sesuai dengan prinsip Archimedes, agar kapal dapat mengapung, gaya apung pada kapal terhadap kapal harus sama dengan berat air yang dipindahkannya. Berat dari kapal sendiri terbagi menjadi 2 (dua) kelompok utama, yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). Dengan elemen yang berbeda, kedua kelompok berat tersebut apabila dijumlahkan akan menjadi berat total kapal.

Dikarenakan pada perhitungan berat ini menggunakan rumus pendekatan, sehingga jumlah dari DWT dan LWT tidak dapat sama persis besarnya dengan gaya apung. Oleh karena itu, agar kapal dapat mengapung digunakan rumus:

Displacement = LWT + DWT + *margin*.....(4.17)

dimana margin sendiri merupakan toleransi kesalahan yang besarnya 2-10% dari jumlah DWT dan LWT. Untuk mengetahui apakah kapal dapat mengapung, DWT dan LWT diperhitungkan seperti berikut.

4.10.1. Perhitungan Berat LWT

LWT atau *Light Weight Tonnage* adalah berat kapal kosong yang terdiri dari berat baja kapal, berat *deck house*, berat *power plant house*, berat *electrical house*, peralatan dan perlengkapan, permesinan, Perhitungan berat selengkapnya dapat dilihat di Lampiran, pada sub bab ini hanya akan ditampilkan rekapitulasi berat LWT.

Tabel 4. 10 Berat LWT Kapal

Berat LWT		
WST =	142,743	ton
WE&O =	35,145	ton
WM =	42,111	ton
LWT total =	219,999	ton

4.10.2. Perhitungan Berat DWT

DWT atau *Dead Weight Tonnage* yang merupakan bobot mati kapal atau muatan maksimum yang dapat diangkut dalam satuan ton. Pada kasus ini, DWT kapal terdiri dari berat *crew*, bahan bakar LNG dan bahan bakar konvensional (HFO) untuk mesin, bahan bakar konvensional (HFO) untuk generator, minyak pelumas (*lubrication oil*), air bersih (*fresh water*) dan juga berat *provision*. Dengan rincian perhitungan terlampir, berikut ini hanya ditampilkan rekapitulasi berat DWT.

Tabel 4. 11 Berat DWT Kapal

Berat DWT		
W*consum*=	46,572	ton
W*payload* =	157,500	ton
DWT total =	204,072	ton

Dari hasil berat total LWT dan DWT yang sudah didapatkan, maka:

Displacement = LWT + DWT + *margin* ..... (4.18)

Dimana :

Displacement = 445,047 ton

LWT = 219,999 ton

DWT = 204,072 ton

- *Margin*

Δ *margin* = Δ - (LWT + DWT)

Δ *margin* = 20,976 ton

Δ *margin*% = 4,713 %

Δ *margin*% = 2% - 10%

Maka dari pehitungan tersebut kapal dapat dinyatakan mengapung karena *margin* masih dalam batas yang ditentukan.

4.11. Perhitungan Titik Berat Total Kapal

Titik Berat pada kapal dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu titik berat dari LWT dan titik berat dari DWT. Perhitungan titik berat LWT dilakukan dengan menghitung titik berat tiap komponen LWT yang meliputi peletakan di titik berat pada baja (lambung kapal), titik berat pada tiap *deck house*, titik berat *power plant house* serta *electrical house*, titik berat persebaran *equipment*, titik berat permesinan, serta titik berat untuk *power plant*. Sedangkan untuk

komponen DWT meliputi titik berat tangki-tangki yang ada dan kemudian dilakukan sketsa pada *General Arrangement* dan kemudian dilakukan *plotting* pada aplikasi *Maxsurf Stability.* dan didapatkan titik berat untuk tiap tangki-tangki *consumable*. Setelah mengetahui semua titik berat total untuk LWT dan DWT, kemudian dihitung LCG maupun VCG-nya.

4.11.1. Hasil Perhitungan LCG

Hasil perhitungan dari LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) atau titik berat memanjang kapal dapat dilihat pada Tabel IV.11

Tabel 4. 12 Titik Berat Memanjang (LCG)

Keterangan	W (ton)	LCG (m)	W x LCG
LWT	219,999	18,186	4000,902
DWT	204,072	19,451	3969,404
	424,071		7969,706

LCGTOTAL = 0,715 m dari *midship*

= 18,785 m dari AP

4.11.2. Hasil Perhitungan VCG

Hasil perhitungan dari VCG (*Vertical Center of Gravity*) atau titik berat memanjang kapal dapat dilihat pada Tabel IV.12.

Tabel 4. 13 Titik Berat Vertikal (VCG)

Keterangan	W (ton)	VCG (m)	W x LCG
LWT	219,999	2,25	495,2006
DWT	204,072	3,95	805,8362
	424,071		1301,04

VCGTOTAL = 3.07 m dari *baseline*

4.12. Perhitungan *Freeboard*

Sesuai dengan Sub Bab II.1.9, *freeboard* yang disyaratkan menggunakan rumus untuk tipe kapal B. Rekapitulasi perhitungan *freeboard* dapat dilihat pada tabel berikut.

L kapal = 39 m

Freeboard standard = 0,325 m

Fb koreksi Cb = 0,281 m

Fb Koreksi *Depth* = 0,354 m

Fb Koreksi *Superstructure* = 0,301 m

Lambung Timbul yang disyaratkan = 0,301 m

Lambung Timbul Sebenarnya = 1,80 m

Kondisi = Diterima

Kondisi dapat diterima dikarenakan lambung timbul sebenarnya memiliki nilai yang lebih besar dari pada lambung timbul yang disyaratkan sesuai dengan ICLL 1996.

Ketinggian *Bow* yang disyaratkan = 2,32 m

Ketinggian *Bow* Sebenarnya = 6,23 m

Kondisi = Diterima

Kondisi dapat diterima dikarenakan ketinggian *bow* sebenarnya memiliki nilai yang lebih besar dari pada ketinggian *bow* yang disyaratkan sesuai dengan ICLL 1996.

4.13. *Trim* Kapal

Trim adalah selisih antara sarat pada bagian depan dan bagian belakang sebuah kapal, Fenomena ini terjadi dikarenakan pembagian beban yang tidak merata di atas kapal untuk bagian depan maupun bagian belakang kapal, Aturan yang disyaratkan oleh IMO dalam *Safety of Lives at Sea* (SOLAS) adalah nilai *trim* tidak melebihi dari 0,5% panjang garis air kapal [3], *Trim* kapal pada kapal ini yaitu 0,229 m *trim* buritan, sedangkan batasan *trim* kapal adalah 0,195 m, Karena nilai *trim* lebih besar dari batasannya maka nilai tersebut tidak memenuhi, Solusi yang bisa diberikan yaitu dengan pengaturan *water ballast*, (International Maritime Organization, 2009)

4.14. Perhitungan Stabilitas Kapal

Loadcase ditentukan berdasarkan kondisi kapal untuk setiap pelayaran atau rute. Sehingga didapat *loadcase* untuk kapal seperti berikut:

1. Keadaan kapal berangkat dari Timika (muatan 0%, bahan bakar & *propulsion* 98%).
2. Keadaan tiba di Mimika (muatan 0%, bahan bakar & *propulsion* 55,9%).
3. Keadaan kapal berangkat dari Timika (muatan 100%, bahan bakar & *propulsion* 98%).
4. Keadaan kapal tiba di Mimika (muatan 100%, bahan bakar & *propulsion* 55,9%).

Masing – masing komponen *loadcase* yang mendefiniskan tangki dan muatannya akan dijelaskan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Penentuan *Loadcase*

Item/Loadcase	Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Loadcase 4
LWT (ton)	214,999	214,999	214,999	214,999
Forepeak Tank	0%	0%	0%	0%
WBT 1 (P)	0%	0%	0%	0%
WBT 1 (S)	0%	0%	0%	0%
WBT 2 (P)	0%	0%	0%	0%
WBT 2 (S)	0%	0%	0%	0%
WBT 3 (P)	0%	0%	0%	0%
WBT 3 (S)	0%	0%	0%	0%
FO Tank	98%	56%	98%	56%
Sewage Tank	0%	56%	0%	56%
Dirty Oil Tank	98%	56%	98%	56%
Dirty Water Tank	98%	56%	98%	56%
LO Tank	98%	56%	98%	56%
FWT (P)	98%	56%	98%	56%
FWT (S)	98%	56%	98%	56%
Payload	0%	0%	100%	100%

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standard keselamatan pelayaran *Safety of Life at Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise Education Version.* Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah IMO A.749(18) *Code on intact Stability* chapter 3 – *desgin criteria applicable to all ships*. Tabel 4.15 merupakan rangkuman hasil perhitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya:

Tabel 4. 15 Rangkuman Hasil Stabilitas

Data	*Loadcase* 1	*Loadcase* 2	*Loadcase* 3	*Loadcase* 4	Kriteria IMO	Kondisi
3.1.2.1: Area 0 to 30 (m.deg)	0.261	0.242	0.332	0.338	≥ 0.055	**Accepted**
3.1.2.1: Area 0 to 40 (m.deg)	0.343	0.313	0.453	0.462	≥ 0.09	**Accepted**
3.1.2.1: Area 30 to 40 (m.deg)	0.082	0.071	0.121	0.124	≥ 0.03	**Accepted**
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater (m)	0.557	0.487	0.827	0.844	≥ 0.2	**Accepted**
3.1.2.3: Angle of maximum GZ (deg)	35.000	35.000	35.000	35.000	≥ 25	**Accepted**
3.1.2.4: Initial GMt (m)	5.161	5.356	3.110	3.181	≥ 0.15	**Accepted**

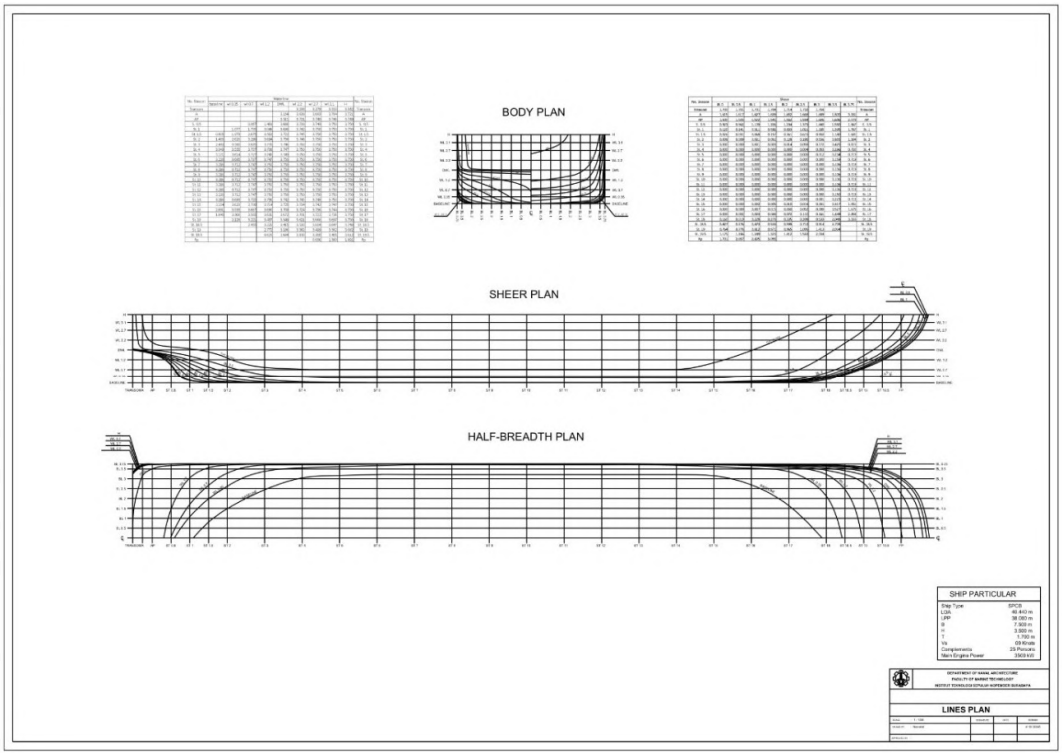
Keterangan:

- e0-30° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 30o sudut oleng
- e0-40° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 40o sudut oleng,
- e30-40° adalah luasan bidang yang terletak di bawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40°
- h30° adalah lengan statis (GZ) pada sudut oleng > 30°.
- θmax adalah sudut dimana lengan stabilitas statis (GZ) maksimum terjadi.
- GM0 adalah tinggi *metacentre* (MG) pada sudut oleng 0°.

Kondisi stabilitas kapal pada semua *loadcase* telah **memenuhi** kriteria yang ditentukan oleh IS Code 2008.

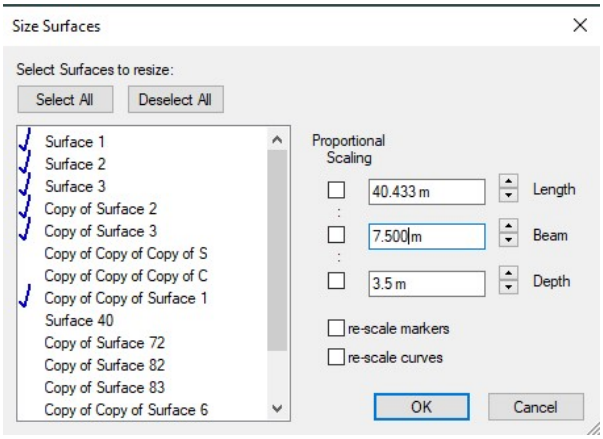
4.15. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*)

Dalam proses desain kapal ini, pembuatan rencana garis dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler* dan melakukan pembuatan dari awal. Disaat kapal yang sudah didesain tersebut sudah berbentuk kapal kemudian desain tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil yang sudah didapatkan di perhitungan sebelumnya (memiliki ukuran utama, *displacement,* koefisien-koefisien dan LCB yang sama) dan melakukan penyesuaian seperti tinggi poros unruk *propeller*, bentuk haluan dan bentuk buritan serta ukuran untuk *forecatle*.



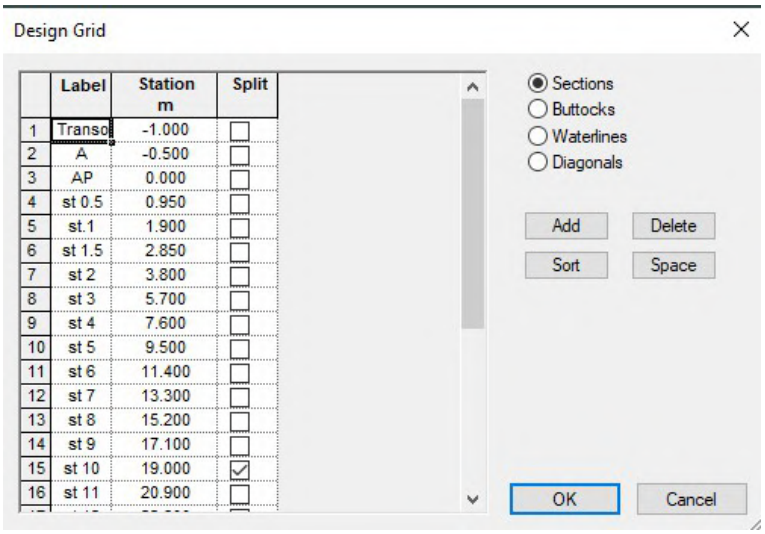
Gambar 4. 12 Lines Plan

Untuk melihat mulus atau tidaknya permukaan desain, didalam *Maxsurf Modeler* telah disediakan pandangan dari beberapa sudut, yaitu tampak depan/belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif. Garis-garis dari berbagai sudut pandang itulah yang nantinya akan dijadikan sebagai rencana garis. Gambar 4.8 merupakan gambar dari model yang telah dibuat. Setelah desain telah terbentuk, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya dengan menyesuaikan ukuran *surface* pada menu *surface > size suface* seperti pada Gambar 4.9. Pada bagian *size surface* ini panjang yang tertera adalah panjang total kapal.



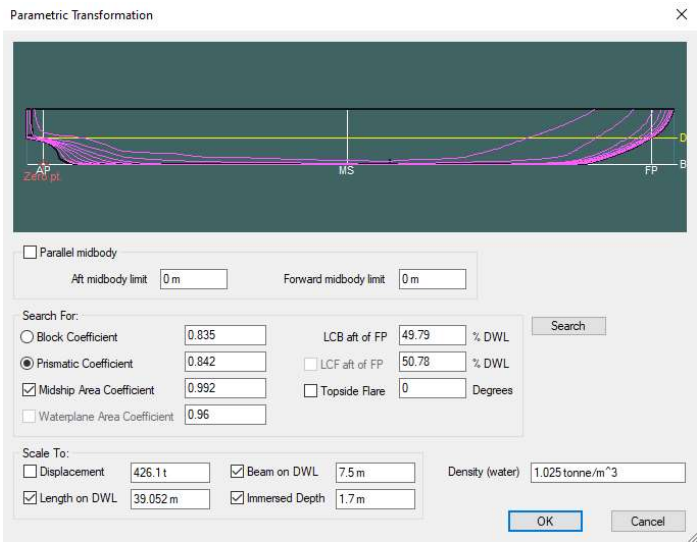
Gambar 4. 13 Menu *Size Surface*

Kemudaian untuk mengatur jumlah dan letak dari *Stations*, *Buttocks* dan *Waterlines*, dengan membuka *menu data* > *design grid* dan akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar 4.10. Pada gambar yang tertera adalah bagian untuk mengatur *sections*, dapat dilihat bahwa tiap jarak station adalah 1.90 meter tiap *section*, untuk bagian pada *buttocks* dan *waterlines* diatur dengan jarak per bagian sepanjang 0.5 meter.



Gambar 4. 14 Pengaturan Jumlah Stations, Buttocks dan Waterlines

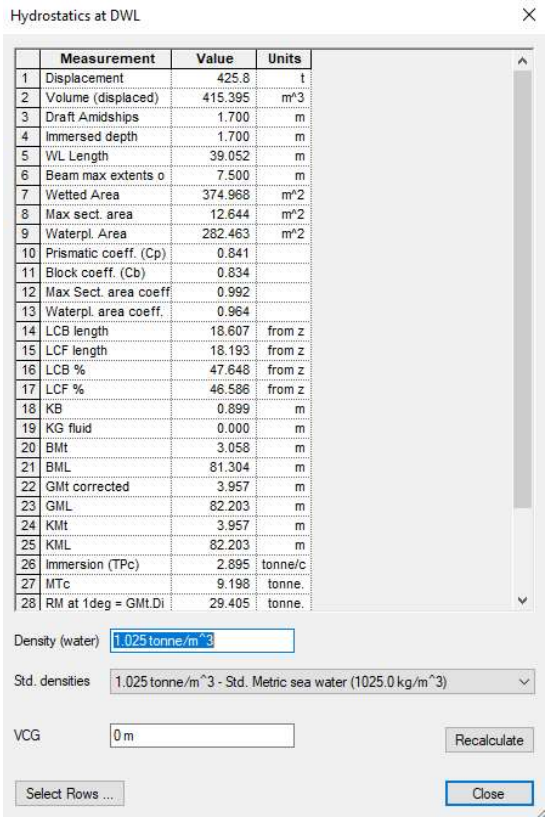
Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan Lpp dan sarat untuk kapal ini. Untuk memasukkan nilai Lpp dan sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data* > *frame of reference*. Pada Gambar 4.11 tampak Lpp kapal dan sarat kapal sudah sesuai dengan Panjang dan sarat yang ditentukan.



Gambar 4. 15 Pengaturan Lpp dan Sarat Kapal

Setelah Lpp dan sarat kapal ditentukan selanjutkan dilakukan pengecekkan nilai hidrostatik dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses *menu data* > *calculate hydrostatic*. Dari sini akan tampak data-data hidrostatik model. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Dan setelah data hidrostatik telah sesuai maka model ini dapat langsung diexport ke format dxf. Dari Gambar 4.12 menunjukkan bahwa model kapal sudah memiliki karakteristik kapal yang sesuai dengan perhitungan yang sudah dilakukan sebelumnya.

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file* > *export* > DXF and IGES, atur skala 1:1, kemudian *klik ok* dan *save file* baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model. Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *half-breadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu *file* (.dwg) yang merupakan output dari *software* CAD. Setelah proses penggabungan menjadi rencana garis, selanjutnya melakukan pembuatan untuk tabel *offsest* dengan melakukan pengukuran-pengukuran dari gambar yang sudah ada, membuat garis *sent line*, menambahkan tulisan untuk keterangan-keterengan dan kemudian melakukan penyusaian sehingga rencana garis sesuai dengan ketentuan.



Gambar 4. 16 Tabel Hidrostatik dari Model Kapal

4.16. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)

Setelah rencana garis selesai dibuat, selanjutnya adalah pembuatan rencana umum. Rencana Umum berisi perencanaan peletakan muatan, peletakan perlengkapan dan peralatan, pembagian sekat, dan sebagainya. Berikut adalah beberapa pertimbangan yang dilakukan dalam pembuatan Rencana Umum.

- Ruang Muat

  Untuk menjaga keamanan dan keselamatan, kapal ini juga dilengkapi *double hull*. Lebar masing-masing *double hull* adalah sebesar 1.2 m dan terdapat disepanjang ruang muat.

- Peralatan Kapal

  a. Lampu Navigasi

  Berdasarkan COLREGS part C, Rules 20-31 kapal yang berlayar harus memiliki lampu navigasi yang dapat berfungsi pada waktu matahari tenggelam hingga matahari terbit dan pada waktu matahari terbit hingga matahari tenggelam jika jarak pandang terbatas. Lampu navigasi yang terdapat pada kapal adalah sebagai berikut.

  - *Musthead lights*

Terdapat 2 buah *musthead lights* yang terletak pada bagian atas *top deck* dan pada *forcastle* kapal. Warna lampu *musthead lights* berwarna putih.

- *Sidelights*

Terdapat 1 pasang *sidelights* yang terletak pada bagian *port* dan *starboard wheelhouse* kapal. Warna lampu pada bagian *port* adalah merah sedangkan untuk bagian *starboard* adalah hijau.

- *Stren light*

Terdapat 1 buah *stren light* yang diletakan pada bagian *stren* kapal. Warna lampu dari *stren light* adalah putih.

- *Towing light*

Terdapat 1 buah *towing light* yang diletakan pada bagian *stren* kapal. Warna lampu dari *towing light* adalah kuning.

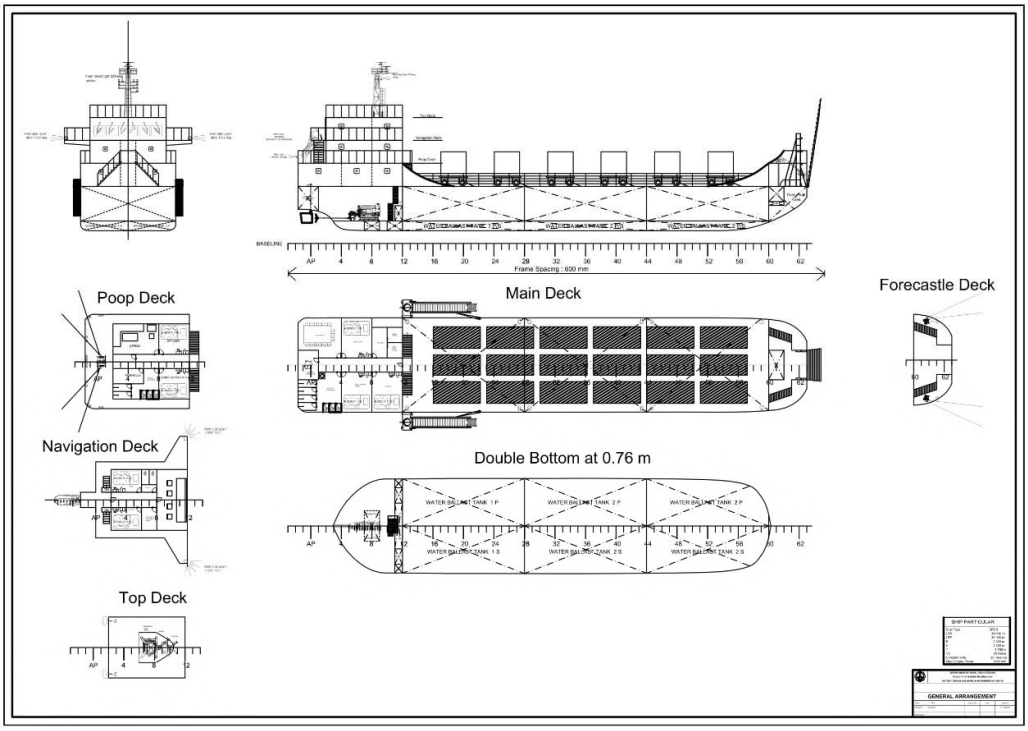
- *Anchor light*

Anchor light dipasang pada bagian depan kapal. Warna lampu adalah putih.

b. Peralatan Keselamatan

Peralatan keselamatan yang ditinjau pada pembuatan Rencana Umum adalah peletakan *free fall lifeboat* untuk proses evakuasi ketika terjadi kecelakaan. *Free fall lifeboat* dilitakan pada bagian belakang *boat deck* dan diatur agar dapat langsung meluncur ke perairan bebas dan tidak terkena badan kapal.

Berdasarkan perencanaan yang dilakukan, maka didapatkan desain Rencana Umum akhir dari kapal seperti tampak pada Gambar 4.11.

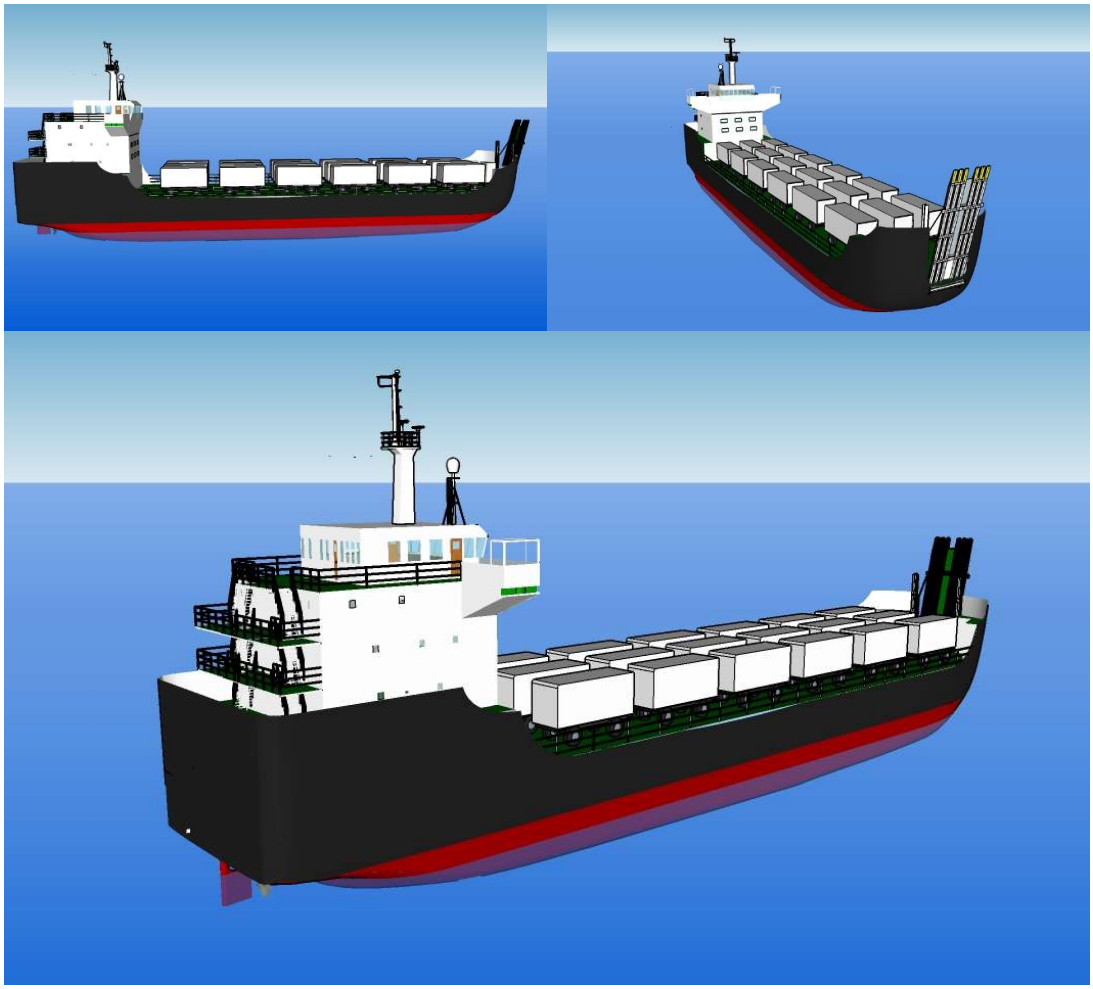


Gambar 4. 17 *General Arrangement*

4.17. Desain Permodelan 3 Dimensi

Setelah dilakukan pemodelan rencana umum, selanjutnya pemodelan 3D dapat dilakukan dengan pemroyeksian sesuai dengan rencana umum. Pengerjaan pemodelan 3D dibantu dengan dua *software* yaitu *Bentley Maxsurf* dan *SketchUp.* Pada tahap awal permodelan lambung menggunakan *software Maxsurf Modeler* yang sudah dibuat sebelumnya. Kemudian untuk memudahkan proses pembuatan model 3D ini, empat buah deck house, 1 wheel house, power plant house dan electrical house juga dibuat menggunakan *software Maxsurf Modeler.*

Proses pengerjaan selanjutnya adalah pemodelan finishing bangunan atas dan beberapa detail pada bagian *main deck*. Proses ini dikerjakan dengan dibantu *software SketchUp*. Pengerjaan ini dilakukan dengan mengeksport gambar lambung kapal yang telah dibuat pada *softtware Maxsurf* menjadi bentuk DXF atau 3D kemudian meng-*import* pemodelan 3D lambung yang telah dibuat sebelumnya pada *softtware Maxsurf* ke *software SketchUp*. Pada *software SketchUp* dilakukan pemodelan 3D secara utuh sehingga didapatkan model 3D yang sesuai dengan *General Arrangement*.



Gambar 4. 18 Model 3D Kapal

BAB 5
ANALISIS EKONOMIS

5.1. Analisa Biaya Pembangunan Kapal

Dalam proses pembangunan sebuah kapal maka diperlukan banyak material yang digunakan untuk memenuhi akomodasi, lambung, dan konstruksi kapal. Kuantitas berat total plat inilah yang menentukan besarnya biaya kapal. Selain itu faktor yang mempengaruhi besarnya harga kapal adalah permesinan yang digunakan, perlengkapan dan peralatan. Sehingga dari perhitungan yang telah dibuat dapat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5. 1 Biaya Pembangunan Kapal

Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pembangunan		
item		
• Structural Cost	Rp	8,482,556,407.99
• Outfit Cost	Rp	9,720,591,858.89
• Machinery Cost	Rp	12,443,542,402.90
a. Sub total	**Rp**	**30,646,690,669.78**
Shipyard profit margin (5%)	Rp	1,685,567,986.84
non weight costs (10%)	Rp	3,064,669,066.98
Inflasi (2%)	Rp	674,227,194.74
Biaya pajak pemerintah (9%)	Rp	3,034,022,376.31
Total Biaya Pembangunan	**Rp**	**33.037.132.542,03**

Pada tabel 5.1 dapat dilihat bahwa biaya pembangunan kapal adalah sebesar Rp 33.037.132.542,03.

5.2. Analisa Investasi

Untuk perhitungan investasi, kapal akan dianggap akan di *charter* oleh perusahaan LNG. Menurut pasal 453 KUHD *charter* kapal dibagi menjadi :

1. *Time Charter* (*charter* menurut waktu) adalah perjanjian di mana pihak yang satu (yang mencarterkan) mengikatkan diri untuk menyediakan penggunaan sebuah kapal yang ditunjuk bagi pihak lainnya (pencarter), agar digunakan untuk keperluannya guna pelayaran di laut, dengan membayar suatu harga yang dihitung menurut lamanya waktu.
2. *Voyage Charter* (*charter* menurut perjalanan) adalah perjanjian di mana pihak yang satu (yang mencarterkan) mengikatkan diri untuk menyediakan penggunaan sebuah kapal yang ditunjuk untuk seluruhnya atau untuk sebagian bagi pihak lainnya

(pencarter), agar baginya dapat diangkut orang atau barang melalui laut dengan satu perjalanan atau lebih dengan membayar harga tertentu untuk pengangkutan ini.

Dalam perhitungan investasi ini kapal akan dianggap menggunakan sistem time charter dimana yang mencharterkan kapal akan menanggung gaji anak buah kapal, pemeliharaan kapal, dan lainnya.

5.2.1. Estimasi Pengeluaran

Estimasi pengeluaran meliputi biaya yang harus dikeluarkan *owner* kapal secara rutin. Dimana lebih jelasnya, nominal biaya pengeluaran dapat dilihat pada Tabel 5.2.

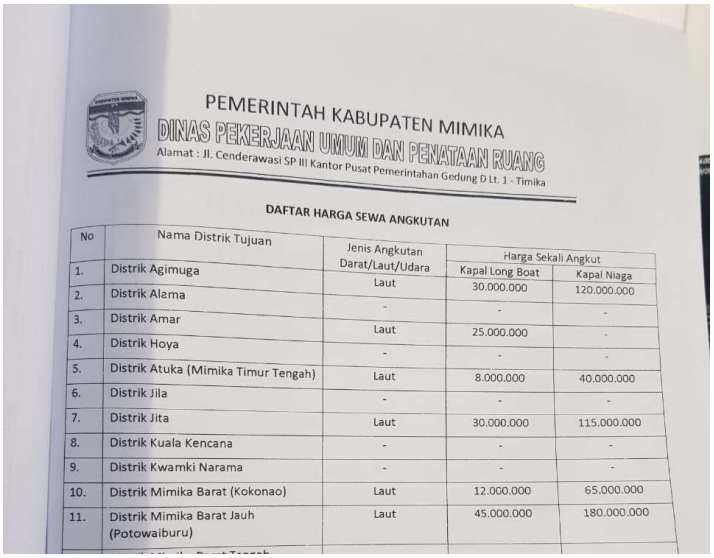
Tabel 5. 2 Estimasi Pengeluaran Pertahun

Bank Mandiri		
Cash Loan Kredit investasi adalah kredit jangka panjang yang diberikan kepada (calon) debitur untuk membiayai barang – barang modal dalam rangka rehabilitasi, modernisasi, perluasan atau pendirian proyek baru, misalnya untuk pembelian mesin- mesin, bangunan dan tanah untuk pabrik, yang pelunasannya dari hasil usaha dengan modal yang di biayai		
Ketentuan 1. Mempunyai Feasibility Study 2. Mempunyai izin usaha misalnya SIUP, TDP, dll. 3. Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (Grace Period) maksimum 4 tahun. 4. Agunan utama adalah usaha yang dibiayai. Debitur menyerahkan agunan tambahan jika menurut penilaian Bank diperlukan 5. Maksimum pembiayaan bank 65% dan Self Financing (SF) 35%		
Bunga : Suku bunga kredit 13,5%		
Pinjaman Bank		
Biaya	Nilai	Unit
Building Cost	33.037.132.542	Rp
Pinjaman Bank	65%	
Pinjaman	2.147.413.615.232	Rp
Bunga Bank	14%	per tahun
Nilai Bunga Bank	2.899.008.381	Rp
Masa Pinjaman	10	Tahun
Pembayan Cicilan	1	per tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	5.046.421.996	Rp tahun
Biaya Perawatan Diasumsikan 10% total *building cost*		

Biaya Perawatan	33.037.132.542	Rp pertahun
Asuransi Diasumsikan 2% total *building cost* Biaya Asuransi	660.742.651	Rp pertahun
Gaji Komplemen Kapal Jumlah Komplemen Biaya Komplemen	20 2.856.000.000	orang Rp pertahun
Lubrication Biaya *Lube Oil*	82.366.553	Rp pertahun
Fuel Oil Biaya *Fuel Oil*	2.280.198.762	Rp pertahun
Pengadaan *Powerbank* Harga *Powerbank* Biaya Perawatan	3,960,000,000 396.000.000	Rp pertahun Rp pertahun
Total biaya operasional	48.318.862.504	Rp pertahun

5.2.2. Estimasi Pendapatan

Estimasi pendapatan merupakan biaya *charter* kapal per hari ditambah dengan pendapatan dari penyewaan *Powerbank* dengan harga 1600/kwh. Kapal yang digunakan sebagai acuan adalah harga sewa kapal niaga yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Pemerintah Kabupaten Timika yang dapat dilihat pada gambar 5.1.



PEMERINTAH KABUPATEN MIMIKA
DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG
Alamat : Jl. Cenderawasi SP III Kantor Pusat Pemerintahan Gedung D Lt. 1 - Timika

DAFTAR HARGA SEWA ANGKUTAN

No	Nama Distrik Tujuan	Jenis Angkutan Darat/Laut/Udara	Harga Sekali Angkut	
			Kapal Long Boat	Kapal Niaga
1.	Distrik Agimuga	Laut	30.000.000	120.000.000
2.	Distrik Alama	-	-	-
3.	Distrik Amar	Laut	25.000.000	-
4.	Distrik Hoya	-	-	-
5.	Distrik Atuka (Mimika Timur Tengah)	Laut	8.000.000	40.000.000
6.	Distrik Jila	-	-	-
7.	Distrik Jita	Laut	30.000.000	115.000.000
8.	Distrik Kuala Kencana	-	-	-
9.	Distrik Kwamki Narama	-	-	-
10.	Distrik Mimika Barat (Kokonao)	Laut	12.000.000	65.000.000
11.	Distrik Mimika Barat Jauh (Potowaiburu)	Laut	45.000.000	180.000.000

Gambar 5. 1 Daftar Harga Sewa Angkutan

Pada tabel 5.1 dapat dilihat bahwa biaya sewa angkutan kapal dari dan menuju Distrik Mimika Barat Jauh sebesar Rp. 180.000.000,00. Maka keuntungan bersih pada operasional kapal ini dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Keuntungan Bersih Operasional Kapal

Biaya	Nilai	Unit
Harga *Powerbank*	1.600	Rp/kwh
Kebutuhan *Powerbank*	6400	kwh perminggu
	345600	kwh pertahun
	552.960.000	rupiah/tahun
Harga *Charter* Kapal	180.000.000	Rp perhari
	64.800.000.000	Rp pertahun
operasional cost	48.318.862.504	Rp pertahun
Total Pendapatan Kotor	17.034.097.496	Rp pertahun
biaya tak terduga 5%	3.267.648.000	Rp pertahun
pajak penghasilan 25%	5.446.080.000	Rp pertahun
keuntungan bersih	8.320.369.496	Rp pertahun
	693.364.125	Rp perbulan

5.2.3. Kelayakan Investasi

Dari perhitungan pada Tabel 5.1 sebelumnya, dapat dilihat bahwa estimasi biaya pembangunan kapal adalah sebesar Rp 33.037.132.542 dan pada tabel 5.3 estimasi keuntungan bersih kapal setiap bulannya adalah Rp 693,364,125. Dari kedua estimasi tersebut maka dapat dilakukan analisa kelayakan investasi dengan menggunakan NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), dan *Payback Period*.

Tabel 4. 16 *Payback Period*

Bulan ke	Nominal pengembalian modal investasi		
0	-Rp 33,037,132,542.03		
1	-Rp 32,343,768,417.38	25	-Rp 15,703,029,425.95
2	-Rp 31,650,404,292.74	26	-Rp 15,009,665,301.31
3	-Rp 30,957,040,168.10	27	-Rp 14,316,301,176.66
4	-Rp 30,263,676,043.46	28	-Rp 13,622,937,052.02
5	-Rp 29,570,311,918.81	29	-Rp 12,929,572,927.38
6	-Rp 28,876,947,794.17	30	-Rp 12,236,208,802.73
7	-Rp 28,183,583,669.53	31	-Rp 11,542,844,678.09
8	-Rp 27,490,219,544.88	32	-Rp 10,849,480,553.45
9	-Rp 26,796,855,420.24	33	-Rp 10,156,116,428.81
10	-Rp 26,103,491,295.60	34	-Rp 9,462,752,304.16
11	-Rp 25,410,127,170.95	35	-Rp 8,769,388,179.52
12	-Rp 24,716,763,046.31	36	-Rp 8,076,024,054.88

13	-Rp 24,023,398,921.67	37	-Rp 7,382,659,930.23
14	-Rp 23,330,034,797.02	38	-Rp 6,689,295,805.59
15	-Rp 22,636,670,672.38	39	-Rp 5,995,931,680.95
16	-Rp 21,943,306,547.74	40	-Rp 5,302,567,556.30
	-Rp 21,249,942,423.09	41	-Rp 4,609,203,431.66
18	-Rp 20,556,578,298.45	42	-Rp 3,915,839,307.02
19	-Rp 19,863,214,173.81	43	-Rp 3,222,475,182.37
20	-Rp 19,169,850,049.17	44	-Rp 2,529,111,057.7
21	-Rp 18,476,485,924.52	45	-Rp 1,835,746,933.09
22	-Rp 17,783,121,799.88	46	-Rp 1,142,382,808.44
23	-Rp 17,089,757,675.24	47	-Rp 449,018,683.80
24	-Rp 16,396,393,550.59	48	Rp 244,345,440.84

Pada gambar 5.2 dapat dilihat bahwa pengembalian modal investasi berada pada bulan ke-48 atau tahun ke 4.

Tabel 5. 4 Kelayakan Investasi

NPV	Tahun ke 4
IRR	22%
Payback Period	47 Bulan
Status	Layak

Dapat dilihat pada Tabel 5.4 di atas bahwa hasil pada tahun ke 4 NPV > 0 dan IRR lebih besar dari bunga bank yaitu sebesar 13,5 % dari hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa investasi dianggap layak dan dari investasi tersebut di dapat *payback period* pada tahun ke 4.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. *Operational requirement* kapal suplai listrik menggunakan *power bank* yaitu :
   - Misi kapal adalah untuk mendistribusikan *powerbank* ke desa-desa yang terkendala keadaan geografis
   - Daerah operasional kapal suplai listrik yaitu Distrik Mimika Barat Jauh – Papua.
   - Sistem operasional kapal suplai adalah mendistribusikan tiap minggu 16 *powerbank* ke 5 Desa yang berada pada Distrik Mimika Barat Jauh – Papua.
2. Konsep desain kapal suplai listrik menggunakan *power bank* yaitu :
   - *Payload* kapal telah ditentukan sebanyak 16 *powerbank* di tambah dengan 2 *powerbank* cadangan, yang mempunyai daya tiap *powerbank* sebesar 400kva.
   - Desain *Lines Plan* telah dibuat sesuai dengan gambar teknik internasional dan dilampirkan pada **Lampiran B**.
   - Desain *Lines Plan* telah dibuat sesuai dengan gambar teknik internasional dan dilampirkan pada **Lampiran B**.
   - Desain 3D telah dibuat sesuai dengan *General Arrangement* dan dilampirkan pada **Lampiran D**
3. Menentukan perhitungan teknis kapal suplai listrik menggunakan *power bank.*
   - Perhitungan berat yang telah dilakukan menghasilkan margin berat sebesar 4,713 %. *Displacement* kapal adalah 445,047 ton dan berat kapal (LWT+DWT) adalah 424,071 ton. Sehingga perhitungan berat **diterima**.
   - Perhitungan *trim* yang telah dilakukan, *Trim* kapal pada kapal ini yaitu 0,229 m *trim* buritan, sedangkan batasan *trim* kapal adalah 0,195 m, Karena nilai *trim* lebih besar dari batasannya maka nilai tersebut tidak memenuhi, Solusi yang bisa diberikan yaitu dengan pengaturan *water ballast*.
   - Perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan menghasilkan batasan lambung timbul sebesar 0,31 m, sedangkan lambung timbul kapal sebenarnya adalah 1,80 m. Sehingga perhitungan lambung timbul **diterima**

- Perhitungan stabilitas yang dilakukan menggunakan acuan regulasi dari IMO IS Code 2008. Hasil yang didapatkan semua parameter stabilitas telah **diterima**.
- Perhitungan Analisis Ekonomis telah dilakukan dengan analisa NPV lebih dari 0 (nol) pada tahun ke 4, IRR 22%, dan *payback periode* pada tahun ke 4.rdasarkan Analisis Ekonomis yang dilakukan, didapatkan biaya investasi pembangunan sebesar Rp 33.037.132.542,- dan estimasi keuntungan bersih perbulan sebesar Rp 693,364,125,-

6.2. Saran

Dalam pengerjaan sebuah Tugas Akhir, pasti terdapat kelebihan dan kekurangan. Kekurangan yang ada dapat dijadikan saran untuk dikembangkan menjadi penelitian yang baru. Maka untuk penyempurnaan disarankan untuk melakukan beberapa hal, antara lain:

1. Masih perlunya perhitungan berat secara yang lebih mendetail.
2. Masih perlunya pengkajian ulang tentang sistem distribusi yang digunakan pada kapal penyuplai listrik.
3. Masih diperlukan penentuan Gardu Induk yang dapat menyuplai pengisian *PowerBank*
4. Dilakukannya pembahasan perhitungan kontruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, B., Firdaus, N. and Nurhadi, N. (2017) 'Analisa Hidrodinamika Kapal Container Sarat Rendah', *Kapal*, 14(3), p. 65. doi: 10.14710/kpl.v14i3.15594.

Badan Pusat Statistik (2017) 'Statistik Indonesia 2017', in.

Blog Pelaut (2017) *Teknik Permesinan Kapal ANT 2*. Available at: http://www.pelaut.xyz/2019/07/teknik-permesinan-kapal-ant-2-2.html (Accessed: 3 April 2020).

Handoyo, B. (2010) 'PERANCANGAN SELF PROPELLED BARGE (SPB) SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI ANGKUTAN KAYU PENGGANTI TONGKANG RUTE KALIMANTAN – SEMARANG', p. 10.

Inameq (2018) *Teori Desain Kapal - Indonesia Marine Equipment*. Available at: https://inameq.com/types-of-ship/teori-desain-kapal/ (Accessed: 13 March 2020).

International Maritime Organization (2009) *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, pengembangan dari (SOLAS 1974)*.

KEMENPORA (2017) 'Infografis Program Indonesia Terang'.

Kumparan (2018) *Membandingkan Keuntungan Pakai Power Bank Raksasa PLN dengan Genset*. Available at: https://kumparan.com/michael-agustinus/mending-sewa-genset-atau-pakai-power-bank-raksasa-pln (Accessed: 4 April 2020).

Lewis, E. V. (1989) 'Principles Of Naval Architecture Vol II - Resistance, Propultion and Vibration.', in.

Meilanova, D. R. and Bisnis.com (2020) *PLTMG MPP Beroperasi, Pasokan Listrik Timika Bertambah 10 MW - Ekonomi Bisnis.com.html*. Available at: https://ekonomi.bisnis.com/read/20200708/44/1263360/pltmg-mpp-beroperasi-pasokan-listrik-timika-bertambah-10-mw (Accessed: 4 April 2020).

Parsons, M. G. (1989) *Chapter 11 Parmetric Design*.

PERTAMINA (2007) 'Estimasi Harga Pembangunan Kapal Baru', in.

PLN (2015) *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Tahun 2015-2024*. PLN.

Prarista, A. T., Manfaat, D. and Hakim, J. A. R. (2012) 'Perancangan Self Propelled Container Barge (SPCB) Sebagai Alternatif Angkutan Container Pelayaran Pantura Untuk daerah Jawa Timur', 1, p. 5.

Prayoga, N. B. and Aryawan, W. D. (2016) 'Desain Self-Propelled Oil Barge (SPOB) Untuk Distribusi Crude Oil di Kabupaten Sorong, Papua Barat', *Jurnal Teknik ITS*, 5(1). doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15822.

PT. BambangDjaya (2017) ‘Mobile Powerbank Catalogue’.

Putra, A. P. and Kurniawati, H. A. (2017) ‘Desain Self-Propelled Split Hopper Barge (SPSHB) Pengangkut Pasir untuk Landasan Pacu Program Bandara Terapung Kabupaten Buleleng, Bali’, *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), pp. G123–G128. doi: 10.12962/j23373539.v6i2.23692.

Schneekluth, H. and Bertram, V. (1998) *Ship design for efficiency and economy*. 2nd ed. Oxford ; Boston: Butterworth-Heinemann.

Suhardjito, G. (2014) *Geometri Kapal*.

Tabaczek (2007) ‘Evaluating the maneuverability of a new type of self-propelled barge’.

Wikipedia (2020) *Mimika Barat Jauh, Mimika*. Available at: https://id.wikipedia.org/wiki/Mimika_Barat_Jauh,_Mimika (Accessed: 2 March 2020).

Yanmar (2019) ‘Yanmar 6LY2M Catalogue’.

`

LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS
LAMPIRAN B PERHITUNGAN EKONOMIS
LAMPIRAN C KATALOG MESIN
LAMPIRAN D LINES PLAN
LAMPIRAN E GENERAL ARRANGEMENT
LAMPIRAN F MODEL 3D

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS

Perhitungan Payload

Desa	Jumlah Rumah Warga	Asumsi Beban per Hari (Kw)	Jumlah Gedung Fasilitas	Asumsi Beban per Hari (Kw)	Beban (Kwh)	Jumlah Hari
Umar	133	2.06	2	4.5	282.98	7
Tapormai	89	2.06	2	4.5	192.34	7
Aindua	81	2.06	1	4.5	171.36	7
Yapakopa	51	2.06	2	4.5	114.06	7
Potowaiburu	42	2.06	1	4.5	91.02	7

Total Beban (Kw) / (Kva)	Total Beban (w) / (va)	Tegangan Listrik (V)	Energi yang dibutuhkan (A)	Kapasitas Energi Power bank (A)	Jumlah Power Bank	Pembulatan	
1980.86	1,980,860	220	9,003.91	1,818	4.95	5.00	
1346.38	1,346,380	220	6,119.91	1,818	3.37	4.00	
1199.52	1,199,520	220	5,452.36	1,818	3.00	3.00	
798.42	798,420	220	3,629.18	1,818	2.00	2.00	
637.14	637,140	220	2,896.09	1,818	1.59	2.00	
5962.32	5,962,320		**Total Jumlah Power Bank**			**18**	Buah
			Berat 1 Power Bank			**8.75**	Ton
			Total Berat Power Bank			**157.5**	Ton

Kapasitas Power Bank	400	kva
	400,000	va
Tegangan	220	v
Kapasitas Energi	1,818	ampere

Koreksi Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

L_{PP}	=	39.000	m
B	=	7.500	m
H	=	3.500	m
T	=	1.700	m
V_S	=	8.000	knot
	=	4.11552	m/s

Perhitungan Froude Number

g = 9.81 m/s^2

$0{,}15 \leq Fn \leq 0{,}3$

$Fn = Vs/\sqrt{(g \cdot L_{wl})}$ — PNA Vol.II hlm. 5

Fn = 0.206

ρ = 1025 kg/m3

1.025 ton/m3

Perbandingan Ukuran Utama

L/B	=	5.200	:	Ship design for efficiency and economi hal.160	→ 4.7 < L/B < 7.63	Accepted
B/T	=	4.412	:	Ship design for efficiency and economi hal.160	→ 1.84 < B/T < 5	Accepted
L/H	=	11.143	:	Ship design for efficiency and economi hal.160	→ 8.12<L/H<15.48	Accepted
B/H	=	2.14285714	:	Ship design for efficiency and economi hal.160	→ 1.427 <B/H< 2.38	Accepted
L/16	=	2.4375		Ship design for efficiency and economi hal.160	→ H>L/16	Accepted

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

Parametric Ship Design hal. 11

$C_B = -4.22+27.8\cdot\sqrt{Fn}-39.1\cdot Fn+46.4\cdot Fn^3$

= 0.8396024

2. Koefisien Luas Midship (Series '60)

Parametric Ship Design hal. 11 - 12

$C_M = 0.977+0.085\cdot(C_B-0.6)$

= 0.997

3. Koefisien Prismatik

$C_P = C_B/C_M$

= 0.842

4. Koefisien Bidang Garis Air

Parametric Ship Design hal. 11 - 16

$C_{WP} = C_B/(0.471+0.551\cdot C_B)$

= 0.899

5. Panjang Garis Air

$L_{WL} = 104\% \cdot L_{PP}$

= 40.560

6. Longitudinal Center of Bouyancy

a. LCB (%)

$= -13.5+19.4\cdot C_P$

= 2.831 % LCB

b. LCB dari M

$LCB_M = (LCB\ (\%)/100\%)\cdot L_{PP}$

= 1.10420675 m dari M

c. LCB dari FP

$LCB = 0.5 \cdot L_{PP} - LCB_M$

= 18.39579325 m dari FP

= 20.604 m dari AP

7. Volume Displasemen

$V = L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B$

= 434.192 m^3

8. Displasemen

$D = V \cdot \rho$

= 445.047 ton

Frame Spacing (BKI Vol.II 2014 9-1) — Biro Klasifikasi Indonesia Vol.II 2014 9-1

f = 600 mm f= 700 mm

f = 0.6 m f= 0.7 m

	margin		marsurf	perhitungan	selisih	keterangan
displacement	5% lpp	1.95	426.100	434.192	-8.092	diterima
lcb	0,1% lpp	0.039	19.4181	18.39579325	1.02230675	diterima

Resistance Calculation
[Holtrop & Mennen Method]

Input Data :

L_{PP}	=	39 m	Cb =	0.840	
B	=	7.5 m	Cm =	0.997	
H	=	3.5 m	Cp =	0.842	
T	=	1.7 m	Cwp =	0.899	
Fn	=	0.206319958	Vs =	4.11552	m/s

Choice No.	C_{stern}	Used for
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped Sections
3	0	Normal Sectional Shape
4	10	U - Shaped Section With Hogner Stern

Principle of Naval Architecture Vol.II hlm. 91

Calculation:

Viscos Resistance Factor

Lwl = 104%.Lpp = 40.56 m

$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g.L}}$ = 0.206

Principle of Naval Architecture Vol.II hlm. 90

- C_F (Friction Coefficient - ITTC 1957)

Principle of Naval Architecture Vol.II hlm. 90

$R_n = L_{wl}.\frac{Vs}{\nu}$ v = $1.18831.10^{-6}$

ITTC'78 Method No. 4

= 140473017.31

$C_{FS} = \frac{0.075}{(\log_{10} R_{n_S} - 2)^2}$

where

$R_{nS} = \frac{V_S L_S}{\upsilon_S}$

$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$

Principle of Naval Architecture Vol II hlm. 90

= 0.001984

- $1 + k_1$

Principle of Naval Architecture Vol II hlm.91

$1 + k_1 = 0{,}93 + 0{,}487c\left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681}.\left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611}.\left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216}.\left(\frac{L^3}{\nabla}\right)0{,}3649\,(1-C_P)^{-0.6042}$

= 1.311

c = 1+ 0.011 c_{stern} c_{stern} = 0, Form of Afterbody normal

= 0.89

L_R = Lwl ($1 - C_P + \frac{0.06\,C_P.LCB}{(4C_P - 1)}$)

LCB = 2.8313 %

= 8.866

Lwl^3 / V = 153.678

Resistance of Appendages Factor

- Wetted Surface Area

Principle of Naval Architecture Vol II hlm.91

A_{BT} = cross sectional area of bulb in FP

= 10%.B.T.Cm

= 0 • No Bulbous Bow

$S = L(2T+B)C_M^{0.5}(0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467\frac{B}{T} + 0.3696C_{WP}) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B}$

= 378.014

$S_{Rudder} = C_1 . C_2 . C_3 . C_4 . \frac{1.75 . L . T}{100}$

Biro Klasifikasi Indonesia 2014 Vol.II 14-1

= 1.207

$S_{Bilge\ Keel}$ = L_{Keel} . H_{Keel} . 4

Practical Ship Design, hal 254

= 0.000 • No Bilge Keel

S_{app} = total wetted surface of appendages

= S_{Rudder} + $S_{Bilge\ Keel}$

= 1.207

S_{tot} = wetted surface of bare hull and appendages

= S + S_{app}

= 379.221

- 1 + k2

$(1+k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i (1+k_2) i}{\sum S_i}$ — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

= 1.4 $2223105 C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$

$(1+k_2)$ = 1.3 -1.5 → rudder of single screw ship

= 1.4 → for Bilge Keel

Form Factor(1+k) = $1 + k_1 + [1 + k_2 - (1+k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$ — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

= 1.311

Wave Making Resistance

C_1 = — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

= 4.462

C_4 = B/L → 0.11 ≤ B/L ≤ 0.25 B/L = 0.185

= 0.185

Even Keel →	Ta = T
	Tf = T

$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 16225 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8(T_a - T)}{T}\right)^3$ — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.93

= 48.484

- m_1 — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

$m_1 = 0.01404 \frac{L}{T} - 1.7525 \nabla^{\frac{1}{3}} / L - 4.7932 B / L - C_5$

= -2.020

C_5 = 8.03798 Cp - 13.8673 Cp^2 + 6.9844 Cp → $C_p \leq 0.8$

= 1.141

- m_2 — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

$m_2 = C_6\, 0.4\, e^{-0.034\, F_n^{-3.29}}$ $F_n^{-3.29}$ = 179.95310

$e^{-0.034\, F_n^{-3.29}}$ = 0.00220

= -0.0014919192

C_6 = -1.69385 ; untuk LWL3/V ≤ 512 $\frac{L^3}{\nabla}$ = 153.678

- λ — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

λ = 1.446 Cp - 0.03 L/B → L/B ≤ 12

= 1.055

- C_2 — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

C_2 = 1 → without bulb d = -0.9

- C_3 — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.93

C_3 = 1- 0.8 A_T / (B.T.C_M) A_T = 0

= 1 A_T = the immersed area of the transom at zero speed

Saat V = 0 , Transom is not a wetted area

- Rw/w — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92

$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 \cdot F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$

= -0.0003101

Total Resistance

- C_A (Correlation Allowance) — Principle of Naval Architecture Vol II hlm.93

C_A = 0.006 (Lwl + 100)-0.16 - 0.00205 → Tf/Lwl ≥ 0.04 Tf/Lwl = 0.042

= 0.0007

- W (Weight)

W = $\rho \cdot g \cdot \nabla$

= 4365.909 N

- RTOTAL

$$R_T = \frac{1}{2}\rho V^2 S_{tot}\left[C_F(1+k)+C_A\right]+\frac{R_W}{W}W$$

= 21538.298 N

= 21.538 kN

- R_{TOTAL}+15%(margin)

= 24.769 kN

Required Value			
R_T	=	24769.043	N
V_S	=	4.116	m/s
Cb	=	0.840	
1+k	=	1.311	
C_{F0}	=	0.0020	
C_A	=	0.0007	
D	=	1.105	m
D diambil	=	2	m
Z	=	4	
Ae / A_o	=	0.4	
ρ	=	1025	kg/(m^3)
n	=	150	
Fn	=	0.206319958	

Note :		
D	=	Diameter propeller, D= 0,65.T
n (rpm)	=	Putaran propeller
P/D	=	Pitch ratio, 0,5 - 1.4
Z	=	Jumlah daun propeller
AE/AO	=	Expanded Area Ratio, 0.4 ; 0,55 ; 0,7 ; 0,85, 1
		(yang digunakan dalam perhitungan 0,4)
PE	=	Effective Horse Power = RT.Vs

Definitions		
η_b	=	line bearing efficiency
η_c	=	electric transmission/power conversion efficiency
η_g	=	reduction gear efficiency
η_{gen}	=	en electric generator efficiency
η_h	=	hull efficiency = (1 – t)/(1 – w)
η_m	=	electric motor efficiency
η_o	=	propeller open water efficiency
η_p	=	propeller behind condition efficiency
η_r	=	relative rotative efficiency
η_s	=	stern tube bearing efficiency
η_t	=	overall transmission efficiency

Effective Horse Power				
EHP	=	R_T x Vs/1000		*(parametric design hal 11-28)*
	=	101.937	KW	

Thrust Horse Power				
THP	=	EHP / ηh		*(parametric design hal 11-28)*
T	=	RT / (1- t)		*(parametric design hal 11-28)*
V_A	=	V (1 - w)		*(parametric design hal 11-28)*
Cv	=	(1+ k) C_F + C_A		*(PNA vol 2 hal 162)*
Cv	=	0.003271699		
w	=	0.3 Cb + 10 Cv Cb - 0.1		*(PNA vol 2 hal 163)*
	=	0.179349976		
t	=	0.1		*(PNA vol 2 hal 163)*
ηh	=	(1 - t)/(1 - w)		*(parametric design hal 11-29)*
	=	1.096691615		
THP	=	92.950	KW	

Delivery Horse Power				
DHP	=	THP/η_p		*(parametric design hal 11-30)*
η_o	=	0.55		*(propeller B-series = 0.5 - 0.6)*
η_r	=	0.98		*(PNA vol 2 hal 163)*
η_p	=	$\eta_o\eta_r$		*(parametric design hal 11-28)*
η_p	=	0.539		
DHP	=	172.449	KW	

Shaft Power Horse				
SHP	=	$DHP/(\eta_b\eta_s)$		*(parametric design hal 11-30)*
$\eta_b\eta_s$	=	untuk mesin aft		*(parametric design hal 11-30)*
	=	0.98		
SHP	=	175.968	KW	

Brake Power Horse				
BHP	=	SHP/ (η_T)		*(parametric design hal 11-30)*
η_T	=	low speed diesel		*(parametric design hal 11-33)*
	=	0.975		
BHP	=	180.480	KW	

Engine Power Requirement					
Main Engine Power	=	236.880	KW	=	322.0627 HP
Generator Power	=	24% Main Engine Power		**engineering judgment**	
	=	56.851	KW	=	77.29505 HP

Maximum Continues Rates				
MCR	=	BHP*(1+MD)/(1-MS)		*(parametric design hal 11-31)*
MCR	=	236.880	KW	
	=	322.063	HP	

Ship Engine Selection

Power requirement		
Main engine		
P_{engine} =	236.8805	kW
P_{engine} =	322.06	HP
Generator		
$P_{generator}$ =	56.85132	kW
$P_{generator}$ =	77.29505	HP

Main engine specifications		
Engine type =	Yanmar 6LY2M	
MCR =	243	kW
MCR =	325.8679	HP
Speed =	3200	r/min
Cyl. number =	6	
Bore =	106	mm
Stroke =	110	mm
Specific Fuel Oil Consumption		
SFOC =	660	g/kWh
Specific Lube Oil Consumption		
SLOC =	0.5	g/kWh
Dimensions		
Length =	1212	mm
Width =	708	mm
Height =	766	mm
Dry mass =	0.652	ton

Generator specifications		
Genset type =	YANMAR YEG750DTLS	
Engine output =	59.2	kW
Diesel eff. =	96%	
Diesel output =	56.832	kWe
Diesel output =	74	kVA
Fuel Oil Consumption		
FOC =	270	g/kWh
Lube Oil Consumption		
LOC =	0.5	g/kWh
Dimensions		
Length =	2300	mm
Width =	900	mm
Height =	1250	mm
Dry mass =	1.23	ton

Ship Machinery Weight Calculations

Ship dimensions

L_{PP} =	39.00	m
L_{WL} =	40.56	m
B =	7.50	m
H =	3.50	m
T =	1.70	m
V_S =	8.00	knot
V_S =	4.12	m/s

Main engine specifications

Engine type =	Yanmar 6LY2M	
MCR =	243	kW
MCR =	325.8679	HP
Speed =	3200	r/min
Cyl. number =	6	
Bore =	106	mm
Stroke =	110	mm
Specific Fuel Oil Consumption		
SFOC =	660	g/kWh
Specific Lube Oil Consumption		
SLOC =	0.5	g/kWh
Dimensions		
Length =	1212	mm
Width =	708	mm
Height =	766	mm
Dry mass =	0.652	ton

Generator specifications

Genset type =	YANMAR YEG750DTLS	
Engine output =	59.2	kW
Diesel eff. =	0.96	
Diesel output =	56.832	kWe
Diesel output =	74	kVA
Fuel Oil Consumption		
FOC =	270	g/kWh
Lube Oil Consumption		
LOC =	0.5	g/kWh
Dimensions		
Length =	2300	mm
Width =	900	mm
Height =	1250	mm
Dry mass =	1.23	ton

Power and propulsion

P_E =	101.94	kW
P_T =	92.95	kW
P_D =	172.449	kW
P_S =	175.97	kW
P_B =	180.48	kW
MCR =	236.88	kW

Propulsion unit

Engine weight

W_{engine} = 0.652 ton — catalogue

Gearbox

$W_{gearbox}$ = 13.2 ton — catalogue

Shafting

l = shaft length

l = 4 m — catalogue

Other weight

M = $0.04P_{engine} - 0.07P_{engine}$ — *Ship Design for Efficiency and Economy 2nd Ed., pg. 177*

M = 14.58 ton

Total weight

W_{tot} = 42.2165 ton

Other wei

M =

M =

Total weig

W_{tot} =

Center of machinery weight

h_{DB} = B/20 — *BKI Vol. II, sec. 8 pg. 2*

h_{DB} = 0.375 m

h_{DB} = (350 + 45 B)/1000 — *BKI Vol. II, sec. 8 pg. 3*

h_{DB} = 0.6875 m

h_{DB} = 0.7 m - 0.06 m ~ h_{DB} = 1 m

D' = H — *Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 26*

D' = 3.50 m

Vertical

$VCG_M = h_{DB} + 0.35 (D' - h_{DB})$ — *Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 26*

VCG_M = 1.26725 m

Longitudinal from AP

LCG_M = at near the after end of main engine — *Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 26*

b = AP to tip of propeller shaft

b = 0.35 T

b = 0.595 m

LCG_M = b + $L_{sterntube}$ + shaft length at machinery room

LCG_M = 6.595 m

h_{DB} =

h_{DB} =

h_{DB} =

h_{DB} =

n =	propeller speed				
n =	199 rpm			catalogue	
M / l =	0.081 $(P_D/n)^{2/3}$			(The Associated Weight)	*Ship Design for Efficiency and Economy 2nd Ed., pg. 175*
M / l =	0.073625 ton/m				
W_{shaft} =	(M / l) x l				
W_{shaft} =	0.294499 ton				
Propeller					
Propeller dimensions					
D =	0.6T - 0.65T				
D =	1.0625 m	=	1.5 m	catalogue	
V =	0.01 x D^3			propeller displacement	*Practical Ship Design, pg. 79*
V =	0.03375 m^3				
P/D =	0.5 - 1.4				*K_T, K_Q, and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers, by M.M Bernitsas, D. Ray, and P. Kinley*
P/D =	1				
z =	4 blade				
A_E/A_0 =	0.5			assumption	
Propeller weight					
K =	0.18 (A_E/A_0) - (z - 2)/100	(k=Fixed Pitch Propeller)			*Ship Design for Efficiency and Economy 2nd Ed., pg. 176*
K =	0.07				
W_{prop} =	D^3 x K x V				*Ship Design for Efficiency and Economy 2nd Ed., pg. 175*
W_{prop} =	0.002834 ton	=	9.8 ton	catalogue	
Propulsion weight					
W_{tot} =	23.9465 ton				
Electical unit					
Generator weight					
n_{genset} =	3			main, break and reserved generator	
W_{tot} =	n x W_{genset}				
W_{tot} =	3.69 ton				

Structure Weight Calculation

No	Type kapal	CSO
1	Bulk carriers	0.07
2	Cargo ship (1 deck)	0.07
3	Cargo ship (2 decks)	0.076
4	Cargo ship (3 decks)	0.082
5	Passenger ship	0.058
6	Product carriers	0.0664
7	Reefers	0.0609
8	Rescue vessel	0.0232
9	Support vessels	0.0974
10	Tanker	0.0752
11	Train ferries	0.65
12	Tugs	0.0892
13	VLCC	0.0645

Input Data :

LPP =	39.000	m
L_{WL} =	40.560	m
H =	3.500	m
B =	7.500	m
T =	1.700	m
Fn =	0.206	
C_B =	0.840	
LCB =	2.831	L

Volume Superstructure

- Volume Forecastle

Length (L_f) =	8%.L	
Length (L_f) =	3.12	m
Length (L_f) yang diambil=	3.600	m
Length (L_f) taken =	6	frame spacing
Breadth (B_f) =	0.5B	
Breadth (B_f) taken =	3.750	m
Height (h_f) =	1.8	m
Height (h_f) =	1.8	m
Height (h_f) taken =	2.4	m
$V_{Forecastle}$ =		
$V_{Forecastle}$ =	12.15	m^3

- Volume Poop

Length (L_p) =	20%.L		
Length (L_p) =	7.8	m	
Length (L_p) yang diambil =	8.20	m	
Length (L_p) taken =	13	frame spacing	
Breadth (B_p) =	0.8*B		
Breadth (B_p) =	6.000	m	3
Height (h_p) =	1.800		
Height (h_p) =	1.800		
Height (h_p) taken =	3.5	m	
V_{Poop} =			
V_{Poop} =	66.42	m^3	

- Total Volume of Superstructure

$V_A = V_{Forecastle} + V_{Poop}$

V_A = 78.57 m^3

Volume Deckhouse

- Volume Navigation Deck

Length (L_{D4}) =	14.4%.L		
Length (L_{D4}) =	5.616	m	
Length (L_{D4}) =	6.000	m	
Length (L_{D4}) =	10	frame spacing	
Breadth (B_{D4}) taken =	4.800	m	Assumption
Height (h_{d4}) =	1.800		
Height (h_{d4}) =	1.800		
Height (h_{D4}) taken =	5.9	m	Assumption
$V_{DH\cdot layer\ II}$ =	$L_{D4}.B_{D4}.h_{D4}$		
$V_{DH\cdot layer\ II}$ =	51.84	m^3	

- Volume Top Deck

Length (L_{D4}) =	10.2%.L		
Length (L_{D4}) =	2.808	m	
Length (L_{D4}) =	6.000	m	
Length (L_{D4}) =	10	frame spacing	
Breadth (B_{D4}) taken =	4.800	m	Assumption
Height (h_{d4}) =	1.800		
Height (h_{d4}) =	1.800		
Height (h_{D4}) taken =	8.3	m	Assumption
$V_{DH\cdot layer\ II}$ =	$L_{D4}.B_{D4}.h_{D4}$		
$V_{DH\cdot layer\ II}$ =	51.84	m^3	

- Total Volume of Deckhouses

$V_{DH} = V_{DH.layer\ II}$

V_{DH} = 103.68 m^3

Structural Weight

- D_A = corrected depth due to superstructure and deckhouses volume

  $D_A = H + (V_A+V_{DH})/(L*B)$

  D_A = 4.123076923 m
- C_{SO} = Bulk carriers

  C_{SO} = 0.07 t/m^3
- Δ_{kapal} = 445.0467697 ton
- $U = \log\left(\frac{\Delta}{100}\right)$

  U = 0.648
- $C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0,5U + 0,1U^{2,45})}$

  C_S = 0.115
- Margin = 3% (Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 27)
- $W_{ST} = L.B.D_A.C_S$

  = 142.7432078 ton

Weight of superstructures

Weight (Ship Design for Efficiency and Economy page 172)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship	60 - 70	kg/m^3
For large cargo ships, large tanker, etc	80 - 90	kg/m^3
Therefore, for this desain, it is used	70	kg/m^3

• SUPERSTRUCTURE

• POOP			• FORECASTLE		
L_{poop} =	8.200	m	$L_{forecasle}$ =	3.600	m
B_{poop} =	6.000	m	$B_{forecastle}$ =	3.750	m
V_{poop} =	66.420	m^2	$V_{forecastle}$ =	12.15	m^2
W_{poop} =	4.649	ton	$W_{forecastle}$ =	0.8505	ton

Superstructure Weight

W_{SS} = 5.500 ton

Weight of deckhouses

Weight (Ship Design for Efficiency and Economy page 172)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship	60 - 70	kg/m^3
For large cargo ships, large tanker, etc	80 - 90	kg/m^3
Therefore, for this desain, it is used	70	kg/m^3

• DECKHOUSE

navigation deck			Top deck		
$L_{DH\ IV}$ =	6.000	m	$L_{DH\ IV}$ =	6.000	m
$B_{DH\ IV}$ =	4.800	m	$B_{DH\ IV}$ =	4.800	m
$V_{DH\ IV}$ =	51.84	m^2	$V_{DH\ IV}$ =	51.84	m^2
$W_{DH\ IV}$ =	3.629	ton	$W_{DH\ IV}$ =	3.629	ton

Deckhouse Weight

W_{DH} = 7.258 ton

Weight of basic hull
$W_{hull} = W_{ST} - W_{fc} - W_{poop} - W_{dhI-WdhII}$
$W_{hull} =$ 129.986 ton

Center of superstucture structural weight
Forecastle
Vertical
$VCG_{fc} = H + 0.5\ h_{fc}$
$VCG_{fc} =$ 4.7 m
Longitudinal
from AP
$LCG_{fc} = L_{PP} - 2/3\ l_{fc}$
$LCG_{fc} =$ 36.6 m
Poop
Vertical
$VCG_{poop} = H + 0.5\ h_{poop}$
$VCG_{poop} =$ 5.250 m
Longitudinal
from AP
$LCG_{poop} = 0.5\ l_{poop}$
$LCG_{poop} =$ 4.1 m

Center of deckhouse structural weight
Layer II
Vertical
$VCG_{dh3} = H + h_{poop} + 0.5\ h_{dh1}$
$VCG_{dh3} =$ 6.200 m
Longitudinal
from AP
$LCG_{dh3} = (l_{poop} - l_{dh3}) + 0.5\ l_{dh3}$
$LCG_{dh3} =$ 5.2 m
Layer III
Vertical
$VCG_{wh} = H + h_{poop} + h_{dh1} + h_{dh2} + h_{dh3} + 0.5\ h_{wh}$
$VCG_{wh} =$ 8.000 m
Longitudinal
from AP
$LCG_{wh} = (l_{poop} - l_{wh}) + 0.5\ l_{wh}$
$LCG_{wh} =$ 5.2 m
Deckhouses
Vertical
$VCG_{dh} = (VCG_{dh1} \times W_{dh1} + VCG_{dh2} \times W_{dh2} + VCG_{dh3} \times W_{dh3} + VCG_{wh} \times W_{wh}) / W_{dh}$
$VCG_{dh} =$ 7.100 m
Longitudinal
from AP
$LCG_{dh} = (LCG_{dh1} \times W_{dh1} + LCG_{dh2} \times W_{dh2} + LCG_{dh3} \times W_{dh3} + LCG_{wh} \times W_{wh}) / W_{dh}$
$LCG_{dh} =$ 5.200 m

Center of basic hull structural weight (Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 26)

Vertical

$VCG_{hull} = 0.01D\,[46.6 + 0.135(0.81 - C_B)\,(L/D)^2]$

$VCG_{hull} = 1.6136331$ m

Longitudinal

$\%LCG_{hull} = -0.15 + LCB$

$\%LCG_{hull} = 2.681\%\ \%\ L_{WL}$

from midship

$LCG_{hullM} = 1.087535$ m

from AP

$LCG_{hull} = 0.5\ L_{PP} + LCG_{hullM}$

$LCG_{hull} = 20.587535$ m

Center of ship structural weight

Vertical

$VCG_S = (VCG_{hull} \times W_{hull} + VCG_{fc} \times W_{fc} + VCG_{poop} \times W_{poop} + VCG_{dh} \times W_{dh}) / W_{ST}$

$VCG_S = 2.0294129$ m

Longitudinal

from AP

$LCG_S = (LCG_{hull} \times W_{hull} + LCG_{fc} \times W_{fc} + LCG_{poop} \times W_{poop} + LCG_{dh} \times W_{dh}) / WST$

$LCG_S = 19.363553$ m

Ship Crew List

Crew list	
Main deck	
Chief Cook =	1 person
Assistant Cook =	1 person
Crane Operator=	1 person
Oiler =	2 people
Boys =	1 people
Cadet =	2 people
Electrician =	1 person
Third Engineer =	1 person
Boatswain =	1 person
Total crew =	11 people
Poop deck	
Steward =	1 person
Quarter Master =	1 people
Third Officer=	1 person
Total crew =	3 people
Layer III	
Second Officer =	1 person
Second Eng. =	1 person
Total crew =	2 people
Layer IV	
Owner Representative=	1 person
Captain=	1 person
Chief Engineer =	1 person
Chief Officer=	1 person
Total crew =	4 person
Total	
Total crew =	20 person

Keputusan Mentri Perhubungan No: KM/70 thn 1998 tentang pengawakan kapal niaga	
Minimal =	20 Orang
Total =	20 Orang

Jumlah crew

$$Zc = Cst \cdot Cdk \cdot ((L_{PP} \cdot B \cdot H \cdot 35)/10^5)^{(1/6)} + C_{eng} \cdot (BHP/10^5)^{(1/3)} + cadet$$

Z_c =	Jumlah crew	
C_{dk} =	coeffisien deck department	11.5 ~ 14.5
C_{st} =	coeffisien steward departement	= 1.2 ~ 1.33
C_{eng} =	coeffisien engine departement	
	Untuk mesin diesel Ceng	= 8.5 ~ 11.0
cadet =	jumlah kadet	
=	2 orang	
Zc =	14.66515303	
=	20 orang	

Ship Consumables and Crew Weight Calculation

Ship dimensions

L_{PP} =	39.00	m
L_{WL} =	40.56	m
B =	7.50	m
H =	3.50	m
T =	1.70	m
V_S =	8.00	knot
V_S =	4.12	m/s

Ship personnel

n = 20 person

Machinery data

MCR_e =	243	kW
MCR_e =	326	HP
MCR_g =	59.2	kW
MCR_g =	80.48832	HP
$SFOC_e$ =	660	g/kWh
$SFOC_g$ =	270	g/kWh
$SLOC_e$ =	0.5	g/kWh
$SLOC_g$ =	0.5	g/kWh

Voyage data

Voyage radius =	258	nm
Voyage radius =	477816	m
Voyage time =	116101.003	s
Voyage time =	32.25027862	hour
Voyage time =	2	day

Power and propulsion

P_E =	101.94	kW
P_T =	92.95	kW
P_D =	172.45	kW
P_S =	175.97	kW
P_B =	180.48	kW
MCR =	236.88	kW

Engine Fuel oil (Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 25)

Weight

W_{FO} = (SFR x MCR) x (range/speed) x margin — SFR = SFOC

W_{FO} = 5172299.69 gram

margin = 5%

W_{FO} = 5430914.67 gram

W_{FO} = 5.43 ton

Volume

ρ_{FO} = 991 kg/m^3

ρ_{FO} = 0.991 ton/m^3

V_{FO} = 5.48 m^3

Generator Fuel oil

Weight

W_{FO} = (SFR x MCR) x (range/speed) x margin — SFR = SFOC

W_{FO} = 515488.45 gram

margin = 5%

W_{FO} = 541262.88 gram

W_{FO} = 0.54 ton

Volume

ρ_{FO} = 991 kg/m^3

ρ_{FO} = 0.991 ton/m^3

V_{FO} = 0.55 m^3

Engine Lubricating oil

Weight

W_{LO} = (SFR x MCR) x (range/speed) x 50 — SFR = SLOC

W_{LO} = 195920.44 gram

W_{LO} = 0.20 ton ~ W_{LO} = 15 ton low speed diesel engine

Volume

ρ_{FO} = 900 kg/m^3

ρ_{FO} = 0.9 ton/m^3

V_{LO} = 0.22 m^3

Generators Lubricating oil

Weight

W_{LO} = (SFR x MCR) x (range/speed) x 50 — SFR = SLOC

W_{LO} = 95460.82 gram

W_{LO} = 0.10 ton ~ W_{LO} = 15 ton low speed diesel engine

Volume

ρ_{FO} = 900 kg/m^3

ρ_{FO} = 0.9 ton/m^3

V_{LO} = 0.11 m^3

Fresh water

Weight

W_{FW} = 0.17 ton/(person x day)

W_{FW} = 6.8 ton

Volume

ρ_{FW} = 1000 kg/m^3

ρ_{FW} = 1 ton/m^3

V_{FW} = 8.5 m^3

Crew and effects weight

$W_{C\&E}$ = 0.17 ton/person

$W_{C\&E}$ = 3.4 ton

Provisions and stores weight

W_{PR} = 0.01 ton/(person x day)

W_{PR} = 0.4 ton

Total weight

W_{tot} = 46.57 ton

Engine and Generators Center of fuel oil weight

Tank location

In the double bottom below the machinery

Tank dimensions

h_{DB} = 0.76 m

$H_{FOT} = h_{DB}$

H_{FOT} = 0.76 m

B_{FOT} = B

B_{FOT} = 7.50 m

$L_{FOT} = V_{FO} / (H_{FOT} \times B_{FOT})$ frame spacing = 0.6 m

L_{FOT} = 1.06 m = 1.2 m ~ 2 frame spacing

Vertical

$VCG_{FOT} = 0.5\ H_{FOT}$

VCG_{FOT} = 0.38 m

Longitudinal from AP

L_{st} = 6 m

$LCG_{FOT} = L_{st} - 0.5\ L_{FOT}$

LCG_{FOT} = 5.4 m

Engine and Generators Center of lubricating oil weight

Tank location

In the double bottom below the machinery

Tank dimensions

$H_{LOT} = h_{DB}$

H_{LOT} = 0.76 m

B_{LOT} = B

B_{LOT} = 7.50 m

$L_{LOT} = V_{LO} / (H_{LOT} \times B_{LOT})$ frame spacing = 0.6 m

L_{LOT} = 0.1 m = 1.8 m ~ 3 frame spacing

Vertical

$VCG_{LOT} = 0.5\ H_{LOT}$

VCG_{LOT} = 0.38 m

Longitudinal from AP

$LCG_{LOT} = L_{st} + L_{FOT} + 0.5\ L_{LOT}$

LCG_{LOT} = 8.1 m

Center of fresh water weight

Tank location

above draught below the main deck in the back of AP Bulkhead

Tank dimensions

H_{FWT} = H-T

H_{FWT} = 1.80 m

B_{FWT} = 50% B

B_{FWT} = 3.75 m

$L_{FWT} = V_{FW} / (H_{FWT} \times B_{FWT})$ frame spacing = 0.6 m

L_{FWT} = 1.259259259 m = 0.6 m ~ 1 frame spacing

Vertical

$VCG_{FWT} = T + 0.5\ H_{FWT}$

VCG_{FWT} = 2.6 m

Longitudinal from AP

$LCG_{FWT} = L_{st} + 0.5\ L_{FWT}$

LCG_{FWT} = 6.3 m

Center of crew and effects weight				
Room Layer	VCG	LCG [AP]	Total Person	$W_{C\&E}$ (ton)
Poop deck	5.25	4.1	14	2.38
Layer I	6.200	5.200	2	0.34
Layer II	8.000	5.2	4	0.68

Vertical

$VCG_{C\&E} = (VCG_{dh1} \times W_{dh1} + VCG_{dh2} \times W_{dh2} + VCG_{dh3} \times W_{dh3} + VCG_{wh} \times W_{wh})/(W_{dh1} + W_{dh2} + W_{dh3} + W_{wh})$

$VCG_{C\&E} =$ 5.895 m

Longitudinal

from AP

$LCG_{C\&E} = (LCG_{dh1} \times W_{dh1} + LCG_{dh2} \times W_{dh2} + LCG_{dh3} \times W_{dh3} + LCG_{wh} \times W_{wh})/(W_{dh1} + W_{dh2} + W_{dh3} + W_{wh})$

$LCG_{C\&E} =$ 4.43 m

Center of provisions and stores weight

$l_{poop} =$ 20% X Lpp m

$h_{poop} =$ 2.5 - 3.5 m

$l_{dh1} =$ 15% X Lpp m

Vertical

$VCG_{PR} = H + 0.5\ h_{poop}$

$VCG_{PR} =$ 5.25 m

Longitudinal

from AP

$LCG_{PR} = (l_{poop} - l_{dh1}) + 0.5\ l_{dh1}$

$LCG_{PR} =$ 4.1 m

Center of consumables and crew weight

Vertical

$VCG_{C\&Cr} = (VCG_{FOT} \times W_{FO} + VCG_{LOT} \times W_{LO} + VCG_{FWT} \times W_{FW} + VCG_{C\&E} \times W_{C\&E} + VCG_{PR} \times W_{PR}) / W_{tot}$

$VCG_{C\&Cr} =$ 0.900992815 m

Longitudinal

from AP

$LCG_{C\&Cr} = (LCG_{FOT} \times W_{FO} + LCG_{LOT} \times W_{LO} + LCG_{FWT} \times W_{FW} + LCG_{C\&E} \times W_{C\&E} + LCG_{PR} \times W_{PR}) / W_{tot}$

$LCG_{C\&Cr} =$ 1.942273253 m

Equipment and Outfitting Calculation

[Referensi : Ship Design Efficiency and Economy , 1998]

Input Data :

L = 39.0000 m
B = 7.5000 m
D = 3.5000 m

Group III (Accommodation) (Ship Design for Efficiency and Economy page 172)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship	60 - 70	kg/m^3
For large cargo ships, large tanker, etc	80 - 90	kg/m^3
Therefore, for this desain, it is used	60	kg/m^3

• SUPERSTRUCTURE

• POOP			• FORECASTLE		
L_{poop} =	8.200	m	$L_{forecasle}$ =	3.12	m
B_{poop} =	6.000	m	$B_{forecastle}$ =	3.75	m
A_{poop} =	49.200	m^2	$A_{forecastle}$ =	11.7	m^2
H_{poop} =	1.800	m	$H_{forecastle}$ =	1.8	m
W_{poop} =	5.314	ton	$W_{forecastle}$ =	1.264	ton

• DECKHOUSE

navigation deck			top deck		
$L_{DH\ IV}$ =	6.000	m	L_{WH} =	6.000	m
$B_{DH\ IV}$ =	4.800	m	B_{WH} =	4.800	m
$A_{DH\ IV}$ =	28.80	m^2	A_{WH} =	28.800	m^2
$H_{DH\ IV}$ =	1.80	m	H_{WH} =	1.800	m
$W_{DH\ IV}$ =	3.110	ton	W_{WH} =	3.110	ton

$W_{Group\ III}$ = 12.798 ton Total structure

Group IV (Miscellaneous) (Ship Design Efficiency and Economy page 172)

C = (0.18 ton / m^2 < C < 0.26 ton / m^2

= 0.22 [ton/m^2]

$W_{Group\ IV}$ = $(L*B*D)^{2/3}$ * C

= 22.347 ton

Equipment and Outfitting Total Weight

= 35.145 ton

Outfit Weight Center Estimation (Ship Design for Efficiency and Economy page 173)

D_A = 4.123

$KG_{E\&O}$ = 1.01-1.05 D_A KG = VCG

$VCG_{E\&O}$ = 4.329 m

1. LCG_1 (25% $W_{E\&O}$ at LCG_M) (Parametric design chapter 11, p11-250)

25% $W_{E\&O}$ = 8.786

L_{stern} = 0.35T + $L_{sterntube}$

LCG_M from AP = 6.595 m

2. LCG_2 (37,5% $W_{E\&O}$ at LCG_{DH})

37.5% $W_{E\&O}$ = 13.17936

LCG_{dh} from AP= 5.2 m

3. LCG_3 (37,5% $W_{E\&O}$ at midship)

37.5% $W_{E\&O}$ = 13.1794

$L_{midship}$ = 19.5 m

$LCG_{E\&O}$ (LCG from AP)

$LCG_{E\&O}$ = 10.91 m

"LWT" CENTRE GRAVITY CALCULATION

1 Machinery Weight Centre Gravity

VCGm = Hdb+0.35(D'-Hdb)

1.267 m

LCGm = Lap+Lshaft+1/2Lmesin

6.595 m

2 Hull Weight Centre Gravity

VCGhull = (58.3-0.517*(0.824-Cbd)*(L/H)^2)*Ds*0.01

1.614 m

VCGhull = Ckg.DA

6.445 m

LCGhull (%) = -0.15+LCB

2.412

20.588 m

3 Superstructure & Deckhouse Centre Gravity

VCGsp =	**4.70**	m
VCGdh =	**7.100**	m
LCGpoop =	**5.250**	m
LCGforecastle =	**36.600**	m
LCGdh =	**5.200**	m

4 E&O Weight Centre Gravity

VCGo = H+1.25

VCGo = **4.33** m

LCGo1 = 25% at LCGm

LCGo2 = 37.5% at LCGdh

LCGo3 = 37.5% amidship

LCGo = **10.911** m

5 Ramp Door

VCG = **7.2** m

LCG = **39** m

"DWT" CENTRE GRAVITY CALCULATION

1 Crew & Luggage

VCG = (W.VCG)/Wtotal

5.895 m

LCG = (W.LCG)/Wtotal

4.430 m

2 Fresh Water

VCG = **2.600** m

LCG = **6.300** m

3 Lubrication Oil

VCG = **0.380** m

LCG = **8.100** m

4 Auxilary Engine Fuel Oil

VCG = **0.380** m

LCG = **5.400** m

5 *Main engine* Fuel Oil

VCG = **0.380** m

LCG = **5.400** m

6 Provision & Store

VCG = **5.250** m

LCG = **4.100** m

7 *Payload*

VCG = **5.200** m

LCG = **21.000** m

LWT TOTAL WEIGHT =	226.999	ton
DWT TOTAL WEIGHT =	204.072	ton

"LWT"	**VCG TOTAL =**	**2.614**	meter
	LCG TOTAL =	**18.186**	**meter (thd AP)**
"DWT"	**VCG TOTAL =**	**6.774**	meter
	LCG TOTAL =	**19.451**	**meter (thd AP)**
LWT + DWT	**VCG TOTAL =**	**4.583**	**meter (thd AP)**
	LCG TOTAL =	**18.785**	

***Displacement* Check**		
Displacement =	445.047	ton
LWT + DWT =	431.071	ton
Difference =	3.140%	ton
	ACCEPTED	(2% to 10% Limitation)

Freeboard Calculation

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data :

L =	39.00	m	l_{poop} =	8.20	m
B =	7.50	m	l_{FC} =	3.60	m
D =	3.50	m	S =	$l_{Poop} + l_{FC}$	
d_1 =	85% Moulded Depth		=	11.80	m
=	2.98	m	T =	1.7	m
C_B =	0.50				

C_B ketika 0.85 D

Ship type = Type B

Calculation :

Length (m)	Freeboard (mm)
39	325
40	334

• Tabular Freeboard (Regulation 28 Table 28.2)

FB = 325.00 mm

• Correction

1. Length

Untuk kapal dengan panjang 24 < L < 100 m dan mempunyai superstructure tertututp dengan panjang efektif mencapai 35

L>=100 m

FB_1 = 7.5 (100-L)(0.35-E/L)

E = Total panjang efektif superstructure

= 8.2 35%L = 13.65

= E < 35%L, tidak ada koreksi

FB_1 = 325.00 mm

2. C_B correction

$FB_2 = FB_1$(factor) [mm]

factor = $(C_B + 0.68)/1.36$ (correction is needed because C_B>=0.68 m)

factor = 0.86688507

FB_2 = 281.7376477 mm

3. Depth correction (Regulation 31 Correction for depth)

For ship with D < L/15 no correction needed ; If D > L/15 correction is needed as :

D = 9.5 m

L = 39.00 m

L/15 = 2.6 D > L/15

FB_3 = R(D-L/15) [mm]

R = 81.25 (R=250 ; L>=120m) (R=L/0.48 ; L<120m)

(D-(L/15))R = 73.13 mm

FB_3 = 354.86 mm

4. Deduction of Superstructure

Length (m)	$h_{Superstructure}$ (m)
75	1.8
125	2.3

Forecastle

l_{FC} = 3.60 m

hs_{FC} = 1.44 m

h_{FC} = 1.80 m

ls_{FC} = 3.60 m

Poop

l_{poop} = 8.20 m

hs_{poop} = 1.44 m

h_{poop} = 1.8 m

ls_{poop} = 8.20 m

Effective Length Super Structure

$E = ls_{FC} + ls_{Poop}$

= 11.80 m

E[x.L] = 0.303 L

%FB = 30% L

Superstructure

	Total Effective Length of Superstructures					
L	0	0.1L	0.2L	0.3L	0.4L	0.5L
%	0	5	10	15	23.5	32

Fb_4 = 301.63 mm

(no correction is needed because sheer is standard)

FB' = FB_4

FB' = 301.63 mm

Total Freeboard

FB' = FB_4

FB' = 301.63 mm

FB' = 0.30 m

• Minimum Bow height

C_B to upper deck = $C_B / L*B*d_1$ = 0.50

$$B_{WM} = 56L\left(1 - \frac{L}{500}\right)\left(\frac{1.36}{Cb + 0.68}\right)$$

B_{WM} = 2322.85 mm

B_{WM} = 2.32 m

• Freeboard Boundary Condition

Actual Freeboard (Summer)

FB_a = H-T

IF actual freeboard >= FB', it's ACCEPTED

FB_a = 1.80 m

FB' = 0.30 m

ACCEPTED (FB_a - FB') Summer Condition

Actual Freeboard (Winter)

FB_a = H-T

FB_a = 1.80 m

FB' = 0.31 m

ACCEPTED (FB_a - FB') Winter Condition

• Actual Bow Height

$FB_a + Sf + h_{FC}$ = 6.23 m

ACCEPTED Bow Height Minimum Condition

TRIM CHECKING

Trim = Ta - Tf = (LCG - LCB)L / GML

KB/T = (0.9 - 0.36Cm) (Chapter 11 Parametric Design - M.G. Parson ; page 11-18)

0.920 m

CI = (0.096 + 0.89Cwp^2)/12 (Chapter 11 Parametric Design - M.G. Parson ; page 11-19)

0.068 IT = 1163.243

CIL = 0.35Cwp^2 - 0.405Cwp + 0.146 (Chapter 11 Parametric Design - M.G. Parson ; page 11-19)

0.065 IL = 32449.75

BMT = **2.679**
BML = **74.736** (Chapter 11 Parametric Design - M.G. Parson ; page 11-18)

LCG = **18.785** m
LCB = **19.176** m

KML = KB + BML (PNA vol I ; page 34)
75.656 m

GML = KML - KG (PNA vol I ; page 39)
71.072 m

TRIM = -0.223 (trim buritan)

BATASAN TRIM = LCG - LCB < 0.1%Lpp

LCG - LCB	0.1%Lpp
-0.391	0.041

Lpp =	39.00
Lwl =	40.56
B =	7.50
H =	3.50
T =	1.70
Cb =	0.840
Cm =	0.997
Cwp =	0.899
Cp =	0.842
LCB (%Lpp) =	2.831
V =	434.19
MTC =	7.798
LCB at Lpp =	18.396
LCB at Lwl =	19.176

Stability Calculation

Ship dimensions

L_{PP} =	39.00 m	127.92 ft	
L_{WL} =	40.56 m	133.0368 ft	
B =	7.50 m	24.6 ft	
H =	3.50 m	11.48 ft	
T =	1.70 m	5.576 ft	
V_S =	8.00 knot		
V_S =	4.12 m/s	13.49891 ft/s	

Ship coefficients

C_B =	0.839602
C_M =	0.997366
C_P =	0.84182
C_{WP} =	0.899297

Ship displacement

∇ =	434.192 m^3	15321.57 ft^3	
Δ =	445.0468 ton	438.0382 long ton	
			231.8414768 ft

Sheer

S_a =	0 m	0 ft	-103.9214768 ft
S_f =	0 m	0 ft	

Superstructure

Forecastle			5.91 ft
l_{fc} =	3.6 m	11.808 ft	
h_{fc} =	1.8 m	5.904 ft	
Poop			233.7312798 ft
l_{poop} =	8.20 m	26.896 ft	
h_{poop} =	1.8 m	5.904 ft	-105.8112798 ft

Main factor calculation

Vertical plane

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

$A_3 = 228.5084 \ ft^2$

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

$S = 1.717633 \ ft$

$D = D_M + S$ (mean depth)

$D = 13.19763 \ ft$ $D_M = H$

$A_2 = 0.98L \times D_M + A_3$ (area of vertical plane to mean depth D)

$A_2 = 1725.226 \ ft^2$ $L = L_{WL}$

Waterline plane

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

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

$A_0 = 2943.134 \ ft^2$

$A_1 = 1.01 \times A_0$ (area of waterline plane at mean depth D,

$A_1 = 2972.565 \ ft^2$ may be estimate from Ao and nature of stations above waterline)

Midship section

$A_M = B \times T \times C_x$ (area of immersed midship section)

$A_M = 136.8083 \ ft^2$ $C_X = C_M$

Ship volume

$F = D - T$ (freeboard to mean depth D)

$F = 7.621633 \ ft$

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

$\nabla_T = 15965.68 \ ft^3$ $\nabla_0 = \nabla$

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

$\Delta_T = 456.4529$ long ton

Ship coefficients

$C_X' = (A_M + (B \times F))/(B \times D)$

$C_X' = 0.998887$

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

$C_{PV} = 0.933621$

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

$C_{PV}' = 0.407227$

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

$C_{PV}'' = 0.376429$

$\delta = (\Delta_{T/2}).\Delta_0$

$\delta = -209.812$

$|\delta| = 209.8117$ (always positive in C_w'' calculation)

$C_W' = A_2 / (L \times D)$

$C_W' = 0.982603$ $L = L_{WL}$

$C_W'' = Cw' - 140 \ |\delta| \times (1 - C_{pv}'')/(L \times B \times D)$

$C_W'' = 0.55853$

Factor h calculation

$f = 0$

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

$f = 0.5$

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

$f = 1.0$

$f = (-16 + 158X - 132X^2 + 40X^3) / 90$

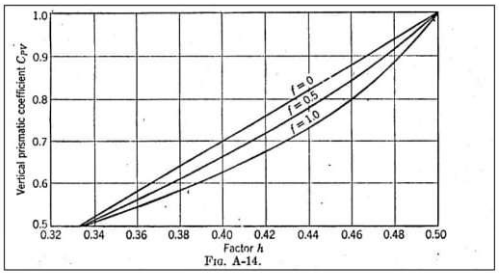


FIG. A-14.

Factor C_l calculation

Line 1

$C_W = C_{WP}$

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

$C_l = 0.0683$

Line 2

$C_W = C_{WP}$

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

$C_l' = 0.027414$

GG'

KG = VCG
KG = 5.911136 ft
f_1 = D x (1 - (A_0/A_1)) / (2F x (1 - C_{PV}'))
f_1 = 0.014461
X = C_{PV}'
X = 0.407227
f_1 = 0
h_1 = 0.302409
f_1 = 0.5
h_1 = 0.29141
h_1 = 0.302091
KG' = (D x (1 - h_1) x Δ_T - g) / (2Δ_0)
KG' = 5.03847 ft
GG' = KG' - KG
GG' = -0.873 ft

G'B_0

f_0 = H x ((A_1/A_0) - 1) / (2F x (1 - C_{PV}))
f_0 = 0.113457
X = C_{PV}
X = 0.933621
f_0 = 0
h_0 = 0.477874
f_0 = 0.5
h_0 = 0.48363
h_0 = 0.47918
KB_0 = (1 - h_0) x H
KB_0 = 5.979015 ft
G'B_0 = KG' - KB_0
G'B_0 = -0.94054 ft

G'B_{90}

f_2 = 9.1 (C_X' - 0.89)
f_2 = 0.990874
X = C_{PV}''
X = 0.376429
f_2 = 0.5
h_2 = 0.276732
f_2 = 1.0
h_2 = 0.298946
h_2 = 0.29854
G'B_{90} = ((Δ_T x h_2 x B) / (4Δ_0)) - ((|g|^2 x 17.5) / (Δ_0 x (A_2 - 70 x (|g|/B) x (1 - C_{PV}''))))
G'B_{90} = 0.613314 ft

G'M_0

BM_0 = (C_I x L x B^3) / (35Δ_0)
BM_0 = 8.823056 ft
G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'
G'M_0 = 9.763601 ft

G'M_{90}

BM_{90} = ((C_I' x L x D^3)/(35Δ_0)) + ((L_d x d x D^2)/(140Δ_0))
BM_{90} = 1.19584 ft
G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}
G'M_{90} = 0.582526 ft

GM_0

GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG
GM_0 = 8.890935 ft

Tabular

GG' = -0.873 ft
G'B_0 = -0.94054 ft
G'B_{90} = 0.613314 ft
G'M_0 = 9.763601 ft
G'M_{90} = 0.582526 ft
GM_0 = 8.890935 ft

b_1, b_2, b_3

b_1 = (9/8) x (G'B_{90} - G'B_0) - (1/32) x (G'M_0 - G'M_{90})
b_1 = 1.461182 ft
b_2 = (G'M_0 + G'M_{90}) / 8
b_2 = 1.293266 ft
b_3 = (3/32) x (G'M_0 - G'M_{90}) - (3/8) x (G'B_{90} - G'B_0)
b_3 = 0.278029 ft

Static righting arms

G'Z' = b_1 sin2ϕ + b_2 sin4ϕ + b_3 sin6ϕ
GZ = G'Z' + GG' sinϕ

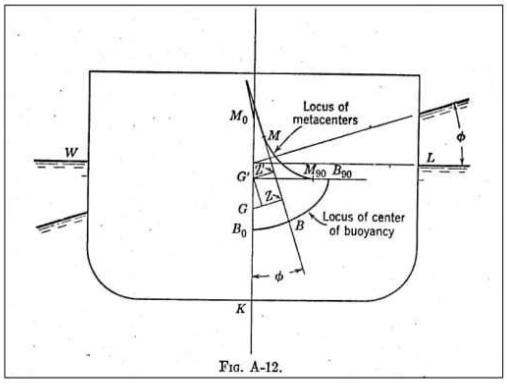


FIG. A-12.

have for the righting arms GZ

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi \qquad \text{(A101)}$$

Curve $G'Z'$ may be expressed by a Fourier sine series of the form

$$G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + \cdots b_n \sin 2n\phi \qquad \text{(A102)}$$

An analysis of the curves of statical stability of some fifteen ships of different types, computed in the conventional method, showed that the coefficients of the sine of 8ϕ and higher multiples of ϕ were of negligible magnitude, so that equation A102 becomes

$$G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi \qquad \text{(A103)}$$

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN EKONOMIS

Cost & Price Calculation

[Referensi : Practical Ship Design , David G. M. Watson]

Input Data :

W_{ST} = 142.74 ton

$W_{E\&O}$ = 35.14 ton

W_{ME} = 42.22 ton

Calculation:

Perhitungan Biaya (Cost)

• Structural Cost

C_{ST} = 3938.32

P_{ST} = $562,168.23

• Outfit Cost

$C_{E\&O}$ = 18330.28

$P_{E\&O}$ = $644,217.10

• Machinery Cost

C_{ME} = 19534.46

P_{ME} = $824,676.41

• Non Weight Cost

C_{NW} = 10% (ditentukan 10% untuk kapal dengan galangan besar)

P_{NW}=CNW*(PST+PE&O+PME)= $203,106.17

• Total Cost

Total Cost = $P_{ST}+P_{E\&O}+P_{ME}+P_{NW}$ $2,234,167.92

Perhitungan Harga (Price)

• Koreksi :

Profit = 5%*cost = $111,708.40

Inflasi = 2%*cost = $44,683.36

Government= -9%*cost= -$201,075.11

• Price= cost + profit + inflasi + government = $2,189,484.56 IDR 15,089.00

Rp 33,037,132,542.03

Cost & Price Calculation	
Perhitungan Biaya (Cost)	
• Structural Cost	
PST =	$562,168.23
• Outfit Cost	
PE&O =	$644,217.10
• Machinery Cost	
PME =	$824,676.41
• Non Weight Cost	
CNW =	10%
=	$203,106.17
• Total Cost	
Total cost =	PST+PE&O+PME+CNW
=	$2,234,167.92
Perhitungan Harga (Price)	
• Koreksi :	
Profit =	5% cost
=	$111,708.40
Inflasi =	2% cost
=	$44,683.36
Goverment =	-9% cost
• Price	
=	cost + profit + inflasi + government
=	$2,189,484.56
=	Rp 33,037,132,542.03

Bank Mandiri

Cash Loan

Kredit investasi adalah kredit jangka panjang yang diberikan kepada (calon) debitur untuk membiayai barang – barang modal dalam rangka rehabilitasi, modernisasi, perluasan atau pendirian proyek baru, misalnya untuk pembelian mesin- mesin, bangunan dan tanah untuk pabrik, yang pelunasannya dari hasil usaha dengan modal yang di biayai

Ketentuan

1. Mempunyai Feasibility Study
2. Mempunyai izin usaha misalnya SIUP, TDP, dll.
3. Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (Grace Period) maksimum 4 tahun.
4. Agunan utama adalah usaha yang dibiayai. Debitur menyerahkan agunan tambahan jika menurut penilaian Bank diperlukan
5. Maksimum pembiayaan bank 65% dan Self Financing (SF) 35%

Bunga :
Suku bunga kredit 13,5%

Pinjaman Bank

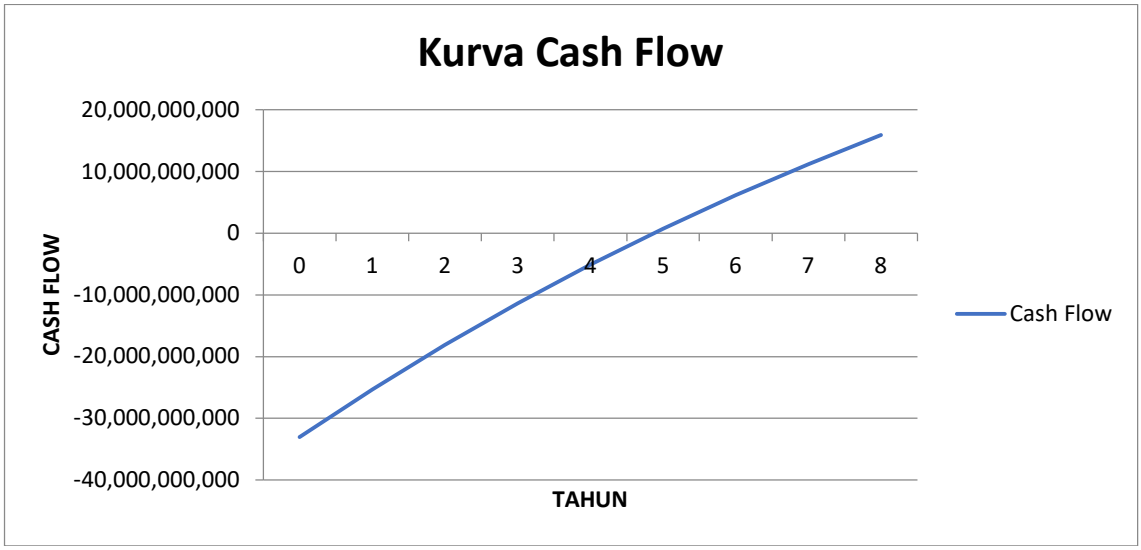
Biaya	Nilai	Unit
Building Cost	33,037,132,542	Rp
Pinjaman Bank	65%	
Pinjaman	2147413615232%	Rp
Bunga Bank	14%	per tahun
Nilai Bunga Bank	2,899,008,381	Rp
Masa Pinjaman	10	Tahun
Pembayan Cicilan	1	per tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	5,046,421,996	Rp tahun
Biaya Perawatan		
Diasumsikan 10% total building cost		
Biaya Perawatan	33,037,132,542	Rp pertahun
Asuransi		
Diasumsikan 2% total building cost		
Biaya Asuransi	660,742,651	Rp pertahun
Gaji Komplemen Kapal		
Jumlah Komplemen	20	orang
Biaya Komplemen	2,856,000,000	Rp pertahun
Lubrication		
Biaya Lube Oil	82,366,553	Rp pertahun
Fuel Oil		
Biaya Fuel Oil	2,280,198,762	Rp pertahun
Pengadaan PowerBank		
Harga PowerBank	3,960,000,000	Rp pertahun
Biaya Perawatan	396,000,000	Rp pertahun
Total biaya operasional	48,318,862,504	Rp pertahun

Biaya	Nilai	Unit
Harga PowerBank	1,600	Rp / kwh
Kebutuhan PowerBank	6400	kwh perminggu
	345600	kwh pertahun
	552,960,000	rupiah/tahun
Harga Charter Kapal	180,000,000	Rp perhari
	64,800,000,000	Rp pertahun
operasional cost	48,318,862,504	Rp pertahun
Total Pendapatan Kotor	17,034,097,496	Rp pertahun
biaya tak terduga 5%	0	Rp pertahun
pajak penghasilan 25%	0	Rp pertahun
keuntungan bersih	17,034,097,496	Rp pertahun
	1,419,508,125	Rp perbulan

			(dalam juta)	
Tahun ke- (n)	Net Cashflow (Rp)	Faktor Diskonto	Net Present Value (Rp)	Cash Flow
0	-33,037,132,542	1.000	-33,037,132,542	-33,037,132,542
1	8,320,369,496	0.931	7,748,528,120	-25,288,604,422
2	8,320,369,496	0.867	7,215,988,192	-18,072,616,230
3	8,320,369,496	0.808	6,720,048,605	-11,352,567,625
4	8,320,369,496	0.752	6,258,193,895	-5,094,373,730
5	8,320,369,496	0.700	5,828,081,482	733,707,752
6	8,320,369,496	0.652	5,427,529,784	6,161,237,536
7	8,320,369,496	0.607	5,054,507,156	11,215,744,692
8	8,320,369,496	0.566	4,707,121,583	15,922,866,275
9	8,320,369,496	0.527	4,383,611,085	20,306,477,360
10	8,320,369,496	0.491	4,082,334,778	24,388,812,138
11	8,320,369,496	0.457	3,801,764,554	28,190,576,693
12	8,320,369,496	0.426	3,540,477,327	31,731,054,020
13	8,320,369,496	0.396	3,297,147,818	35,028,201,839
14	8,320,369,496	0.369	3,070,541,831	38,098,743,670
15	8,320,369,496	0.344	2,859,509,994	40,958,253,664
16	8,320,369,496	0.320	2,662,981,927	43,621,235,591
17	8,320,369,496	0.298	2,479,960,819	46,101,196,410
18	8,320,369,496	0.278	2,309,518,364	48,410,714,774
19	8,320,369,496	0.258	2,150,790,058	50,561,504,831
20	8,320,369,496	0.241	2,002,970,812	52,564,475,643

Penilaian Investasi:		NPV	24,388,812,138
Metode NPV		IRR	22%
Layak			
Metode IRR			
Layak			

NPV	IRR	Payback Period	Status
Rp24,388,812,138	22%	4 Tahun	Layak


Kurva Cash Flow
20,000,000,000
10,000,000,000
0
-10,000,000,000
-20,000,000,000
-30,000,000,000
-40,000,000,000
CASH FLOW
0
1
2
3
4
5
6
7
8
TAHUN
Cash Flow

Bahan Bakar		
Fuel oil		
Kebutuhan bahan bakar	6	m3/round trip
harga bahan bakar	5,150,000	per/m3
harga bahan bakar	6,333,885	per hari
harga bahan bakar	190,016,564	per bulan
harga bahan bakar	2,280,198,762	per tahun
Biaya perawatan		
asumsi 10% total building cost		
maintenance cost	33,037,132,542	per tahun
maintenance cost	2,753,094,379	per bulan
Lubrication oil		
kebutuhan lube oil	0	m3/round trip
harga lube oil	5,150,000	per/m3
harga lube oil	228,796	per hari
harga lube oil	6,863,879	per bulan
harga lube oil	82,366,553	per tahun
Pengadaan PowerBank		
harga power bank	3,960,000,000	
maintenance power bank	396,000,000	
total outcome	39,993,697,858	

income		
Harga PowerBank	1,600	Rp/kwh
kebutuhan PowerBank	6400	kwh perminggu
	345,600	per tahun
	552,960,000	rupiah/tahun
harga charter kapal	180,000,000	perhari
	64,800,000,000	pertahun
total income	65,352,960,000	pertahun

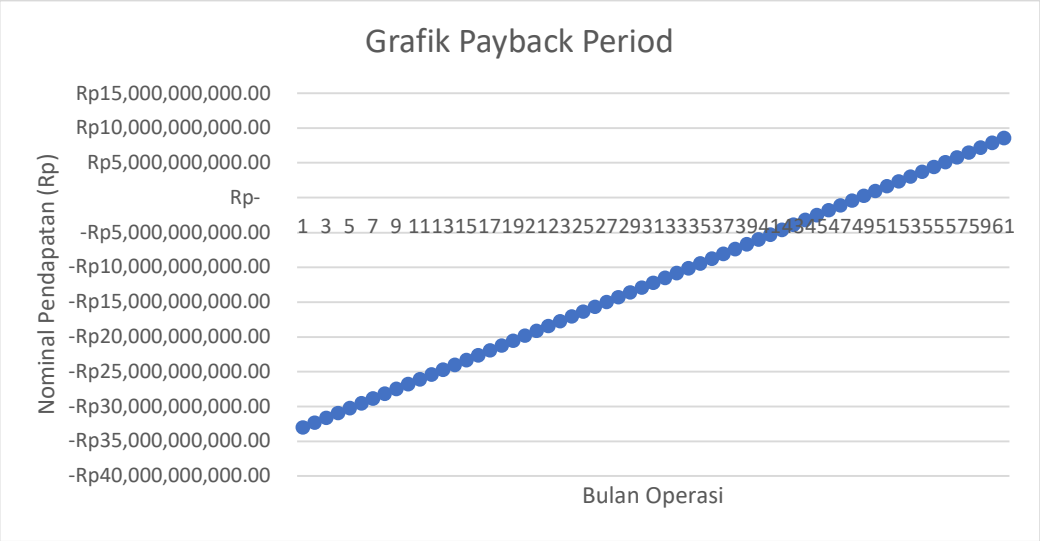
keuntungan bersih		
Building cost	33,037,132,542	
pinjaman dari bank	0.65	per tahun
pinjaman dari bank	21,474,136,152	
bunga bank	0.135	per tahun
nilai bunga bank	2,899,008,381	per tahun
masa pinjaman	10	tahun
pembayaran cicilan	1	per tahun
nilai cicilan pinjaman	5,046,421,996	per tahun

biaya perawatan		
maintenance cost	33,037,132,542	per tahun
asuransi		
asumsi 2% pertahun		
biaya asuransi	660,742,651	per tahun
gaji komplemen kapal		
jumlah komplemen	20	
gaji komplemen kapal	2,856,000,000	tahun
pasokan powerbank		
pasokan powerbank	3,960,000,000	per tahun
bahan bakar		
harga bahan bakar	2,280,198,762	per tahun
operasional cost	48,318,862,504	per tahun
	4,026,571,875	per bulan

biaya investasi	33,037,132,542
modal bank	21,474,136,152
bunga bank per bulan	420,535,166
keuntungan kotor	5,446,080,000
gaji	238,000,000
maintenance	2,753,094,379
biaya tak terduga 5%	272,304,000
pajak penghasilan 25%	453,840,000
keuntungan bersih	693,364,125

bulan ke	nominal
0	-33,037,132,542
1	-32,343,768,417
2	-31,650,404,293
3	-30,957,040,168
4	-30,263,676,043
5	-29,570,311,919
6	-28,876,947,794
7	-28,183,583,670
8	-27,490,219,545
9	-26,796,855,420
10	-26,103,491,296
11	-25,410,127,171
12	-24,716,763,046
13	-24,023,398,922
14	-23,330,034,797
15	-22,636,670,672
16	-21,943,306,548
17	-21,249,942,423
18	-20,556,578,298
19	-19,863,214,174
20	-19,169,850,049
21	-18,476,485,925
22	-17,783,121,800
23	-17,089,757,675

24	-16,396,393,551
25	-15,703,029,426
26	-15,009,665,301
27	-14,316,301,177
28	-13,622,937,052
29	-12,929,572,927
30	-12,236,208,803
31	-11,542,844,678
32	-10,849,480,553
33	-10,156,116,429
34	-9,462,752,304
35	-8,769,388,180
36	-8,076,024,055
37	-7,382,659,930
38	-6,689,295,806
39	-5,995,931,681
40	-5,302,567,556
41	-4,609,203,432
42	-3,915,839,307
43	-3,222,475,182
44	-2,529,111,058
45	-1,835,746,933
46	-1,142,382,808
47	-449,018,684
48	244,345,441
49	937,709,565
50	1,631,073,690
51	2,324,437,815
52	3,017,801,939
53	3,711,166,064
54	4,404,530,189
55	5,097,894,313
56	5,791,258,438
57	6,484,622,563
58	7,177,986,687
59	7,871,350,812
60	8,564,714,937
61	9,258,079,061
62	9,951,443,186
63	10,644,807,310
64	11,338,171,435
65	12,031,535,560
66	12,724,899,684
67	13,418,263,809
68	14,111,627,934
69	14,804,992,058
70	15,498,356,183
71	16,191,720,308
72	16,885,084,432
73	17,578,448,557
74	18,271,812,682
75	18,965,176,806
76	19,658,540,931
77	20,351,905,055
78	21,045,269,180
79	21,738,633,305
80	22,431,997,429
81	23,125,361,554


Grafik Payback Period
Rp15,000,000,000.00
Rp10,000,000,000.00
Rp5,000,000,000.00
Rp-
-Rp5,000,000,000.00
-Rp10,000,000,000.00
-Rp15,000,000,000.00
-Rp20,000,000,000.00
-Rp25,000,000,000.00
-Rp30,000,000,000.00
-Rp35,000,000,000.00
-Rp40,000,000,000.00
Nominal Pendapatan (Rp)
1 3 5 7 9 11
Bulan Operasi

LAMPIRAN C
KATALOG MESIN

6LY2M-WDT/WST

L-rating 243~277kW (330~376mhp)

Photograph show optional equipment.

- Direct injection, heat exchanger cooling
- Turbocharger + intercooler
- Light weight
- Confirm to IMO Tier II emissions regulations.

Specifications

Model		6LY2M-WDT	6LY2M-WST
Number of cylinders		6 in-line	
Bore × Stroke	mm	108 × 110	
Displacement	ft.	5.813	
Max output	kW/mhp/rpm *	259(352)/3200	294(400)/3200
	**	243(330)/3200	277(376)/3200
Rated output	kW/mhp/rpm **	221(300)/3101	252(343)/3101
Combution system		Direct injection	
Aspiration		Turbocharged with watercooled turbine housing	
Starting system		Electric starting motor 24V -4kW	
Cooling system		Heat exchanger	
Marine gear		Hydraulic	
Size of flywheel housing		SAE #3	
Dry mass (without marine gear)	kg	535	
Dimensions (L×W×H)	mm	1212 × 708 × 766	

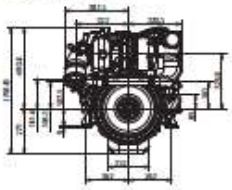
Marine gear specifications

Engine model : 6LY2M-WDT / WST	
Model	YX50SL-11
Type	Hydraulic multi-disc clutch , wet type
Reduction ratio (Wheel)	1.51 2.03 2.48 2.88
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counter-clock wise viewed from stern
Dry weight	kg	108

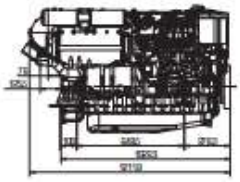
NOTE : 1kW=1.3596mhp
* Fuel temperature 25°C Fuel gravity 860g/liter (ISO 3046-1),
** Fuel temperature 40°C Fuel gravity 840g/liter (ISO 8665: 2006),
Technical data is according ISO 8665: 2006
IMO tier II is based on rated output.

Dimensions Unit:mm

Engine only / Front view

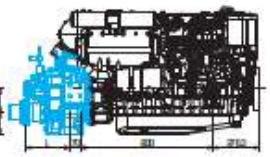


Engine only / Right side view



With gearbox / Rear view

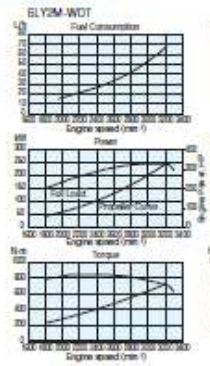
With gearbox / Right side view



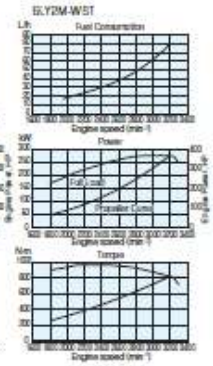
L	WDT	247.5
	WST	264

Performance curves

6LY2M-WDT



6LY2M-WST



The New YEG Series Know the Dependability and Economy of World Class Power Generation

Control panel YEG500DSHC
Control panel YEG500DTHC

Control panel YEG450DSLS
Control panel YEG450DTLS

Control panel YEG140

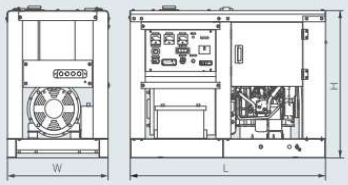
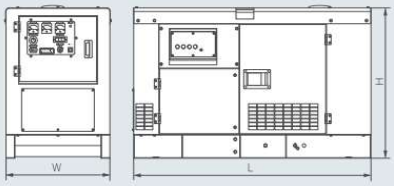
[4 pole series]

Out put of Single phase	Canopy type		—	YEG170DSLC		YEG230DSLC		YEG450DSLC		—		—	
	Silent type			YEG170DSLS		YEG230DSLS		YEG450DSLS		YEG650DSLS		YEG750DSLS	
	Frequency			50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz
	Output	Stand by power rating	kVA	10,8	13,0	14,4	17,3	28,2	33,5	38,6	45,5	45,7	54,3
			kW	10.8	13.0	14.4	17.3	28.2	33.5	38.6	45.5	45.7	54.3
		Prime power rating	kVA	9.8	11.8	13.1	15.7	25.2	29.8	35.1	41.3	41.5	49.3
			kW	9.8	11.8	13.1	15.7	25.2	29.8	35.1	41.3	41.5	49.3
	Voltage	2wire (3wire)	V	220,230,240 (110/220,115/230,120/240)									
	Power factor			1.0									
Out put of 3 phase	Canopy type		—	YEG170DTLC		YEG230DTLC		YEG450DTLC		—		—	
	Silent type			YEG170DTLS		YEG230DTLS		YEG450DTLS		YEG650DTLS		YEG750DTLS	
	Output	Stand by power rating	kVA	13.8	16.7	18.7	22.7	37.4	44.4	54.1	64.1	62.0	74.0
			kW	11.1	13.4	14.9	18.1	29.9	35.5	43.3	51.3	49.6	59.2
		Prime power rating	kVA	12.6	15.2	17.0	20.6	33.4	39.6	49.2	58.3	56.2	67.2
			kW	10.1	12.1	13.6	16.5	26.7	31.7	39.3	46.6	45.0	53.8
	Voltage	3 phase	V	380	380/220	380	380/220	380	380/220	380	380/220	380	
		Single phase		220	220/127	220	220/127	220	220/127	220	220/127	220	
	Power factor		—	0.8									
	Revolutions		min-1(rpm)	1500	1800	1500	1800	1500	1800	1500	1800	1500	1800
Engine	Engine model	Canopy type	—	3TNV88-GGB1C		4TNV88-GGB1C		4TNV98-GGB1C		—		—	
		Silent type		3TNV88-GGB1B		4TNV88-GGB1B		4TNV98-GGB1B		4TNV106-GGB1B		4TNV106T-GGB1	
	Fuel consumption*1)	100% load	lit./hr	3.3	4.1	4.3	5.3	7.9	9.7	11.4	14.0	12.4	16.0
		75% load		2,5	3,1	3,2	4,0	5,9	7,3	8,6	10,5	9,3	12,0
Genset	Noise level*2) (100% load,7m)	Canopy type	dB (A)	73	74	74	76	78	82	—		—	
		Silenttype		57	61	58	63	62	65	68	69	65	67
	Dry mass*3)	Canopy type	kg	445		515		715		—		—	
		Silent type		575		635		890		1210		1230	

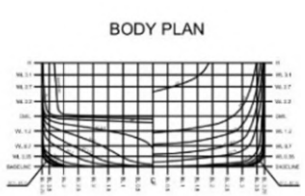
*1) There is a possibility of the maximum+5% for the fuel consumption. *2) There is a possibility of the maximum+3dB (A) for the noise level. *3) There is a possibility of the maximum+5% for the dry mass.

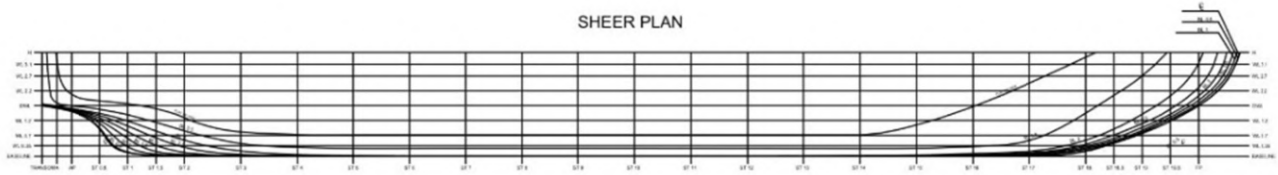
DIMENSIONS

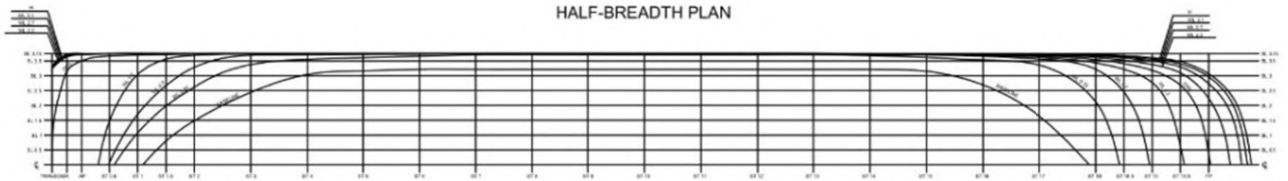
Unit=mm

	Canopy type					Silent type					
Outline											
2 pole, Single phase	YEG150DSHC	YEG200DSHC	YEG300DSHC	YEG400DSHC	YEG500DSHC	YEG140DSHS	YEG150DSHS	YEG200DSHS	YEG300DSHS	YEG400DSHS	YEG500DSHS
2 pole, 3 phase	YEG150DTHC	YEG200DTHC	YEG300DTHC	YEG400DTHC	YEG500DTHC	YEG140DTHS	YEG150DTHS	YEG200DTHS	YEG300DTHS	YEG400DTHS	YEG500DTHS
L	1200		1300	1480		1300	1400		1600	1830	
W	610		670	670		640	660		700	700	
H	850		920	920		690	900		950	950	
4 pole, Single phase	—	—	YEG170DSLC	YEG230DSLC	YEG450DSLC	—	YEG170DSLS	YEG230DSLS	YEG450DSLS	YEG650DSLS	YEG750DSLS
4 pole, 3 phase			YEG170DTLC	YEG230DTLC	YEG450DTLC		YEG170DTLS	YEG230DTLS	YEG450DTLS	YEG650DTLS	YEG750DTLS
L			1300	1480	1600		1600	1830	2050	2300	
W			670	670	750		700		750	900	
H			920	920	1000		950		1050	1250	

LAMPIRAN D
LINES PLAN





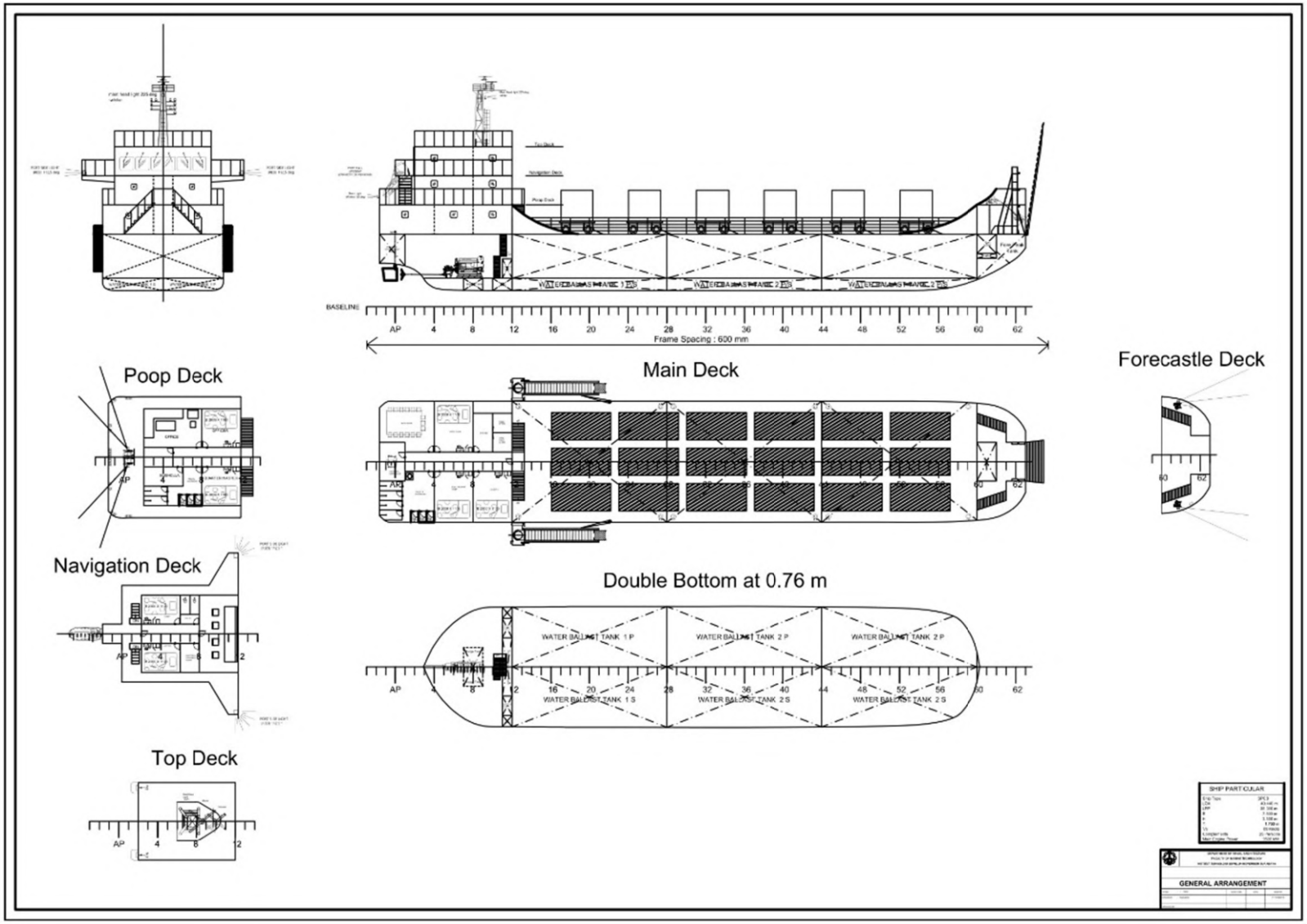


SHIP PARTICULAR	
Ship Type	SPCB
LOA	40.440 m
LPP	38.080 m
B	7.500 m
H	3.500 m
T	1.750 m
Vs	09 Knots
Complement/s	25 Persons
Main Engine Power	3569 kW

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

LINES PLAN

LAMPIRAN E
GENERAL ARRANGEMENT


Poop Deck
Navigation Deck
Top Deck
Main Deck
Forecastle Deck
Double Bottom at 0.76 m
WATER BALLAST TANK 1 P
WATER BALLAST TANK 2 P
WATER BALLAST TANK 2 P
WATER BALLAST TANK 1 S
WATER BALLAST TANK 2 S
WATER BALLAST TANK 2 S
BASELINE
AP
Frame Spacing : 600 mm
SHIP PART CULAR
GENERAL ARRANGEMENT

LAMPIRAN F
MODEL 3D

BIODATA PENULIS

Nasrullah, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Surabaya pada 20 April 1997 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Eka Sapta, kemudian melanjutkan ke SDN Simokerto III, SMPN 37 Surabaya dan SMAN 4 Surabaya. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen KASTRAT HIMATEKPAL FTK ITS 2017/2018.

Email: nasrullah.srull@gmail.com