



TUGAS AKHIR - MN 141581

DESAIN *BARGE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA KONVERSI PANAS AIR LAUT UNTUK WILAYAH KEPULAUAN TALAUD, SULAWESI UTARA

Lendy Hari Saputro
N.R.P. 4112 100 109

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

Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN POWER PLANT BARGE HEAT CONVERSION OF
SEAWATER FOR TALAUD ISLAND, NORTH SULAWESI**

Lendy Hari Saputro
N.R.P. 4112 100 109

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

Departemen of Naval Architecture & Shipbuilding Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *BARGE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA KONVERSI PANAS AIR LAUT UNTUK WILAYAH KEPULAUAN TALAUD, SULAWESI UTARA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Lendy Hari Saputro
NRP. 4112 100 109

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing,



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

NIP. 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 16 JUNI 2016

LEMBAR REVISI

DESAIN *BARGE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA KONVERSI PANAS AIR LAUT UNTUK WILAYAH KEPULAUAN TALAUD, SULAWESI UTARA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir
Tanggal 22 Juni 2016

Bidang Studi Desain
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Lendy Hari Saputro
N.R.P. 4112 100 109

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

Ir. Asjhar Imron, M.Sc., MSE., PED

Dr. Ir. I Ketut Suastika

Hasanudin, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



SURABAYA, 28 JUNI 2016

DESAIN BARGE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA KONVERSI PANAS AIR LAUT UNTUK KEPULAUAN TALAUD, SULAWESI UTARA

Nama : Lendy Hari Saputro
NRP : 4112 100 109
Jurusan : Teknik Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara, merupakan salah satu kepulauan terluar di Indonesia yang masih mengalami krisis listrik berkelanjutan. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu diterapkan sumber pembangkit listrik yang berasal dari sumber energi lokal terbarukan, Kepulauan Talaud merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi panas air laut di Indonesia, dianggap sebagai lokasi yang tepat untuk penerapan OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion). Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan desain konseptual dari Barge pembangkit listrik sebagai sarana prasarana pemenuhan kebutuhan daya listrik di daerah Kepulauan Talaud Sulawesi Utara. Berdasarkan informasi dari defisit energi listrik yang terjadi di Kepulauan Talaud maka ditetapkan output daya listrik dari kapal yang didesain yaitu sebesar 5 MW untuk memenuhi defisit kebutuhan listrik di Kepulauan Talaud. Langkah selanjutnya yang dapat dilakukan setelah mendapat beberapa informasi dan data yang dibutuhkan berupa komponen dari sistem pembangkit Power Plant Barge OTEC yaitu mencari ukuran utama kapal dengan metode Parent Ship Design dengan parameter utama output daya listrik. Setelah itu dilanjutkan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, trim, freeboard, dan stabilitas. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L = 85$ m; $B = 22$ m; $H = 8$ m; $T = 4,5$ m. Dari data yang telah didapat kemudian dibuat Lines Plan dan General Arrangement sesuai Owners Requirement.

Kata kunci: Power Plant Barge, Ocean Thermal Energy, Kepulauan Talaud

DESIGN POWER PLANT BARGE CONVERSION OCEAN THERMAL ENERGY FOR TALAUD ARCHIPELAGO, NORTH SULAWESI

Name : Lendy Hari Saputro
NRP : 4112 100 109
Departement : Naval Architecture and Ship Building
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Talaud Island, North Sulawesi, is one of the outermost islands of Indonesia, which is still experiencing electric power crisis. To resolve the problem need to be applied the use of source of electricity generator coming from renewable local energy, Talaud Island is one of the area that has the potential of ocean thermal energy in Indonesia, is considered as appropriate locations for implementation of OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion). The purpose of this final project is to get the conceptual design of power plant Barge as a means of meeting the needs of electrical power infrastructure to the area Talaud Island North Sulawesi. Based on information obtained output power requirements of power plant barge designed by 5 MW to fulfill the deficit of the electricity demand in the Talaud island. The next step after receiving some information and data, the required data in the form of information form system components Power Plant Barge OTEC is look for the main dimension of vessel with a Parent Ship Design method, with the main parameters of the electric power output. After the calculation of the technical form of heavy calculations, trim, freeboard, and stability. The main dimension obtained is $L_{pp} = 85\text{ m}$; $B = 22\text{ m}$; $H = 8\text{ m}$; $T = 4.5\text{ m}$. The Lines Plan and General Arrangement has been created and design as provisions of Owner Requirements.

Keywords: Power Plant Barge, Ocean Thermal Energy, Talaud Archipelago.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Gambaran Umum.....	1
1.2 Latar Belakang.....	1
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Tujuan	4
1.6 Manfaat	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Pendahuluan.....	7
2.2 Listrik.....	7
2.2.1 Pengertian Listrik.....	7
2.2.2 Arus Listrik.....	7
2.3 Pembangkit Listrik.....	8
2.3.1 Proses Pembangkitan Listrik	8
2.3.2 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Air Laut.....	9
2.3.3 Generator	11
2.3.4 Mesin Penggerak Generator	12
2.4 Panas Air Laut (<i>Ocean Thermal</i>).....	13
2.5 Tongkang (<i>Barge</i>).....	15
2.5.1 Jenis-Jenis <i>Barge</i> Menurut ABS (ABS,2009)	15

2.5.2	Karakteristik <i>Barge</i> di Perairan Dalam	16
2.5.3	Stabilitas <i>Barge</i>	16
2.6	Floating Power Plant	16
2.6.1	<i>Power Barge</i>	16
2.6.2	Perbandingan Antara Dibangun di Darat dan di Laut	17
2.7	Tinjauan Daerah	18
2.7.1	Kabupaten Kepulauan Talaud	18
2.7.2	Kondisi Kelistrikan	20
2.7.3	Kondisi Perairan	21
2.8	Teori Desain	22
2.9	Tujuan Desain.....	23
2.10	Tahapan Desain	23
2.10.1	Concept Design	23
2.10.2	Preliminary Design.....	24
2.10.3	Contract Design.....	25
2.10.4	Detail Design.....	25
2.11	Metode Desain Kapal	26
2.11.1	Parent Design Approach.....	26
2.11.2	Trend Curve Approach.....	26
2.11.3	Iteratif Design Approach	26
2.11.4	Parametric Design Approach	27
2.11.5	Optimation Design Approach.....	27
2.12	Tinjauan Teknis Desain Kapal	27
2.12.1	Penjelasan Ukuran Utama Dasar	27
2.12.2	Perhitungan Berat Baja Kapal	28
2.12.3	Perhitungan Trim dan Stabilitas	29
2.12.4	Perhitungan <i>Freeboard</i>	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Pendahuluan	33
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	33
3.3	Langkah Pengerjaan	33
3.3.1	Pengumpulan Data	33
3.3.2	Analisa Data dan Penentuan Parameter Desain	35

3.3.3	Pembuatan Layout Awal.....	35
3.3.4	Perhitungan Teknis	35
3.3.5	Pembuatan Desain Rencana Garis dan Rencana Umum	36
BAB IV	DESAIN <i>POWER PLANT BARGE OTEC</i>	37
4.1	Pendahuluan.....	37
4.2	<i>Owners Requirement</i>	37
4.3	Spesifikasi Sistem Pembangkit.....	39
4.4	Penentuan Daerah Operasional <i>Power Plant Barge OTEC</i>	43
4.5	Penentuan Ukuran Utama Awal	47
4.6	Perhitungan Teknis	49
4.6.1	Perhitungan Koefisien	49
4.6.2	Perhitungan <i>Displacement</i> dan <i>Volume Displacement</i>	50
4.6.3	Perhitungan Berat Kapal.....	51
4.6.4	Perhitungan Freeboard.....	57
4.6.5	Perhitungan Trim	58
4.6.6	Perhitungan Stabilitas	59
4.7	Perhitungan Listrik Kebutuhan <i>Power Plant Barge OTEC</i>	60
4.8	<i>Crew</i> dan Operasional <i>Power Plant Barge OTEC</i>	62
4.9	Sistem Penambatan (<i>Mooring</i>)	63
4.10	Pembuatan <i>Lines Plan</i>	64
4.10.1	Rencana Garis.....	65
4.11	Pembuatan General Arrangement.....	69
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
5.1	Pendahuluan.....	73
5.2	Kesimpulan	73
5.3	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	77

- 1) Perhitungan Teknis *Power Plant Barge OTEC*
- 2) Rencana Garis dan Rencana Umum

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta Lokasi Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara.....	3
Gambar 2. 1	Susunan Peralatan PLTPL.....	10
Gambar 2. 2	Siklus Tertutup.....	12
Gambar 2. 3	Siklus Terbuka.....	13
Gambar 2. 4	Peta Penyebaran Energi Panas Air Laut.....	14
Gambar 2. 5	Konstruksi <i>Barge</i>	15
Gambar 2. 6	Contoh Desain Floating Power Plant.....	17
Gambar 2. 7	Peta Kabupaten Kepulauan Talaud.....	19
Gambar 2. 8	Peta Batimetri Perairan Talaud.....	22
Gambar 2. 9	Diagram Desain Spiral.....	24
Gambar 3. 1	<i>Flow Chart</i> Pengerjaan.....	34
Gambar 4. 1	Gambar Penampang Turbin.....	39
Gambar 4. 2	Spesifikasi Turbin.....	40
Gambar 4. 3	Lokasi penempatan <i>Power Plant Barge</i> OTEC.....	44
Gambar 4. 4	Batimetri lokasi penempatan <i>Power Plant Barge</i> OTEC.....	46
Gambar 4. 5	<i>Parent Ship</i>	47
Gambar 4. 6	Layout Awal <i>Barge</i>	49
Gambar 4. 7	Hasil perhitungan Stabilitas.....	60
Gambar 4. 8	Data Kebutuhan Listrik untuk <i>lighting</i>	61
Gambar 4. 9	Data Kebutuhan Listrik untuk <i>power</i>	61
Gambar 4. 10	Penambatan Kapal.....	63
Gambar 4. 11	Penambatan Kapal.....	64
Gambar 4. 12	Model dan Rencana Garis <i>Barge</i> Tampilan Maxsurf <i>Educational Version</i>	65
Gambar 4. 13	Tab Size Surface.....	66
Gambar 4. 14	Pengaturan Jumlah Section, Buttock dan Waterlaine.....	66
Gambar 4. 15	Pengaturan Sarat dari Model dalam Maxsurf <i>Educational Version</i>	67
Gambar 4. 16	Perhitungan Hidrostatik Maxsurf <i>Educational Version</i>	68
Gambar 4. 17	Nilai Hidrostatik <i>Barge</i> pada Maxsurf <i>Educational Version</i>	68
Gambar 4. 18	Desain Rencana Garis.....	69
Gambar 4. 19	<i>General Arrangement</i>	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Pelanggan Listrik Kepulauan Talaud	20
Tabel 2. 2 Kebutuhan Listrik Kepulauan Talaud.....	21
Tabel 4. 1 Kebutuhan Listrik Kepulauan Talaud.....	38
Tabel 4. 2 Spesifikasi Teknis Sistem Pembangkit	42
Tabel 4. 3 Potensi Energi Panas Laut Indonesia.....	43
Tabel 4. 4 Data Teknis 5 MW <i>Parent Ship</i>	47
Tabel 4. 5 Berat DWT.....	56
Tabel 4. 6 Berat LWT	56
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan Stabilitas	60
Tabel 4. 8 Data Kebutuhan Listrik untuk <i>lighting</i>	61
Tabel 4. 9 Data Kebutuhan Listrik untuk <i>power</i>	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Gambaran Umum

Pada Bab 1 ini berisikan tentang latar belakang adanya suatu permasalahan yang dijadikan sebagai topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir di mana bab ini juga berisikan rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, manfaat, serta sistematika dalam penulisan Tugas Akhir. Pembahasan permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini terdapat pada sub bab rumusan masalah. Dari permasalahan tersebut diperlukannya ruang lingkup atau batasan masalah agar tidak menyimpang jauh dari pembahasan yang sudah ditentukan, yang diatur dalam sub bab batasan masalah. Kemudian untuk sub bab maksud dan tujuan, serta manfaat membahas untuk apa Tugas Akhir ini dibuat dan manfaat apa saja yang diperoleh dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Serta dalam sub bab sistematika penulisan berisi bagaimana format penulisan Tugas Akhir ini.

1.2 Latar Belakang

Salah satu faktor yang dapat digunakan untuk mengukur stabilitas sektor energi suatu negara adalah tingginya nilai dari rasio elektrifikasi di wilayah atau negara tersebut. Dibandingkan dengan negara negara ASEAN lainnya, Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki nilai rasio elektrifikasi yang rendah. Rendahnya nilai elektrifikasi di Indonesia umumnya diakibatkan adanya beberapa daerah di Indonesia yang sulit dijangkau untuk pengembangan sector energi listrik, selain itu krisis bahan bakar fosil juga turut mempersulit pengembangan sector energi listrik di beberapa daerah di Indonesia yang sulit untuk dijangkau.

Oleh karena itu solusi dari kedua masalah yang saling berkaitan tersebut harus ditemukan untuk menciptakan ketersediaan energi listrik bagi daerah daerah yang masih mengalami keterbatasan dalam sektor energi listrik, ketergantungan dari bahan bakar fosil yang semakin krisis perlu dialihkan, dan mencari energi alternative lain yang terbarukan, ramah lingkungan, dan memanfaatkan ketersediaan sumber daya lokal.

Salah satu masalah yang utama yang dihadapi oleh kepulauan kecil adalah masalah listrik. Kondisi kelistrikan di Indonesia secara keseluruhan masih kurang. Bahkan untuk

wilayah Indonesia bagian Tengah dan Timur, pasokan listrik masih jauh dari harapan. Pembangunan infrastruktur khususnya untuk pembangkit listrik harus segera diperbanyak, sehingga pasokan listrik tercukupi. Minimnya pasokan listrik di dalam negeri menjadi penyebab industri terhambat. Karena itu, pasokan listrik sangat penting untuk meningkatkan daya saing Indonesia. “Listrik itu penting, baik untuk pelabuhan baik di darat, udara, laut, industri metal semua ini penting. Paling penting itu listrik karena tanpa energi dan listrik ini kita tidak bisa menciptakan industri,” kata Mendag Muhammad Lutfi usai acara “East Asia Policy Dialogue: Indonesia in Trade Agreements” di Kempinski Hotel, Jakarta, Jumat (12/9).

Kepulauan Talaud di Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah terluar Indonesia, dimana wilayahnya 95% merupakan daerah perairan laut dengan tingkat elektrifikasi yang masih rendah. Dikutip dari berita Pilar Sulut, Hingga kini persoalan listrik di Kabupaten Talaud masih menjadi masalah yang serius dan terus mengecewakan masyarakat di daerah itu. Seperti di Kota Melonguane sebagai ibu kota Kabupaten saja, hampir setiap hari mengalami pemadaman. Dan bagi warga sendiri persoalan listrik itu sudah menjadi persoalan utama yang terus digumuli masyarakat. Bahkan tak hanya di Kota Melonguane, tapi juga terjadi di beberapa wilayah. Di antaranya, kecamatan Gemeh, Nanusa, Essang dan Lirung atau boleh dikatakan hampir seluruh wilayah kepulauan itu mengalami krisis listrik. Terkait masalah ini, Joutje Adam, Ketua Lembaga Pemantau Penyelenggara Pembangunan (LP3) NKRI kabupaten Talaud, meminta kepada pemerintah setempat terlebih kepada pihak PT PLN Suluttenggo, agar secara serius untuk membenahi dan memperbaiki listrik di Talaud. Alasannya, persoalan listrik di Talaud ini, sudah berlangsung cukup lama dari tahun ke tahun sehingga warga sudah kecewa dengan manajemen PLN di wilayah ini. “PT PLN harus memberikan pelayanan penerangan yang sama seperti di daerahdaerah lainnya dan kami menilai pihak PLN mendiskreditkan masyarakat di wilayah kepulauan, sehingga terkesan terus mengabaikan kebutuhan warga tersebut,” tandas Adam.

Kepulauan Talaud memiliki sumber daya alam lokal yang dapat diberdayakan sebagai sumber energi penunjang pembangkit listrik. Kepulauan Talaud memiliki sumber daya panas air laut (Ocean Thermal) yang potensial karena perbedaan suhu air laut per kedalaman 1000 meter pengurangannya adalah 23°C. Dengan pemanfaatan sumber daya lokal berupa Ocean Thermal energi yang dapat diberdayakan sebagai penghasil energi listrik, diharapkan kedepannya dapat mengurangi krisis energi listrik di Kepulauan Talaud serta turut meningkatkan nilai rasio elektrifikasi Indonesia pada umumnya.

Berdasarkan dari potensi sumber daya alam Kepulauan Talaud yang memungkinkan dimanfaatkan sebagai salah satu energi terbarukan dan ramah lingkungan maka dibutuhkan sarana dan prasarana penunjang berupa “*Barge Pembangkit Listrik OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)*” agar sumber daya lokal tersebut dapat diproses menjadi energi listrik yang dapat dinikmati oleh penduduk Kepulauan Talaud. *Power Plant Barge OTEC* memanfaatkan sumber energi lokal sebagai penunjang untuk menghasilkan energi listrik.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara
(Sumber : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/.../Kepulauan_Talaud.png)

Floating Power Plant atau pembangkit listrik terapung adalah salah satu solusi yang bisa dipakai untuk mengatasi masalah di atas, karena dalam pembangunannya tidak harus melihat keadaan tanah dan daerah sekitar. Selain itu pembangkit listrik terapung ini bisa berpindah-pindah tempat, jadi bisa sangat berguna untuk daerah yang kekurangan listrik dan sulit untuk dibangun pembangkit listrik biasa. *Floating Power Plant* ini bisa berbentuk *Barge* atau yang biasa disebut dengan *Power Barge* dan dalam bentuk kapal atau *Power Ship*.

Dalam penelitian ini dibahas tentang desain kapal pembangkit listrik bertenaga konversi panas air laut yang akan digunakan sebagai unit pembantu untuk wilayah Kepulauan Talaud Sulawesi Utara, untuk mengatasi kekurangan listrik di daerah tersebut.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut :

- Daerah mana saja yang masih mengalami krisis listrik di Kepulauan Talaud ?
- Bagaimana desain *Power Plant Barge* OTEC yang ideal untuk daerah Kepulauan Talaud ?

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah :

- Pembuatan dan perhitungan Rencana Garis kapal menggunakan *software Maxsurf Educational Version, Microsoft Excel* dan *CAD*.
- Hasil pengerjaan dari Tugas Akhir ini adalah desain Rencana Garis dan Rencana Umum.
- Perhitungan konstruksi diabaikan.
- Tidak dilakukan analisa ekonomi mengenai operasional *Power Plant Barge*.

1.5 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui daerah yang masih belum teraliri atau kekurangan listrik.
- 2) Desain *Barge* pembangkit listrik tenaga konversi panas air laut sebagai unit pembantu penghasil listrik untuk wilayah Kepulauan Talaud.
- 3) Mendapatkan ukuran utama *barge* (L, B, H, T).
- 4) Mendapatkan desain *Lines Plan* (Rencana Garis)
- 5) Mendapatkan desain *General Arrangement* (Rencana Umum)

1.6 Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut :

- a. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah pendidikan di Indonesia.
- b. Secara praktek, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini adalah untuk menyediakan solusi unit pembantu pembangkit listrik di wilayah Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

ABSTRACT

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah serta batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini, manfaat yang diperoleh, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian Tugas Akhir. dasar-dasar teori, informasi daerah pelayaran serta persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir tercantum dalam bab ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan metodologi dalam menyelesaikan permasalahan secara berurutan dimulai dari tahap pengumpulan data dan studi literature, hingga pengolahan data untuk analisis lebih lanjut yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan guna menjawab perumusan masalah yang sudah ditentukan.

BAB IV. DESAIN *POWER PLANT BARGE* OTEC

Bab ini merupakan inti dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini akan dibahas mengenai proses desain yang dilakukan guna mendapatkan ukuran utama *barge* yang sesuai

serta memenuhi persyaratan. Kemudian dilanjutkan dengan tahap perencanaan desain rencana garis dan rencana umum *barge* sesuai dengan ukuran utama tersebut dan peraturan-peraturan yang berlaku

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari proses penelitian yang dilakukan serta memberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Pada Bab 2 ini menjelaskan secara detail dasar teori termasuk pengetahuan mengenai pembangkit listrik, *power barge*, serta rumus pendekatan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dan. Dalam bab ini juga terdapat konsep-konsep serta peraturan-peraturan yang digunakan guna mendukung dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

2.2 Listrik

2.2.1 Pengertian Listrik

Listrik menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah daya atau kekuatan yang ditimbulkan oleh adanya gesekan atau melalui proses kimia, dapat digunakan untuk menghasilkan panas atau cahaya, atau untuk menjalankan mesin. Listrik dihasilkan dari sumber listrik melalui proses pembangkitan listrik. Listrik memberi kenaikan terhadap empat gaya dasar alami, dan sifatnya yang tetap dalam benda yang dapat diukur. Dalam kasus ini, frasa "jumlah listrik" digunakan juga dengan frasa "muatan listrik" dan juga "jumlah muatan".

Ada dua jenis muatan listrik: positif dan negatif. Melalui eksperimen, muatan-sejenis saling menolak dan muatan-lawan jenis saling menarik satu sama lain. Besarnya gaya menarik dan menolak ini ditetapkan oleh hukum Coulomb. Beberapa efek dari listrik didiskusikan dalam fenomena listrik dan elektromagnetik. Jenis listrik dibedakan menjadi dua yaitu listrik statis dan listrik dinamis. Listrik statis adalah energi yang dikandung oleh benda yang bermuatan listrik, muatan listrik benda tersebut dapat positif maupun negatif. Sedangkan, listrik dinamis adalah listrik yang bisa bergerak, jenis listrik inilah yang dipakai untuk menggerakkan mesin yang menggunakan energi listrik.

2.2.2 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau Ampere. Contoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisar dari yang sangat lemah dalam satuan mikro Ampere seperti di

dalam jaringan tubuh hingga arus yang sangat kuat 1-200 kilo Ampere (kA) seperti yang terjadi pada petir.

Dalam kebanyakan sirkuit arus searah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada voltase dan resistansi sesuai dengan hukum Ohm. Arus listrik merupakan satu dari tujuh satuan pokok dalam satuan internasional. Satuan internasional untuk arus listrik adalah Ampere (A). Secara formal satuan Ampere didefinisikan sebagai arus konstan yang, bila dipertahankan, akan menghasilkan gaya sebesar 2×10^{-7} Newton/meter di antara dua penghantar lurus sejajar, dengan luas penampang yang dapat diabaikan, berjarak 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa udara.

Arus listrik bisa dibedakan menjadi dua jenis yaitu AC dan DC. Arus AC (*Alternating Current*), adalah listrik yang besar dan arahnya berubah-ubah dan bolak-balik. Sebagai contoh arus listrik AC adalah listrik dari PLN. Kemudian arus DC (*Direct Current*), yaitu arus listrik searah dan tidak bolak-balik. Jenis arus listrik ini kebanyakan digunakan pada peralatan seperti komputer, TV, radio dll. Arus listrik DC memiliki kutub positif dan negatif, dan arus listrik ini bisa disimpan dalam bentuk baterai.

2.3 Pembangkit Listrik

2.3.1 Proses Pembangkitan Listrik

Menurut (Marsudi,2005) proses pembangkitan listrik adalah mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh mesin penggerak generator menjadi energi listrik oleh generator sinkron. Di mana mesin penggerak generator ini bisa berupa mesin thermal, yaitu mesin yang mendapat energi dari proses pembakaran bahan bakar seperti mesin diesel atau turbin air/angin, yang di mana energi didapat dari energi alam seperti aliran air atau angin untuk memutar turbin.

Dari dua bagian besar ini (*thermal* dan *non-thermal*) dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu :

A. Pembangkit Listrik *Thermal* :

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).
- 2) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).
- 3) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ; Batu bara, gas alam dan minyak.
- 4) Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).

- 5) Pembangkit Listrik Tenaga Panas Air Laut (PLTPL).
- 6) Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

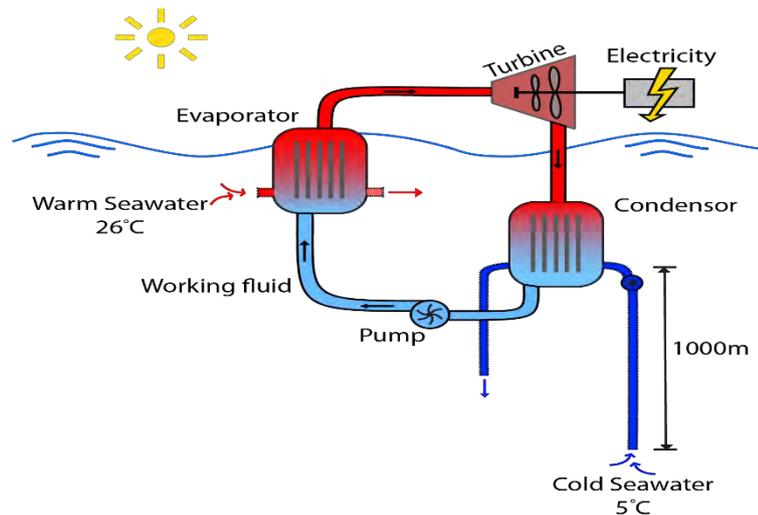
B. Pembangkit Listrik *Non Thermal* :

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
- 2) Pembangkit Listrik Tenaga Angin.(PLTAngin)
- 3) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.3.2 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Air Laut

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Air Laut (PLTPL) merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan konversi energi panas lautan yang dipadukan dengan media fluida didih sebagai penggerak generatornya. Turbin pada jenis pembangkit listrik ini dirancang dan dibuat dengan prinsip kerja yang sederhana di mana energi panas yang dihasilkan dari proses penguapan fluida didih diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik atau energi lainnya sesuai dengan kebutuhannya.

Proses dihasilkannya listrik oleh PLTPL bisa dilihat pada Gambar 2.1 di bawah. Prosesnya adalah pertama air laut dengan suhu tinggi ditarik masuk ke dalam evaporator setelah sebelumnya air laut disaring untuk memastikan tidak ada kotoran yang masuk, kemudian air dengan suhu tinggi tersebut terkumpul di dalam evaporator, yang kemudian menguapkan fluida kerja (Amonia) secara kapiler, yang selanjutnya fluida kerja yang telah menguap tersebut bertugas menggerakkan turbine, yang dapat menghasilkan listrik, selanjutnya fluida kerja yang masih berbentuk uap yang telah melewati turbin didinginkan kembali agar kembali ke keadaan fluida untuk kembali dipanaskan dan kembali menggerakkan turbine pembangkit listrik.



Gambar 2. 1 Susunan Peralatan PLTPL

(Sumber : Najamudin, Harun.2011.Bahan Ajar Perancangn Pembangkitan Listrik)

Dari energi panas yang dihasilkan inilah kemudian akan dimanfaatkan untuk memutar turbin di mana didalam sudu-sudu gerak dan sudu-sudu diam turbin, gas panas tersebut temperature dan tekanan mengalami penurunan dan proses ini biasa disebut dengan proses ekspansi. Selanjutnya energi mekanis yang dihasilkan oleh turbin digunakan untuk memutar generator hingga menghasilkan energi listrik.

Pembangkit listrik Tenaga Panas Air Laut terdiri atas beberapa bagian-bagian penting yang harus ada. Adapun bagian-bagian dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Air Laut adalah sebagai berikut :

- a) Evaporator
Merupakan alat yang bertugas untuk membantu fluida kerja menguap
- b) Condensor
Berfungsi sebagai alat penukar kalor, menurunkan temperatur refrigeran, dan mengubah wujud refrigeran dari bentuk gas menjadi cair.
- c) Pompa
Merupakan alat bantu penyaluran fluida untuk digunakan
- d) Turbin
Berfungsi mengubah tenaga dari uap fluida kerja menjadi energi mekanik.
- e) Generator
Generator listrik adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanis.

f) Transformator

Berfungsi untuk mentransmisikan dan mengubah energi dari ukuran satu ke ukuran yang lain.

g) Jalur Transmisi

Berfungsi untuk mengalirkan energi listrik dari PLTPL menuju konsumen listrik yaitu rumah-rumah dan pusat industri.

h) Exhaust

Merupakan saluran pembuangan udara-udara sisa yang tidak terpakai lagi setelah digunakan untuk memutar turbin.

2.3.3 Generator

Generator adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokot maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik yang lain.

Generator AC berfungsi untuk merubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator ini sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (alternating current), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin ini tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala.

Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Generator arus bolak-balik 1 fasa
- b. Generator arus bolak-balik 3 fasa

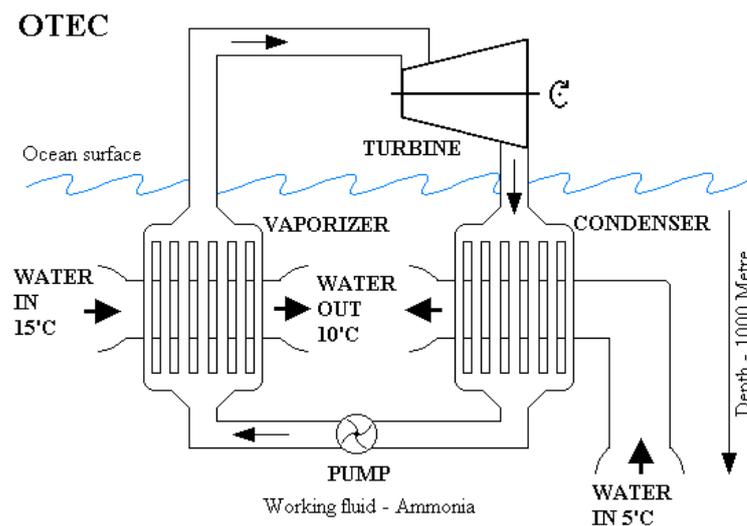
2.3.4 Mesin Penggerak Generator

Mesin penggerak generator adalah mesin yang menghasilkan energi mekanik, yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Mesin penggerak generator ini dibedakan menjadi mesin *thermal* dan *non-thermal*, seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.3.1. Dan pada PLTPL mesin penggerak yang digunakan adalah Turbin Uap (fluida kerja).

Turbin uap, yang digunakan sebagai penggerak generator oleh PLTPL, memiliki 3 jenis siklus yaitu :

- Siklus Tertutup

Siklus tertutup menggunakan fluida dengan titik didih rendah, misalnya amonia, untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Air hangat di permukaan dipompa ke penukar panas di mana fluida bertitik didih rendah dididihkan. Fluida yang mengalami perubahan wujud menjadi uap akan mengalami peningkatan tekanan. Uap bertekanan tinggi ini lalu dialirkan ke turbin untuk menghasilkan listrik. Uap tersebut lalu didinginkan kembali dengan air dingin dari laut dalam dan mengembun. Lalu fluida kembali melakukan siklusnya, seperti yang bisa terlihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.

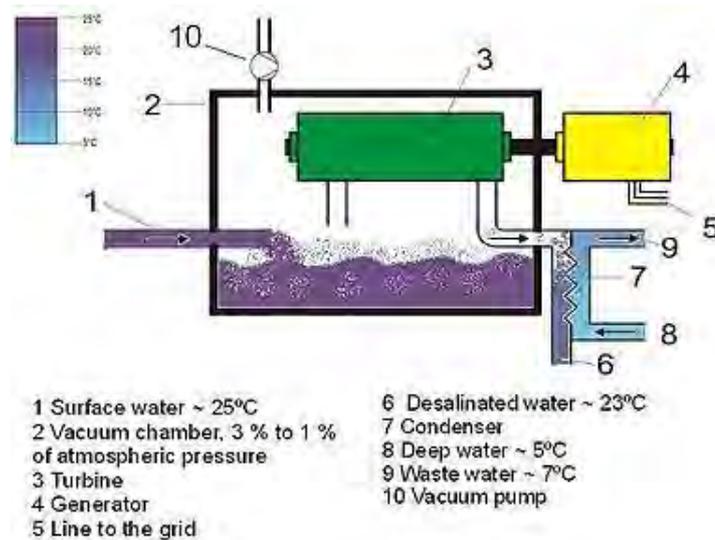


Gambar 2. 2 Siklus Tertutup

(Sumber : <http://fuad-22.blogspot.co.id/2012/12/otec-ocean-thermal-energy-conversion.html>)

- Siklus Terbuka

Siklus terbuka menggunakan air laut untuk menghasilkan listrik. Air laut yang hangat dimasukkan ke dalam tangki bertekanan rendah sehingga menguap. Uap ini digunakan untuk menggerakkan turbin. Air laut yang menguap meninggalkan mineral laut seperti garam dan lain sebagainya sehingga bermanfaat untuk menghasilkan air tawar untuk diminum dan irigasi., seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Siklus Terbuka

(Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Konversi_energi_termal_lautan)

- *Siklus Hybrid*

Siklus hybrid menggunakan keunggulan sistem siklus terbuka dan tertutup. Siklus hybrid menggunakan air laut yang diletakkan di tangki bertekanan rendah untuk dijadikan uap. Lalu uap tersebut digunakan untuk menguapkan fluida bertitik didih rendah (amonia atau yang lainnya). Uap air laut tersebut lalu dikondensasikan untuk menghasilkan air tawar desalinasi

2.4 Panas Air Laut (*Ocean Thermal*)

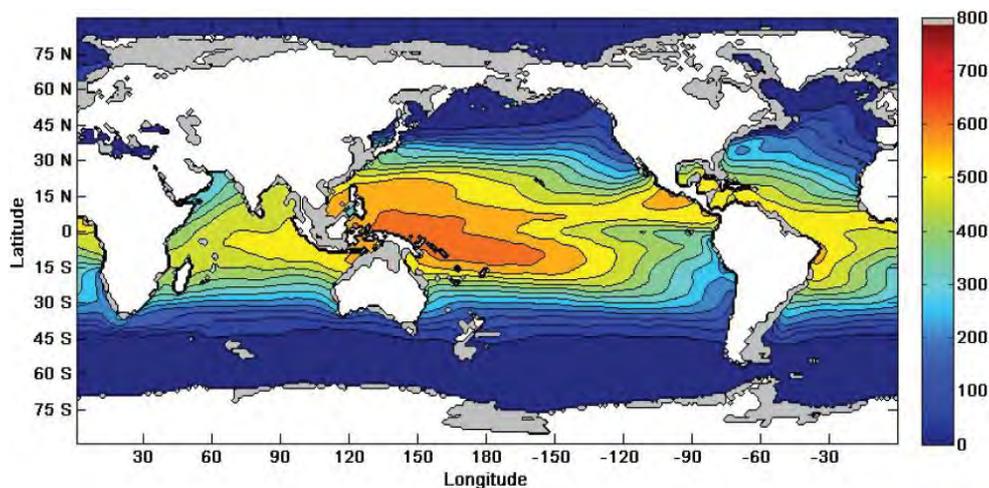
Pendayagunaan panas air laut sebagai energi terbarukan untuk pembangkit listrik memang kalah populer dibandingkan panas bumi, metode ini menghasilkan energi listrik menggunakan perbedaan temperatur yang berada di antara laut dalam dan perairan dekat permukaan untuk menjalankan mesin kalor. Seperti pada umumnya mesin kalor, efisiensi dan

energi terbesar dihasilkan oleh perbedaan temperatur yang paling besar. Perbedaan temperatur antara laut dalam dan perairan permukaan umumnya semakin besar jika semakin dekat ke ekuator. Pada awalnya, tantangan perancangan OTEC adalah untuk menghasilkan energi yang sebesar-besarnya secara efisien dengan perbedaan temperatur yang sekecil-kecilnya.

Permukaan laut dipanaskan secara terus menerus dengan bantuan sinar matahari, dan lautan menutupi hampir 70% area permukaan bumi. Perbedaan temperatur ini menyimpan banyak energi matahari yang berpotensi bagi umat manusia untuk dipergunakan. Jika hal ini bisa dilakukan dengan *cost effective* dan dalam skala yang besar, OTEC mampu menyediakan sumber energi terbarukan yang diperlukan untuk menutupi berbagai masalah energi.

Konsep mesin kalor adalah umum pada termodinamika, dan banyak energi yang berada di sekitar manusia dihasilkan oleh konsep ini. Mesin kalor adalah alat termodinamika yang diletakkan di antara reservoir temperatur tinggi dan reservoir temperatur rendah. Ketika kalor mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah, alat tersebut mengubah sebagian kalor menjadi kerja. Prinsip ini digunakan pada mesin uap dan mesin pembakaran dalam, sedangkan pada alat pendingin, konsep tersebut dibalik. Dibandingkan dengan menggunakan energi hasil pembakaran bahan bakar, energi yang dihasilkan OTEC didapat dengan memanfaatkan perbedaan temperatur lautan disebabkan oleh pemanasan oleh matahari.

Siklus kalor yang sesuai dengan OTEC adalah siklus Rankine, menggunakan turbin bertekanan rendah. Sistem dapat berupa siklus tertutup ataupun terbuka. Siklus tertutup menggunakan cairan khusus yang umumnya bekerja sebagai refrigeran, misalnya ammonia, di seluruh dunia jumlah sumber potensi panas air laut di tiap negara berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Peta Penyebaran Energi Panas Air Laut
(Sumber : <http://www.nap.edu/read/18278/chapter/7#63>)

Seperti dilihat pada peta penyebaran panas air laut pada Gambar 2.4, Indonesia memiliki potensi untuk memaksimalkan kekayaan alam yang ada berupa panas air laut.

2.5 Tongkang (*Barge*)

2.5.1 Jenis-Jenis *Barge* Menurut ABS (ABS,2009)

1. *Dry cargo barge*

a. *Deck cargo barge*

Adalah *barge* dengan muatan kering di mana muatannya diletakkan di atas geladak.

b. *Barge intended for carriage of dry cargo in holds below deck*

Adalah *barge* dengan muatan kering di mana muatannya ditempatkan di ruang muat yang berada di bawah geladak. *Barge* tipe ini dilengkapi dengan alas ganda/*double bottom*.

2. *Tank barge*

a. *Single skin tank barge*

b. *Double skin tank barge*

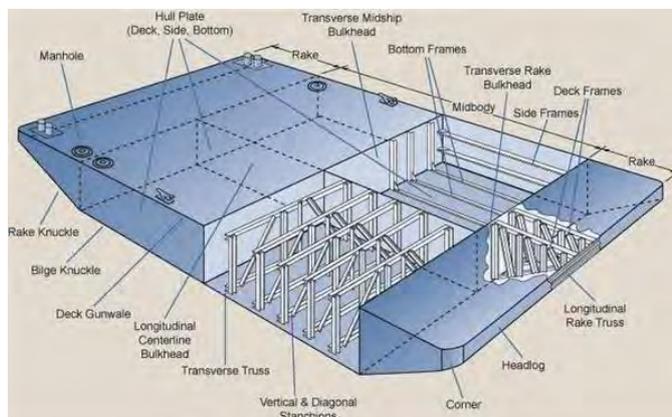
c. *Oil tank and fuel tank barge*

d. *Chemical tank barge*

3. *Other type barge*

a. *Integrated tug barge combinator*

Kemudian untuk bentuk konstruksi *barge* secara umum dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. 5 Konstruksi *Barge*

(Sumber : <http://smithship.blogspot.com>)

2.5.2 Karakteristik *Barge* di Perairan Dalam

Kapal tongkang atau (*barge*) yang beroperasi pada perairan dalam tidak memiliki karakteristik yang berbeda dengan kapal atau tongkang pada umumnya yang beroperasi di berbagai kondisi perairan. Salah satunya adalah ketinggian dari sarat *barge* yang kecil karena dibatasi oleh kedalaman perairan yang kecil. Namun disisi lain *barge* tetap dituntut untuk dapat mengangkut muatan yang besar.

2.5.3 Stabilitas *Barge*

Tiga syarat utama dari sebuah kapal bisa dikatakan baik adalah kapal yang memiliki kekuatan, stabilitas dan mobilitas yang baik (manning, 1968). Jadi setiap kapal yang dibangun harus memperhatikan aspek stabilitas secara mendalam. Keseimbangan statis berhubungan dengan gaya statis yang terjadi pada kapal. Sementara dalam arti yang luas keseimbangan adalah gaya secara keseluruhan, di mana tidak melibatkan percepatan atau perlambatan, sehingga bisa dikatakan bahwa benda yang diam memiliki keseimbangan statis. Dan jika benda tersebut diganggu oleh gaya yang berasal dari luar, kemudian benda tersebut bergerak dari posisi awalnya, dan kembali pada posisi awal jika gaya luar tersebut dihilangkan, maka benda tersebut bisa disebut memiliki stabilitas yang baik. Hal ini juga berlaku pada kapal yang mengalami kemiringan karena gaya ombak dan bisa kembali ke posisi tegak, maka kapal tersebut bisa dikatakan memiliki stabilitas yang baik. Dilain pihak, jika suatu benda dikenai gaya dari luar dan terus bergerak tanpa bisa kembali ke posisi awal maka bisa dikatakan bahwa benda tersebut memiliki keseimbangan yang tidak stabil. Begitu juga dengan kapal yang tidak stabil, kapal akan miring karena diakibatkan sedikit gaya dari luar dan kapal terus mengalami kemiringan tanpa bisa tegak bahkan terbalik. Kapal yang memiliki keseimbangan awal yang tidak stabil biasanya akan miring sampai pada titik keseimbangan kapal tersebut karena perubahan bentuk badan kapal di bawah air.

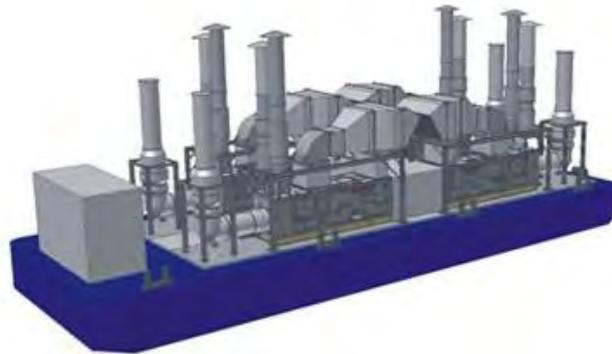
2.6 Floating Power Plant

2.6.1 Power *Barge*

Floating Power Plant atau pembangkit listrik terapung adalah suatu pembangkit listrik yang diletakkan di atas sebuah *barge* atau bisa disebut dengan *power barge* atau kapal yang disebut dengan *powership* sehingga menjadi sebuah pembangkit listrik yang *moveable*. *Floating Power Plant* pertama dibuat pada tahun 1940 oleh insinyur dari Angkatan Darat Amerika Serikat (US Army) dengan generator uap yang menghasilkan tenaga sebesar 30

MW. Sejak saat itu *Floating Power Plant* mulai berkembang dan dibangun di beberapa negara, dan untuk bahan bakarnya dipilih Heavy Fuel karena biayanya yang tergolong murah.

Pada awal tahun 2000-an pembangunan *Floating Power Plant* mulai dipacu dengan dibangunnya sebuah power *barge* bertenaga 220 MW yang digunakan di India. Dan saat ini ukuran *Floating Power Plant* telah mencapai 550 MW. *Floating Power Plant* didesain bukan untuk diletakkan diperairan bebas, melainkan diletakkan pada perairan yang terlindungi seperti pada pelabuhan atau pinggir pantai.



Gambar 2. 6 Contoh Desain Floating Power Plant

(Sumber : www.centraxgt.com)

Di Indonesia juga terdapat Pembangkit listrik terapung dalam bentuk *powerbarge*, milik PLN dengan nama kapal apung. Kapal Apung ini merupakan pembangkit listrik tenaga diesel dengan kapasitas 10,5 MW, kapal ini cukup berjasa karena pernah membantu krisis listrik di beberapa tempat seperti Bali dan Kalimantan. Saat ini kapal apung ini menjadi monumen di Aceh karena terseret Tsunami sampai daerah tengah kota pada tahun 2004.

2.6.2 Perbandingan Antara Dibangun di Darat dan di Laut

Pada pembangunan sebuah pembangkit tenaga listrik, perlu diperhatikan beberapa hal seperti besarnya pembangkit yang akan dibangun, ketersediaan lahan, kemudahan akses, kondisi infrastruktur daerah dan waktu pembangunan dari pembangkit listrik tersebut.

Beberapa poin di atas merupakan poin-poin yang harus diperhatikan dalam pembangunan sebuah pembangkit listrik, dan pemilihan pada pembangunan di darat atau di laut. Berikut adalah keuntungan dari pembangunan pembangkit listrik di darat dan pembangunan dilaut atau pembangkit listrik terapung.

Pada pembangkit listrik di darat, berikut adalah keuntungannya :

- Pembangunannya yang mudah
- Mampu menggunakan peralatan berat tanpa memperhitungkan berat totalnya
- Biaya perawatan yang tidak terlalu tinggi, karena biaya hanya terfokus pada perawatan peralatan pembangkit listrik
- Bisa dibangun sebesar-besarnya, asalkan tersedia lahan

Keuntungan dari pemakaian pembangkit listrik terapung antara lain adalah :

- Mampu menyediakan suplai listrik pada area dengan infrastruktur minim
- Merupakan aset yang dapat bergerak, memungkinkan untuk dipindah atau dijual
- Tidak membutuhkan area yang luas, sehingga bisa meminimalisir adanya sengketa lahan dengan penduduk pemilik lahan
- Tidak bergantung pada kualitas tanah, sehingga memungkinkan untuk ditempatkan dimana saja
- Mampu menyediakan suplai listrik yang stabil saat banjir atau gempa bumi
- Pembangunan yang relatif cepat, karena dibangun di tempat lain selagi dilakukan pembebasan lahan

2.7 Tinjauan Daerah

2.7.1 Kabupaten Kepulauan Talaud

Kabupaten Kepulauan Talaud adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia dengan ibu kota Melonguane. Kabupaten ini berasal dari pemekaran Kabupaten Kepulauan Sangihe dan Talaud pada tahun 2000. Kabupaten Kepulauan Talaud terletak di sebelah utara Pulau Sulawesi. Wilayah ini adalah kawasan paling utara di Indonesia timur, berbatasan dengan daerah Davao del Sur, Filipina di sebelah utara. Jumlah penduduknya adalah 91.067 jiwa.

Kabupaten Kepulauan Talaud merupakan daerah bahari dengan luas lautnya sekitar 37.800 Km² (95,24%) dan luas wilayah daratan 1.251,02. Terdapat tiga pulau utama di Kabupaten Kepulauan Talaud, yaitu Pulau Karakelang, Pulau Salibabu, dan Pulau Kabaruan. Kondisi Kabupaten Kepulauan Talaud termasuk dalam 199 daerah tertinggal di Indonesia dan masih terisolir karena berbagai keterbatasan infrastruktur dasar, ekonomi, sosial budaya,

perhubungan, telekomunikasi dan informasi serta pertahanan keamanan.. Peta Kabupaten Kepulauan Talaud bisa dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2. 7 Peta Kabupaten Kepulauan Talaud
 (Sumber: <https://petatematikindo.wordpress.com>)

Kabupaten Kepulauan Talaud merupakan salah satu Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Utara yang letaknya di ujung utara dan memanjang dari Utara ke Selatan. Daerah ini memiliki kekhususan, sebagai salah satu kepulauan terluar Indonesia.

2.7.2 Kondisi Kelistrikan

Kondisi kelistrikan di wilayah kabupaten Kepulauan Talaud masih sangat kurang, dari keseluruhan wilayahnya sebagian besar masih belum teraliri listrik. Bahkan beberapa daerah yang sudah teraliri listrik sekalipun masih mengalami pemadaman dikarenakan pasokan listrik yang kurang. Penyebab kurangnya pasokan listrik ini antara lain adalah karena kurangnya jumlah pembangkit listrik yang ada, penyebaran listrik yang hanya berpusat pada daerah perkotaan atau ibukota kabupaten. Berikut adalah data rasio elektrifikasi tiap kecamatan:

Tabel 2. 1 Data Pelanggan Listrik Kepulauan Talaud

BANYAKNYA PELANGGAN LISTRIK DI KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD			
<i>NUMBER OF ELECTRICITY CONSUMERS IN KEPULAUAN TALAUD REGENCY</i>			
2010 – 2014			
CABANG/ RANTING/ SUB RANTING	RUMAH TANGGA	USAHA	INDUSTRI
-1	-2	-3	-4
RANTING LIRUNG	7 654	200	2
- KHUSUS LIRUNG			
- SR. MANGARAN			
- SR. DAMAU			
- SR. KARATUNG			
- SR. MARAMPIT			
- SR. MIANGAS			
RANTING BEO	4 336	180	-
- KHUSUS BEO			
- SR. ESSANG			
- SR. GEME H			
RANTING MELONGUANE	6 269	229	2
- KHUSUS MELONGUANE			
- SR. RAINIS			
- SR. DAPALAN			
JUMLAH	18 259	609	4
2 0 1 3	17 084	2 653	1
2 0 1 2	15 632	576	-
2 0 1 1	14 579	548	-
2 0 1 0	13 522	534	-
Sumber : PT. PLN (Persero) Wilayah VII Cabang Tahuna			
Source : PT. PLN (Persero) Region VII Branch of Tahuna			

Dari data jumlah rumah tangga di atas bisa dihitung kebutuhan listrik dari Kabupaten Kepulauan talaud. Berikut ini adalah asumsi jumlah kebutuhan listrik kabupaten kepulauan talaud dengan asumsi daya tiap rumah 450 watt, dan 900 watt untuk daerah dekat perkotaan.

Tabel 2. 2 Kebutuhan Listrik Kepulauan Talaud

DAYA TERPASANG DAN DAYA MAMPU, PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK				
DI KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD				
INSTALLED CAPACITY IN KEPULAUAN TALAUD REGENCY				
2010 – 2014				
CABANG / RANTING /	KAPASITAS DAYA / CAPACITY (Kw)			
SUB RANTING	TERPASANG	% TERHADAP TOTAL	KEMAMPUAN	% TERHADAP TOTAL
	INSTALLED	PERCENTAGE	CAPACITY	PERCENTAGE
-1	-2	-3	-4	-5
RANTING LIRUNG	5 710	60.28	2 725	53.8
- KHUSUS LIRUNG	3 760		1 305	
- SR. MANGARAN	1 300		870	
- SR. DAMAU	240		195	
- SR. MARAMPIT	245		220	
- SR. MIANGAS	165		135	
RANTING BEO	2 002	21.14	1 110	21.92
- KHUSUS BEO	1 402		885	
- SR. ESSANG	600		225	
- SR. GEME H				
RANTING MELONGUANE	1 760	18.58	1 230	24.28
- KHUSUS MELONGUANE	1 420		1 015	
- SR. RAINIS	340		215	
- SR. DAPALAN				
JUMLAH	9 472	100	5 065	100
2 0 1 3	10 282	100	7 828	100
2 0 1 2	114 589	100	76 161	100
2 0 1 1	101 744	100	72 062	100
2 0 1 0	8 560	100	6 274	100
Sumber : PT. PLN (Persero) Wilayah VII Cabang Tahuna				
Source : PT. PLN (Persero) Region VII Branch of Tahuna				

2.7.3 Kondisi Perairan

Wilayah Kabupaten Kepulauan Talaud ini terletak pada daerah Sulawesi, yang dimana daerah perairan ini bisa dikatakan cukup tenang, dimana menurut laporan prakiraan tinggi gelombang rata-rata mingguan (BMKG, 2015) kecepatan anginnya adalah sekitar 5-10 knot, tinggi signifikan gelombangnya 0.75 - 2.00 meter dan tinggi maksimal gelombangnya rata-

hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral Dalam desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: concept design, preliminary design, contract design, dan detail design.

2.9 Tujuan Desain

Dalam proses awal mendesain kapal diperlukannya tujuan, misi dan kegunaan kapal yang akan dibangun yang digunakan sebagai arahan bagi seorang desainer kapal dalam menentukan pilihan-pilihan yang rasional ketika mendesain. Selain itu juga diperlukannya data permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) seperti tipe atau jenis kapal, daerah pelayaran, kecepatan, muatan dan kapasitas dari kapal.

Data yang diperoleh dari pihak *owner* ini, yang akan diterjemahkan dan diolah oleh designer menjadi sebuah data kompleks yang cukup untuk digunakan dalam pembangunan dan pengoperasian kapal tersebut.

Dalam proses mendesain kapal diperlukannya batasan-batasan desain. Selain dari batasan desain dari permintaan pemilik kapal, designer harus mengatur batasan-batasan untuk desain itu sendiri, seperti batasan waktu dan biaya.

2.10 Tahapan Desain

Pada umumnya proses desain dan pembangunan kapal menggunakan metode spiral desain, atau inovasi terhadap sebuah desain kapal yang sudah ada sebelumnya, dengan melakukan rekayasa desain untuk mendapatkan desain yang lebih optimal. Berikut adalah uraian tahapan-tahapan desain sebuah kapal.

2.10.1 Concept Design

Konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner design requirement* di mana konsep desain juga merupakan basic design dalam proses desain kapal. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi designer untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi seperangkat kendala



Gambar 2. 9 Diagram Desain Spiral

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 biasanya berupa gambar atau sketsa secara umum, baik sebagian ataupun secara lengkap.

2.10.2 Preliminary Design

Tahapan yang kedua dalam proses desain adalah *preliminary design*. *Preliminary design* adalah usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Dalam hubungannya dengan desain spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan lintasan 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. Contoh dari penambahan detail adalah perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian midship kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dan lain-lain.

2.10.3 Contract Design

Pada tahap *contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*. Pada tahapan ini merupakan tahap pengembangan desain kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal.

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*

Di mana keseluruhan komponen-komponen di atas biasa disebut *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal

2.10.4 Detail Design

Detail design adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail. Pada tahap detail design mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk penggunaan mekanik yang membangun lambung dan berbagai unit mesin bantu dan mendorong lambung, fabrikasi, dan instalasi perpipaan dan kabel. Hasil dari tahapan ini adalah berisi petunjuk atau intruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi pada *fitters, welders, outfitters, metal workers, machinery vendors, pipe fitters*, dan lain-lainnya.

2.11 Metode Desain Kapal

Setelah melakukan tahap-tahapan desain di atas, langkah selanjutnya dalam proses desain kapal menentukan metode desain kapal. Secara umum metode dalam desain kapal adalah sebagai berikut:

2.11.1 Parent Design Approach

Parent design approach merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara menganbil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini designer sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai performance yang bagus.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah :

- Dapat mendesain kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan kapal sehingga tinggal memodifikasi saja.
- Performance kapal terbukti (*stability, motion, reistance*)

2.11.2 Trend Curve Approach

Dalam proses desain kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan main dimension. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi di mana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

2.11.3 Iteratif Design Approach

Iteratif desain adalah sebuah metodologi 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. Proses desain kapal memiliki sifat iteratif yang paling umum digambarkan oleh spiral desain yang mencerminkan desain metodologi dan strategi. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja (sudah berpengalaman dengan menggunakan *knowledge*).

2.11.4 Parametric Design Approach

Parametric design approach adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter misalnya (L, B, T, Cb, LCB dll) sebagai main dimension yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung hambatannya (Rt), merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, trim, dan lain-lain.

2.11.5 Optimisation Design Approach

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Dalam hal ini, disain yang optimum dicari dengan menemukan disain yang akan meminimalkan *economic cost*. Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, freeboard, trim, dan harga kapal.

2.12 Tinjauan Teknis Desain Kapal

2.12.1 Penjelasan Ukuran Utama Dasar

Dalam proses desain kapal terdapat beberapa langkah perhitungan dan pengecekan untuk menentukan ukuran utama kapal yang dirancang berdasarkan kapal pembanding. Langkah-langkah ini berlaku pada umumnya untuk berbagai tipe kapal. Ukuran utama yang dicari harus memenuhi kriteria batasan yang dikehendaki misal seperti *payload* maupun luasan deck. Adapun ukuran-ukuran yang perlu diperhatikan sebagai kapal pembanding adalah:

a. Lpp (*Length between Perpendicular*)

Panjang yang diukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/FP*).

b. LOA (*Length Overall*)

Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.

c. Bm (*Moulded Breadth*)

Lebar terbesar diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja. Untuk kapal yang terbuat dari kayu atau bukan logam lainnya, diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.

d. H (*Heigh*)

Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai titik atas balok geladak sisi kapal.

e. T (*Draught*)

Jarak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

2.12.2 Perhitungan Berat Baja Kapal

Power Plant Barge OTEC merupakan kapal baja, oleh karena itu pada tahap ini perhitungan berat baja kapal dilakukan dengan rumus dari buku *Practical Ship Design* (Watson D. , 1998). Selain menghitung berat baja kapal kosong, juga dilakukan perhitungan berat perlengkapan, berat permesinan serta berat cadangan. Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah:

1. Menghitung LWT kapal.

a. Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$E = L(B+T) + 0.85 L (D-T) + 0.85 \{(l_1 \cdot h_1)+0.75(l_2 \cdot h_2) \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana : K = koefisien factor

Untuk tug boat K = 0.044 ±0.002

b. Perhitungan berat perlengkapan

$$W_o = C_o \times L \times B \dots\dots\dots (2.3)$$

C_o = outfit weigh coefficient

c. Berat cadangan (W_{res})

$$W_{res} = (7-10)\% \times LWT \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Menghitung DWT kapal

Dalam desain tugboat tidak ada perhitungan untuk menghitung besarnya payload. Maka, dalam perhitungan DWT kapal hanya akan dilakukan perhitungan consumable. Dalam perhitungan ini hanya dipengaruhi oleh besarnya BHP mesin serta jumlah kru yang ada di atas kapal saat beroperasi. Jumlah kru yang bekerja pada kapal tidak diperoleh dari rumus, tetapi ditentukan sendiri sebagai owner requirement.

2.12.3 Perhitungan Trim dan Stabilitas

Perhitungan trim merupakan syarat mutlak dalam desain sebuah kapal. Suatu kapal dapat dikatakan layak untuk berlayar jika telah memenuhi beberapa persyaratan, salah satu syarat itu adalah besarnya kondisi trim kapal yang terjadi. Suatu kapal dikatakan dalam kondisi baik untuk berlayar jika berada dalam kondisi even-keel. Namun bila tidak diperoleh kondisi tersebut, ada beberapa persyaratan yang diijinkan dalam kondisi trim, yaitu besarnya trim tidak lebih dari 0.05%. nilai ini dijadikan sebagai batasan (*constrain*) dalam proses iterasi dalam memperoleh ukuran utama.

Selain trim, ada persyaratan lain dalam desain kapal yaitu persyaratan stabilitas. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perhitungan stabilitas utuh (*intac stability*) dengan menggunakan rumus dari “*The Teory and Ttechnique of Ship Design*” [Manning, 1996]. Pengertian stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali pada kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Perhitungan stabilitas dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula apabila mengalami oleng pada saat berlayar. Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam yaitu:

1. Keseimbangan stabil

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar, maka benda akan kembali pada kondisi semula setelah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G (*centre of gravity*) berada dibawak titil M (*metacentre*).

2. Keseimbangan Labil

Adalah kondisi ketika benda menngalami kemiringan akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka kedudukan benda akan cenderung berubah lebih banyak dari kedudukan semula sesudah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G berada di atas titik M.

3. Keseimbangan *indeferent*

Adalah kondisi ketika benda mengalami kemiringan sedikit dari kedudukannya akibat adanya gaya dari luar, maka benda tetap pada kedudukannya yang yang baru walaupun gaya tersebut telah hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik berat G berimpit dengan titik *metacentre* M.

Kapal harus mempunyai stabilitas yang baik dan harus mampu menahan semua gaya luar yang mempengaruhinya hingga kembali pada keadaan seimbang. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

- a. Titik G (*gravity*), yaitu titik berat kapal.
- b. Titik B (*buoyancy*), yaitu titik tekan keatas akibat air yang dipindahkan akibat badan kapal yang tercelup.
- c. Titik M (*metacentre*), yaitu titik perpotongan antara vector gaya tekan keatas pada keadaan tetap dengan vector gaya tekan keatas pada sudut oleng.

Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatis yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal. Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO).

Ada beberapa kriteria utama dalam menghitung stabilitas kapal. Kriteria stabilitas tersebut diantaranya [IS Code 2008] adalah:

1. $e0 30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$
Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$
2. $e0 40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$
Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$
3. $e30,40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$
Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$
4. $h30^\circ \geq 0.2 \text{ m}$
lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 m pada sudut oleng 30° atau lebih.
5. $H_{\max} \text{ pada } \phi_{\max} \geq 25^\circ$
Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari 25°
6. $GM0 \geq 0.15 \text{ m}$
Tinggi metasenter awal $GM0$ tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

2.12.4 Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul merupakan jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Lambung timbul merupakan salah kriteria keselamatan kapal selama melakukan perjalanan dalam mengangkut muatan.

Karena lambung timbul menyangkut keselamatan kapal, maka terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul antara lain untuk kapal yang berlayar di perairan dapat menggunakan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985 dan peraturan internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi internasional tentang peraturan lambung timbul minimum ILLC (*International Load Lines Convention, 1966 on London*), dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa tinggi lambung timbul minimum (*summer load lines*) telah disebutkan dalam table lambung timbul minimum untuk kapak dengan panjang tertentu.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada Bab 3 ini akan dijelaskan bagaimana langkah-langkah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Digambarkan dengan diagram alir pengerjaan, kemudian dijelaskan setiap poin yang ada dalam diagram alir tersebut.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam menyusun Tugas Akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) pengerjaan dapat dilihat pada Gambar 3.1 di halaman 36.

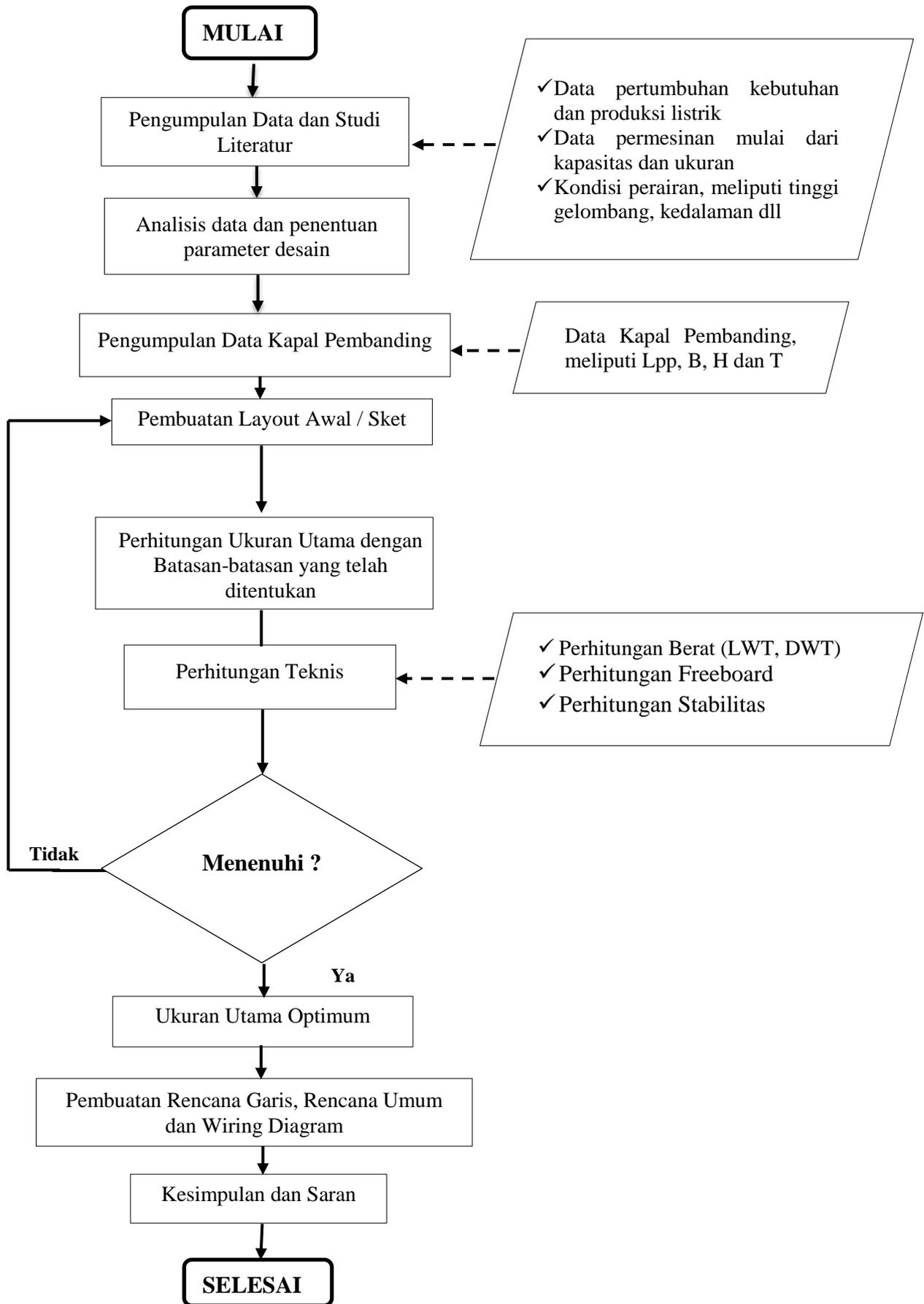
3.3 Langkah Pengerjaan

3.3.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan data primer maupun sekunder guna menunjang proses desain awal *power barge*. Data-data inilah yang akan menjadi patokan inti dari proses desain *Power Plant Barge* OTEC ini kedepannya. Data-data yang dibutuhkan antara lain:

- **Data Kebutuhan Listrik Kabupaten Kepulauan Talaud**

Data kebutuhan listrik kabupaten Talaud ini digunakan untuk membuktikan bahwa pemilihan daya awal telah memenuhi. Selain itu data kebutuhan listrik ini bisa dipakai untuk memetakan kecamatan yang ada pada kabupaten kepulauan talaud yang masih belum teraliri listrik, belum sepenuhnya teraliri atau sudah teraliri secara penuh.



Gambar 3. 1 *Flow Chart* Pengerjaan

- Data Mesin/Generator Set

Data mesin ini didapatkan dari katalog generator set dari perusahaan-perusahaan produsen mesin generator set. Data yang diperlukan antara lain adalah besarnya kapasitas mesin, dimensi mesin, berat dan kebutuhan bahan bakar mesin untuk menentukan besarnya bahan bakar yang diperlukan.

- Data Potensi Panas Air Laut (*Ocean Thermal*)

Data yang ingin diperoleh dari *Ocean Thermal* ini adalah data potensi sumber daya panas air laut sebagai sumber pembangkit.

3.3.2 Analisa Data dan Penentuan Parameter Desain

Pada proses ini dilakukan setelah terkumpulnya data-data yang dibutuhkan dan ditunjang dengan proses pembelajaran literatur-literatur lebih lanjut. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan rencana jumlah muatan atau *payload* serta batasan-batasan dalam pencairan data kapal pemanding. Selajutnya dilakukan pengumpulan data-data kapal pemanding yang sesuai dengan batas-batas *payload* yang sudah ditentukan.

3.3.3 Pembuatan Layout Awal

Dari data-data yang didapat dibuat layout awal dari *barge* yang didapatkan dari ukuran utama mesin yang dipakai. Pertama dari ukuran mesin (panjang, lebar dan tinggi) digambarkan layout awal dari peletakan mesin dan geladak *barge*. Dari layout penempatan mesin diberikan margin antar mesin dan mesin ke tepi *barge*. Setelah layout penempatan *barge* didapatkan ditambahkan tempat di belakang penempatan mesin sebagai rumah geladak dari *barge*. Setelah pandangan atas geladak didapat kemudian digambar pandangan samping dan layout dari bottom.

3.3.4 Perhitungan Teknis

Pada proses ini didahului untuk melakukan perhitungan parameter-parameter yang sudah ditentukan pada suatu kapal dengan metode *Parametric Design Approach*. Parameter-parameter yang sudah ditentukan antara lain :

- Rasio
- *Displacement*
Berat total *barge* (DWT+LWT+Margin yang ditentukan) yang akan direnckana harus sama dengan nilai displacement hasil perhitungan ($L \times B \times T \times C_b$)
- *Trim*

- *Freeboard*
Acuan lambung timbul yang nantinya akan digunakan sebagai nilai minimum yang harus dipenuhi pada muatan penuh
- Stabilitas
Persyaratan stabilitas yang mengacu pada IMO Regulation dengan menghitung *intact stability*. (IS Code 2008)

3.3.5 Pembuatan Desain Rencana Garis dan Rencana Umum

Selanjutnya dilakukan proses pembuatan rencana garis dengan bantuan *software maxsurf educational version*. Pembuatan desain dilakukan dengan memperhatikan desain-desain *barge* pada umumnya. Kemudian hasil rencana garis dari *maxsurf educational version* diproses kembali dengan *software CAD* guna memperbaiki hasil desain dan dilanjutkan dengan proses pembuatan rencana umum.

Dan setelah dibuat Rencana Garis dari *Barge* selanjutnya dibuat Rencana Umum dari *barge* untuk mengetahui, peletakan peralatan dan pembagian ruangan.

BAB IV

DESAIN *POWER PLANT BARGE* OTEC

4.1 Pendahuluan

Pada Bab 4 ini akan dibahas proses pengaturan jumlah muatan dan bagaimana cara menentukan ukuran utama *barge*. Selain itu pada bab ini akan dibahas juga perhitungan *freeboard*, perhitungan berat dan titik berat *barge*, perhitungan stabilitas, serta perhitungan trim. Dalam perhitungan ini terdapat kriteria-kriteria yang harus dipenuhi, seperti kriteria IMO (*International Maritime Organization*) dan kriteria trim, baik untuk *barge*. Pembuatan rencana garis serta rencana umum dari ukuran optimum *barge* tersebut.

4.2 *Owners Requirement*

Terdapat beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam hal mendesain kapal, salah satu hal penting yang perlu diperhatikan yaitu *owners requirement*, dalam artian kapal yang akan dibangun harus memiliki atau sanggup memenuhi keinginan dari pihak pemesan untuk melakukan tugas dengan tepat guna. Pada pembangunan *power plant barge* OTEC ini salah satu parameter patokan yaitu berupa besaran *output* (bersih) daya listrik yang mampu dihasilkan oleh kapal, dimana dari informasi besaran *output* daya listrik yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik di Kepulauan Talaud akan dapat diketahui dimensi komponen-komponen yang tepat untuk memenuhi defisit listrik yang terjadi di daerah tersebut, langkah selanjutnya dapat ditentukan ukuran *Barge* yang sesuai untuk mengangkut keseluruhan system pembangkit, selain itu dengan mengetahui informasi mengenai dimensi komponen-komponen system pembangkit dapat diketahui pula penentuan jumlah crew yang ideal untuk pengoprasian.

Penentuan besaran daya listrik yang akan dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di Kepulauan Talaud dapat dilihat pada tabel 4.1 kebutuhan listrik Kepulauan Talaud dibawah ini :

Tabel 4. 1 Kebutuhan Listrik Kepulauan Talaud

Tabel DAYA TERPASANG DAN DAYA MAMPU, PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD Table INSTALLED CAPACITY IN KEPULAUAN TALAUD REGENCY 2011 – 2015				
CABANG / RANTING / SUB RANTING	KAPASITAS DAYA / CAPACITY (Kw)			
	TERPASANG INSTALLED	% TERHADAP TOTAL PERCENTAGE	KEMAMPUAN CAPACITY	% TERHADAP TOTAL PERCENTAGE
-1	-2	-3	-4	-5
RANTING LIRUNG	5 710	60.28	2 725	53.8
- KHUSUS LIRUNG	3 760		1 305	
- SR. MANGARAN				
- SR. DAMAU	1 300		870	
- SR. KARATUNG	240		195	
- SR. MARAMPIT	245		220	
- SR. MIANGAS	165		135	
RANTING BEO	2 002	21.14	1 110	21.92
- KHUSUS BEO	1 402		885	
- SR. ESSANG				
- SR. GEME H	600		225	
RANTING MELONGUANE	1 760	18.58	1 230	24.28
- KHUSUS MELONGUANE	1 420		1 015	
- SR. RAINIS				
- SR. DAPALAN	340		215	
JUMLAH	9 472	100	5 065	100
2 0 1 3	10 282	100	7 828	100
2 0 1 2	114 589	100	76 161	100
2 0 1 1	101 744	100	72 062	100
2 0 1 0	8 560	100	6 274	100
Sumber : PT. PLN (Persero) Wilayah VII Cabang Tahuna Source : PT. PLN (Persero) Region VII Branch of Tahuna				

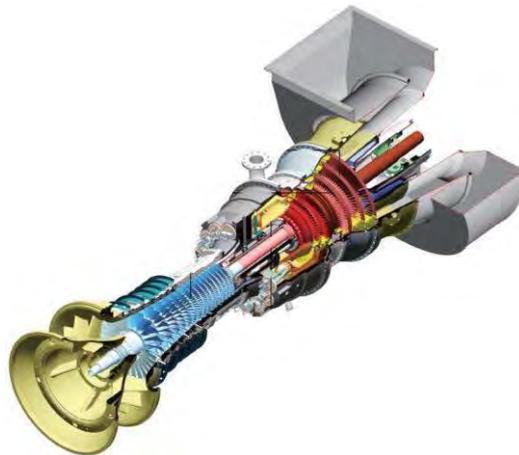
Dari informasi yang didapat dari tabel 4.1 yang bersumber dari PT.PLN (Persero) Wilayah VII Cabang Tahuna periode 2011-2015 diatas dapat diketahui bahwa daerah Kepulauan Talaud masih mengalami defisit daya listrik sebesar 4407 kW atau 4.4 MW atau terdapat defisit daya listrik sebesar 46.52 % dari total kebutuhan listrik di Kepulauan Talaud tersebut, dari informasi defisit daya listrik menurut PT.PLN Wilayah VII Cabang Tahuna periode 2011-2015, maka penulis menentukan output dari *Power Plant Barge OTEC* sebesar 5 MW, untuk pemilihan daerah operasi *Power Plant Barge OTEC* sendiri memiliki beberapa kriteria yang harus dipenuhi agar system berjalan dengan baik, pembahasan lebih lanjut mengenai daerah operasional *Power Plant Barge OTEC* akan dijelaskan pada sub bab 4.4.

4.3 Spesifikasi Sistem Pembangkit

Dari data kebutuhan listrik yang didapatkan, diketahui bahwa kebutuhan listrik untuk Kabupaten Kepulauan Talaud yang ideal adalah 9.5 MW sedangkan pembangkit listrik yang ada hanya mampu menyediakan listrik sebesar 5 MW, sehinggaterdapat kekurangan daya listrik sebesar 4.5 MW.

Dari jumlah yang didapat tersebut harus disediakan mesin pembangkit dengan bahan bakar utama konversi panas air laut seperti pada tujuan. Setelah dilakukan pencarian, didapatkan paket generator set, dari Caterpillar dengan spesifikasi sebagai berikut :

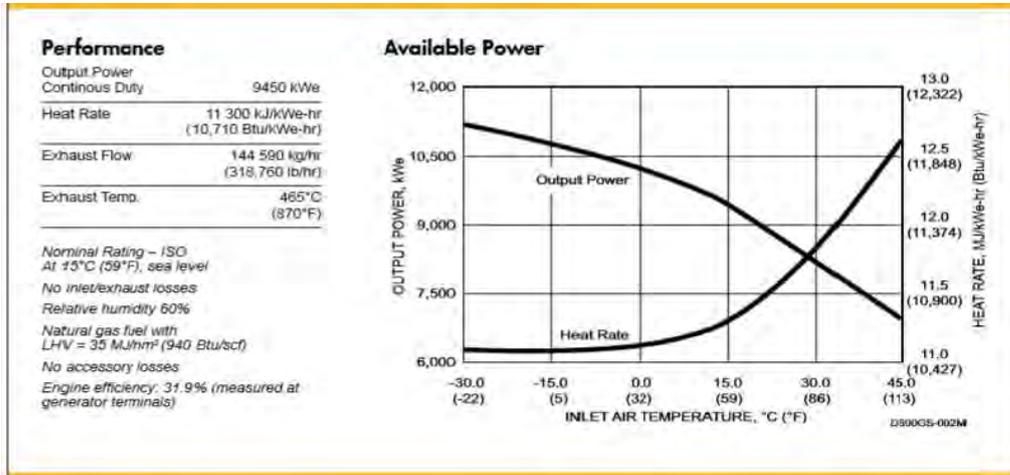
- Merk : Caterpillar STEAM Turbine
- Type : Mars 90
- Daya : Up to 9.5 MW
- Heat Rate : 10.710 BTU/kW-hr
- Dimensi : 14 m x 3.5 Ø m
- Berat Turbin + Aux : 100 Ton



Gambar 4. 1 Gambar Penampang Turbin

(sumber: <https://mysolar.cat/eng-US/generator-set.com>)

Gambar 4.1 di atas adalah gambar dari turbin uap yang digunakan sebagai penggerak generator. Untuk spesifikasi dari kinerja turbin dan peralatan pendukung ini bisa dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini :



General Specifications		
Marz[®] 90		
<ul style="list-style-type: none"> Industrial, Two-Shaft Axial Compressor <ul style="list-style-type: none"> 15-Stage Variable Inlet Guide Vanes Pressure Ratio: 16.3:1 Inlet Airflow: 39.7 kg/sec (87.5 lb/sec) Vertically Split Case Combustion Chamber <ul style="list-style-type: none"> Standard: Annular-Type (Conventional) Optional: Annular-Type, Lean-Premixed, Dry, Low Emission (SoLoNOx[™]) 21 Fuel Injectors (Standard) 14 Fuel Injectors (SoLoNOx) Torch Ignitor System Power Turbine <ul style="list-style-type: none"> 2-Stage, Axial Speed, 50-Hz Generator: 8625 rpm Speed, 60-Hz Generator: 8570 rpm Bearings <ul style="list-style-type: none"> Journal: Tilt-Pad Thrust: Active, Tilt-Pad Thrust: Inactive, Fixed Tapered Land Coatings <ul style="list-style-type: none"> Compressor: Inorganic Aluminum Turbine and Nozzle Blades: Platinum Aluminate Vibration Transducer Type <ul style="list-style-type: none"> Proximity Probes Velocity Pick-up 	<ul style="list-style-type: none"> Construction Options <ul style="list-style-type: none"> Open Drip Proof Totally Enclosed Water/Air Cooled* Sleeve Bearings Voltage Regulation <ul style="list-style-type: none"> Solid-State Regulation with Permanent Magnet Generator Insulation/Rise Options <ul style="list-style-type: none"> NEMA Class F with B Rise Volatges: 3300 to 13,800 Volts Frequency: 50 or 60 Hz 	<ul style="list-style-type: none"> Air Inlet and Exhaust System <ul style="list-style-type: none"> Carbon Steel Stainless Steel Manne-Type Filters Enclosure (Driver Only or Complete) <ul style="list-style-type: none"> Fire Detection and Suppression Factory Testing of Turbine and Package Documentation <ul style="list-style-type: none"> Electrical Drawings Mechanical Drawings Quality Control Data Book Inspection and Test Plan Test Reports Operation and Maintenance Manuals Digital Onskid Display Panel
<ul style="list-style-type: none"> Main Reduction Drive <ul style="list-style-type: none"> Epicyclic Type 1500 or 1800 rpm Generator <ul style="list-style-type: none"> Type: Salient Pole, 3-Phase, 6-Wire, Wye Connected, Synchronous, with Brushless Exciter 	<ul style="list-style-type: none"> Package <ul style="list-style-type: none"> Mechanical Construction <ul style="list-style-type: none"> Steel Base Frame with Drip Pans 316L Stainless Steel Piping Compression-Type Tube Fittings Suitable for 3-Point Mounting FPISO Modifications (Option) Electrical System <ul style="list-style-type: none"> NEC, Class 1, Group D, Div.2 CENELEC/ATEX Zone 2 Conduit/Cable Tray Wiring 120VDC Battery/Charger System Direct-Drive AC Start System Fuel Systems <ul style="list-style-type: none"> Conventional Combustion or Dry Low Emission (SoLoNOx) Fuel Types <ul style="list-style-type: none"> Natural Gas (Conventional and SoLoNOx) Dual Fuel (Gas/Distillate, Conventional Only) Integrated Lube Oil System <ul style="list-style-type: none"> Turbine-Driven Main Pump AC Motor-Driven Pre/Post Pump DC (120V) Motor-Driven Backup Pump Oil Cooler and Oil Heater (Options) Tank Vent Separator and Flame Trap Lube Oil Filter On-Crank or On-Crank/On-Line Turbine Compressor Cleaning System (Options) <ul style="list-style-type: none"> Portable Cleaning Tank (Option) 	<ul style="list-style-type: none"> Turbotronic[™] Control System <ul style="list-style-type: none"> Onskid Control System (Optional Offskid System) <ul style="list-style-type: none"> 24 VDC Control Power (120VDC Input) Serial Link Supervisory Interface Field Programmable Vibration Monitoring <ul style="list-style-type: none"> Turbine Bearings and Shaft Gearbox Generator Bearings Temperature Monitoring <ul style="list-style-type: none"> Turbine Combustion Process Turbine Bearings and Lube Oil Generator Bearings and Windings Generator Control <ul style="list-style-type: none"> Selectable Control Modes Solid-State Voltage Regulation Automatic Synchronization Metering Panel with Manual Synchronization (Option) KW Control (Option) TT4000 Display and Monitoring System <ul style="list-style-type: none"> Multiple Operator Display Screens Data Collection and Playback Turbine Performance Map (Option) Fmter/Logger (Option) Predictive Emissions Monitoring (Option)

Gambar 4. 2 Spesifikasi Turbin

(sumber: <https://mysolar.cat/eng-Ut/generator-set.com>)

Desain *Power Plant Barge* OTEC dimana telah dijelaskan sebelumnya menggunakan *Closed-Rankine System* sebagai kinerja siklus pembangkit, terdapat beberapa komponen penting dalam sistem pembangkit ini yaitu *Evaporator*, *Turbo-Generator*, *Condensor*, berbagai pompa yang menyuplai kebutuhan air laut sebagai tenaga konversi dan fluida kerja yang dipakai dalam *Closed-Rankine System* ini yaitu fluida dengan titik didih yang rendah yaitu ammonia yang memiliki titik didih yang rendah yaitu pada nilai -33° C. Seperti telah dijelaskan sebelumnya *Closed-Rankine System* menggunakan fluida dengan titik didih rendah, misalnya amonia, untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Air laut yang memiliki suhu lebih hangat di permukaan dipompa ke penukar panas di mana fluida kerja yang memiliki titik didih rendah (ammonia) dipanaskan. Fluida kerja yang mengalami perubahan wujud menjadi uap akan mengalami peningkatan tekanan. Uap bertekanan tinggi ini lalu dialirkan ke turbin untuk menghasilkan listrik. Uap dari fluida kerja yang telah melewati turbin tersebut lalu didinginkan kembali dengan air dengan suhu rendah dari laut dalam dan kemudian fluida kerja (ammonia) tersebut mengembun dan kembali ke wujud awalnya berupa cairan. Lalu fluida kerja (ammonia) kembali melakukan siklusnya.

Tenaga listrik yang dihasilkan dari siklus ini beragam besarnya tergantung dari pada suhu permukaan dimana siklus ini dioperasikan, dimana rata-rata siklus ini mampu menghasilkan sekitar 860 kW per $^{\circ}$ C/sec. Daya yang dihasilkan oleh sistem pada *Power Plant Power Plant Barge* OTEC ini mencapai 7920 kW, dimana daya sebesar 2660 kW digunakan sebagai konsumsi sistem pembangkit belum termasuk penggunaan harian dan sisanya sebesar 5260 disalurkan keluar untuk memenuhi kebutuhan listrik kepulauan Talaud, untuk memenuhi kebutuhan daya listrik kapal serta untuk menunjang sistem pembangkit serta memenuhi besaran output daya listrik sebesar 5 MW waktu yang diperlukan untuk mencapai daya sebesar 7920 kW atau hampir 8 MW yaitu selama hampir 2 jam operasional. Sementara itu kebutuhan suplai air laut dengan suhu rendah untuk menunjang proses pembangkit listrik mencapai $13.9 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Untuk spesifikasi teknik dari sistem pembangkit dapat dilihat pada table 4.2 dibawah ini, beserta dimensi komponen utama pembangkit

Tabel 4. 2 Spesifikasi Teknis Sistem Pembangkit

<i>Ship Platform - General Details</i>	
Length	85 m
Breadth	22 m
Operating Draft	4.5 m
Depth	8 m
Weight	6850 Metric tons
Wave Height	3.65 m
Surface Currents	3 Knots (1.5 m/s)
Warm Surface Water Temperature	24° C - 28° C
Cold Water Temperature	4° C - 5° C
CWP Connection Type	Double Gumbal Joint
Mooring System	CAM System
Capital Cost Estimate	13000 US \$/ kW (Min.)
Estimated Operational Life	30 years
<i>Electric Power Cycle</i>	
Power Output per °C	860 kW/ °C
Mass Flow of Ammonia	274 kg/s
Ammonia Pump Consumption	160 kW
Gross Power Output	7920 kW
Net Power Output (Before Desalination)	5260 kW
In Plant Consumption	2660 kW
Submarine Power Cable Diameter	0.15 m
Submarine Power Cable Length	Up to 150 miles
<i>Desalinated Water Cycle (DWC)</i>	
Desalinated Water Discharge	Nearly 2281 m ³ / Day
Net Power Output (After Desalination)	5100 kW
Power Consumed for Desalination (II Stage)	160 kW
Desalinated Water Pipe Diameter	0.16 m
<i>Cold water pipe</i>	
Cold Water Pipe Inner Diameter	2.74 m
Cold Water Pipe Depth	1000 m
Cold Water Temperature	4.5° C
Cold Water Discharge	13.9 m ³ /s
Cold Water Pump Consumption	1280 kW
<i>Warm Water Pipe</i>	
Warm Water Pipe Inner Diameter	4.6 m
Warm Water Pipe Depth	20 m
Warm Surface Water Temperature	26° C
Warm Water Discharge	26.4 m ³ /s
Warm Water Pump Consumption	1190 kW
<i>Mixed Effluent Pipe</i>	
Mixed Effluent Pipe Inner Diameter	5.5 m
Mixed Effluent Pipe Depth	60 m

Dimensi komponen pembangkit :

- Condensor : 17.5m x 5m x 5m
- Evaporator : 16m x 7m x 7m
- Turbin-Generator : 14.5m x 3.5m Ø
- WP Evaporator : 15m x 9.5m Ø
- WP Condensor : 10m x 10m x 12m
- Warm Water Pipe : 5m x 3m Ø
- Cold Water Pipe : 1000m x 2.8m Ø
- Mixed Water Pipe : 5.5m Ø

4.4 Penentuan Daerah Operasional *Power Plant Barge* OTEC

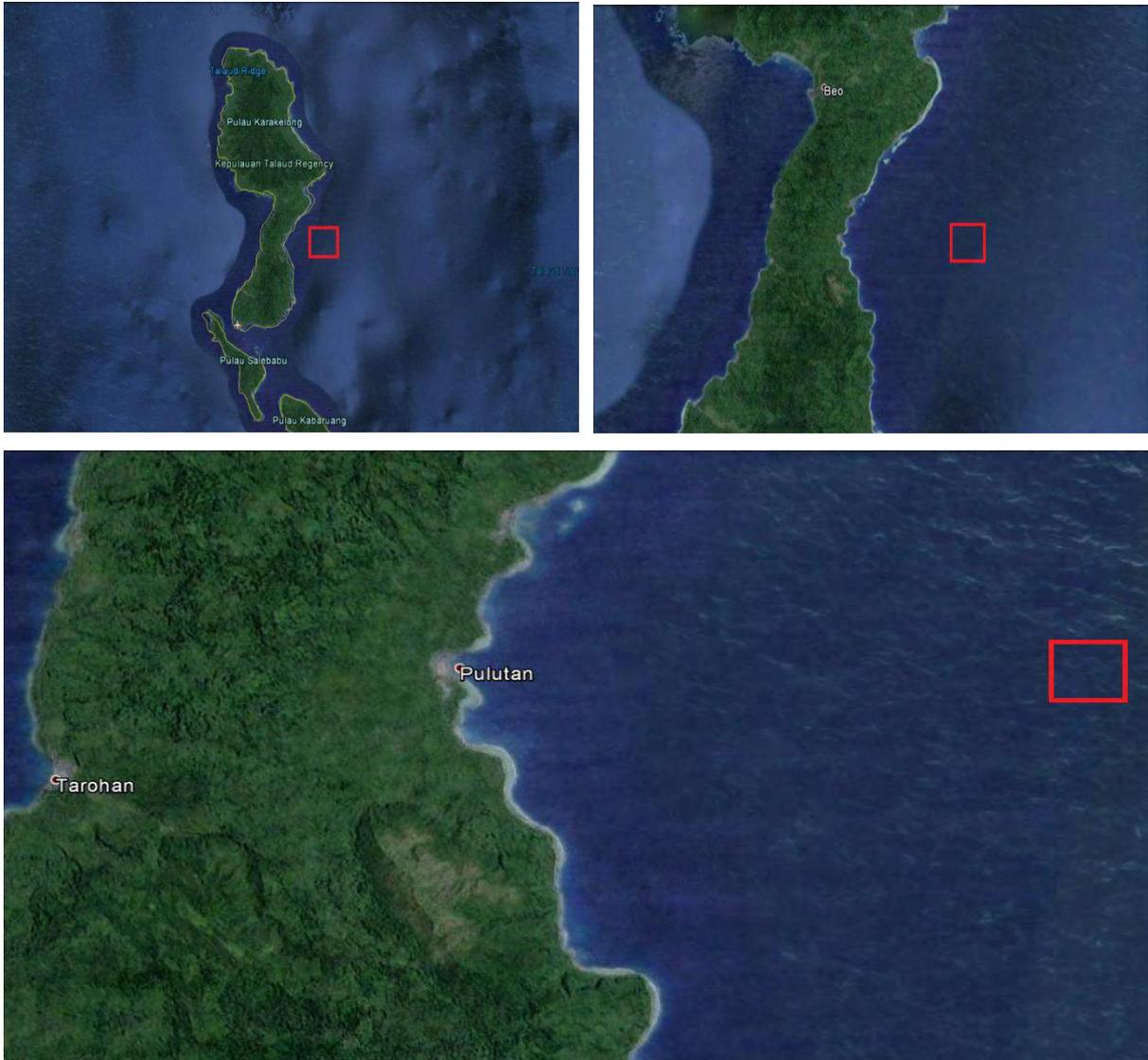
Terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam menentukan tempat peletakan atau daerah operasional dari *Power Plant Barge* OTEC ini, salah satu kriteria yang harus dipenuhi dalam menentukan daerah operasional yaitu suhu air laut yang rendah didasar laut dengan suhu 4-6 °C yang umumnya dapat ditemukan pada rentang kedalaman 800-1000 m dari permukaan laut. Namun terlebih dahulu harus dilihat apakah Kepulauan Talaud memiliki potensi panas air laut yang akan dikonversi untuk memenuhi kebutuhan listrik di Kepulauan Talaud, berikut pada tabel 4.3 merupakan potensi panas air laut di Indonesia .

Tabel 4. 3 Potensi Energi Panas Laut Indonesia

POTENSI ENERGI PANAS LAUT (OTEC)						
No	Area	Panjang Pantai (km)	Potensi Nominal (kW)	Potensi Teoritis (MW)	Potensi Teknis (MW)	Potensi Praktis (MW)
1	Barat P. Enggano	118	631.773	74.802	1.895	569
2	L. Mentawai, Timur P. Siberut	343	631.773	216.698	6.450	2.085
3	Samudera Hindia, Selatan Panaitan	188,7	640.398	120.843	3.842	1.153
4	Flores Sea, Utara Bali Hingga Utara Bima	950,2	636.078	604.402	19.718	5.916
5	Laut Banda	600,8	633.924	380.862	12.679	3.804
6	Laut Banda, Selatan P. Banda Neira	365	638.236	232.956	7.659	2.298
7	Laut Maluku, Barat Kep. Banggai	186,3	631.773	117.699	3.791	1.137
8	Laut Maluku, Selatan Halmahera	517,1	631.773	326.690	10.740	3.222
9	Selat Makassar, Pantai Barat Majene - Pantai Barat Palu	644,8	629.626	405.983	13.222	3.967
10	Sulawesi Sea, Barat P. Siau, Sangir	175,3	636.078	11.505	3.180	954
11	Timur Laut Kep. Bunaken	291,9	636.078	185.671	5.725	1.717
12	Utara P. Talaud	489,8	638.236	312.608	10.212	3.064
13	L. Halmahera	417,3	636.078	265.436	8.269	2.481
14	Samudera Hindia, Selatan Sumbawa Hingga Selatan Timor	369,4	638.236	108.117	3.191	957
15	Selat Alor dan Selat Ombai	394	640.398	252.317	8.325	2.498
16	Laut Seram, Utara P. Seram	278,2	638.236	177.557	5.744	1.732
17	Samudera Pasifik, Utara Irian	551,6	640.398	353.244	11.527	3.458
TOTAL			10.809.092	4.147.390	136.169	41.012

Dapat dilihat pada tabel 4.3 diatas mengenai potensi energi panas laut yang bersumber dari data statistik yang dihimpun kementerian EBTKE ESDM tahun 2014, Kepulauan talaud memiliki potensi energi panas laut sebesar 3064 MW dengan artian sumber energi yang dimiliki oleh Kepulauan Talaud jauh lebih dari cukup untuk memenuhi defisit listrik di Kepulauan talaud yang hanya mencapai angka 5 MW.

Tempat yang dipilih untuk menempatkan *Power Plant Barge OTEC* ditentukan dari daerah-daerah yang mengalami kekurangan listrik dan kriteria tertentu seperti kedalaman dan perbedaan suhu air laut. Dari data yang telah didapatkan daerah yang dipilih untuk menempatkan *Power Plant barge OTEC* adalah pada 10 km lepas pantai Pulau Karakelong, Kecamatan Pulutan Timur, seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 dan 4.5 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Lokasi penempatan *Power Plant Barge OTEC*
(sumber: [https:// google-earth.com](https://google-earth.com))

Tabel 4. 4 Data Metocean (tinggi gelombang) Kepulauan Talaud

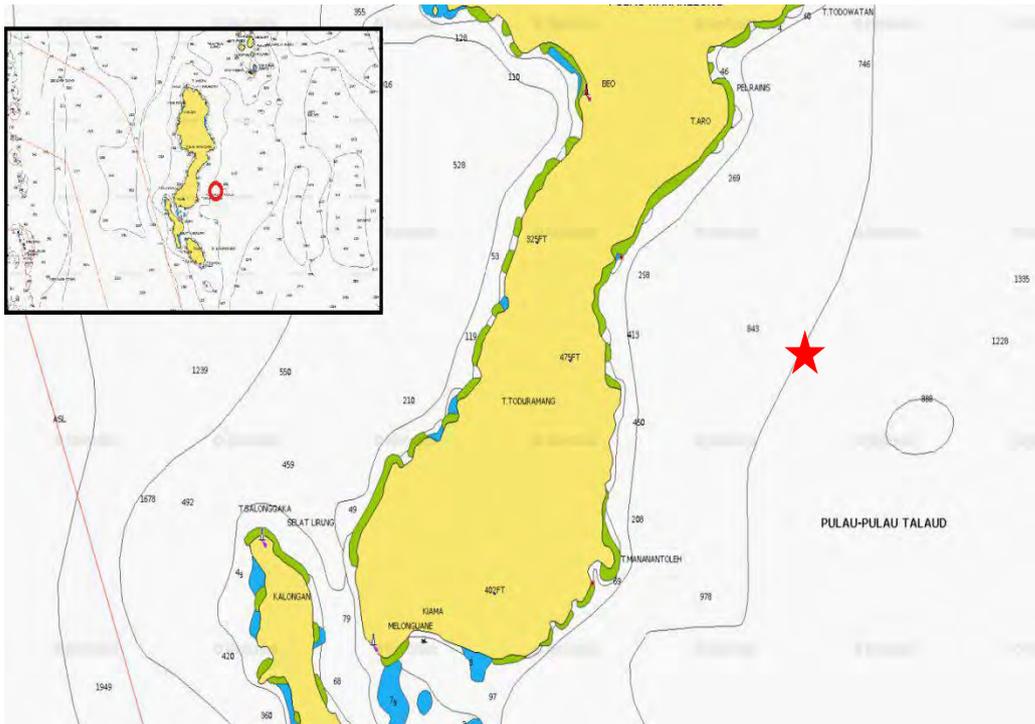
RETURN PERIOD	H_s (m)	T_p (s)	H_c (m)	H_{max} (m)	$TH_{max_{lower}}$ (s)	$TH_{max_{mid}}$ (s)	$TH_{max_{upper}}$ (s)
1-year	4.4	9.9	5.1	8.3	8.1	8.7	10.4
10-years	7.0	11.7	8.1	13.3	9.7	10.3	11.8
100-years	9.7	13.0	11.2	18.3	10.9	11.5	12.9
200-years	10.5	13.4	12.1	19.8	11.2	11.8	13.1
1000-years	12.3	14.1	14.2	23.3	12.0	12.4	13.7
10000-years	15.0	15.1	17.2	28.3	12.9	13.3	14.4

Table 3.1.1 Extreme Omni-directional Wave Criteria: Typhoon Conditions

RETURN PERIOD	H_s (m)	T_p (s)	H_c (m)	H_{max} (m)	$TH_{max_{lower}}$ (s)	$TH_{max_{mid}}$ (s)	$TH_{max_{upper}}$ (s)
1-year	3.5	9.0	4.0	6.6	7.2	7.9	9.6
10-years	4.2	9.5	4.8	7.9	7.7	8.4	10.0
100-years	4.8	9.9	5.6	9.1	8.1	8.7	10.4
200-years	5.0	10.1	5.8	9.5	8.2	8.8	10.4
1000-years	5.5	10.3	6.3	10.4	8.5	9.1	10.7
10000-years	6.1	10.7	7.0	11.5	8.8	9.4	11.0

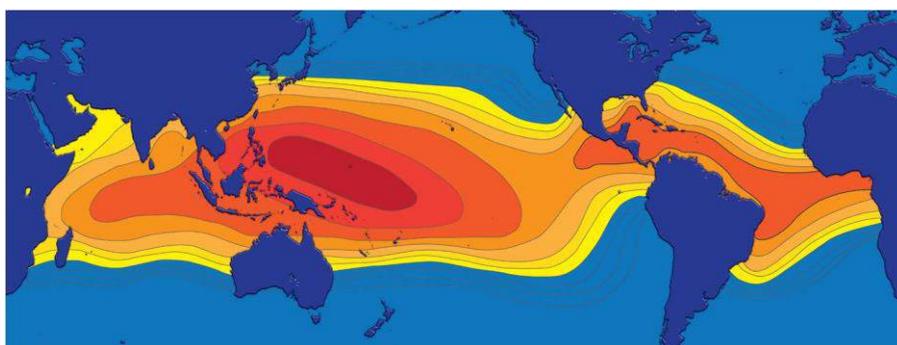
Table 3.1.2 Extreme Omni-directional Wave Criteria: Monsoon Conditions

Tabel 4.4 diatas merupakan data Metocean (tinggi gelombang) di daerah utara kepulauan Sulawesi termasuk didalamnya Kepulauan Talaud, dapat dilihat pada tabel diatas yang merupakan data perkiraan tinggi gelombang di daerah utara kepulauan Sulawesi untuk rentang 1 – 10000 tahun kedepan, terdapat 2 musim pergerakan angin yang secara umum melalui daerah utara kepulauan Sulawesi, untuk perkiraan tinggi gelombang harian dapat menggunakan data tinggi gelombang pada Monsoon *Conditions* dimana karakteristik tinggi gelombang lebih stabil dan tenang, sementara itu untuk mengetahui kondisi ekstrem dari daerah perairan tersebut dapat dilihat pada Typhoon *Conditions* dimana kondisi ekstrem tersebut hanya terjadi sesekali pada rentang periode yang tidak begitu lama.



Gambar 4. 4 Batimetri lokasi penempatan *Power Plant Barge* OTEC
(sumber: [https:// webapp.navionics.com](https://webapp.navionics.com))

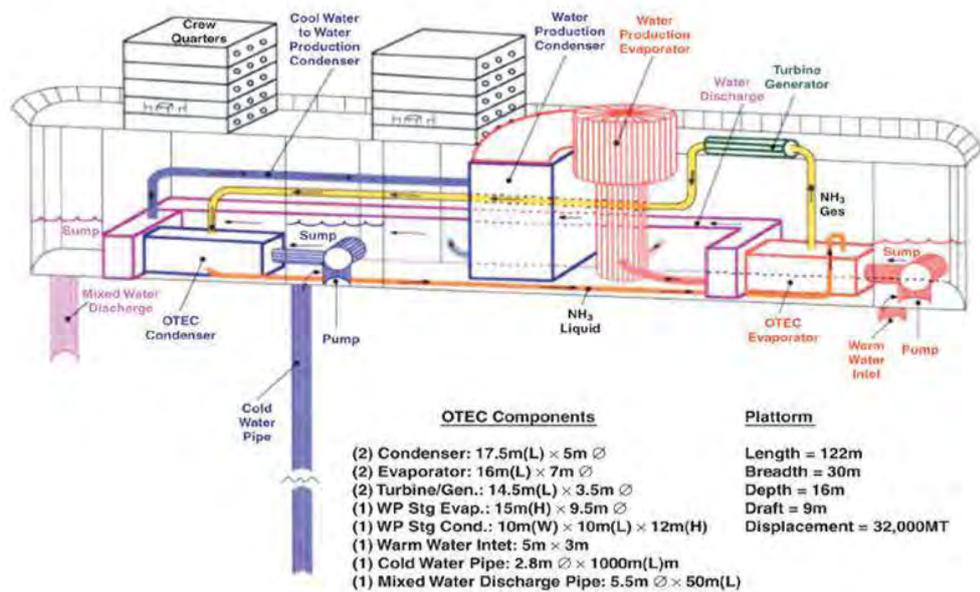
Dapat dilihat pada gambar 4.4 batrimetri lokasi penempatan *Power Plant Barge* OTEC kedalaman laut pada daerah yang dituju berkisar antara kedalaman 800-1000 m dari permukaan laut yaitu 10 km dari lepas pantai Pulau Karakelong, Kecamatan Pulutan Timur, lokasi tersebut dianggap strategis karena suhu dipermukaan serta suhu di kedalaman 800-1000 m sudah mendukung untuk proses pembangkitan daya listrik dengan memanfaatkan panas air laut, serta lokasi tersebut dekat dengan sumber energi panas air laut di bumi, seperti pada gambar 4.6 dibawah ini yang menunjukkan persebaran energi panas laut diseluruh dunia.



Gambar 4. 6 Persebaran Energi Panas Laut
(sumber: [https:// utmotec.wordpress.com](https://utmotec.wordpress.com))

4.5 Penentuan Ukuran Utama Awal

Metode penentuan ukuran utama pada tugas akhir ini menggunakan metode *Parent Ship Design*, dimana digunakan output daya listrik sebagai penentuan utama kapal yang akan diterapkan dengan metode ini, metode ini dipilih dikarenakan sulit dan jarang nya kapal dengan jenis ini. Berikut merupakan layout dan spesifikasi dari kapal dengan fungsi sejenis serta kapasitas hasil daya listrik sebesar 5 MW.



Gambar 4. 5 *Parent Ship*

(sumber: <https://clubdesargonauts.org/otec/vol/vol12-4-2.com>)

Berikut merupakan data teknis tambahan :

Tabel 4. 5 Data Teknis 5 MW *Parent Ship*

Ship Platform - General Details		
Length	122	m
Breadth	30	m
Operating Draft	9	m
Depth	16	m
Weight 32000 Metric tons	32000	tons
Wave Height	3.65	m
Surface Currents	3	knots
Warm Surface Water Temperature	24° C - 28° C	
Cold Water Temperature	4° C - 5° C	
CWP Connection Type	Double Gimbal Joint	
Mooring System	Spread Mooring Sys	
Capital Cost Estimate	13000 US \$/ kW (Min.)	
Estimated Operational Life	30 years	

Langkah selanjutnya dapat dilakukan pengecekan ukuran utama terhadap batasan-batasan perbandingan ukuran utama.

$L/B = 4,07$	$3,5 < L/B < 10$	PNA Vol. 1 hal. 19
$L/H = 7,63$	$8,12 < L/H < 15,48$	Ship Design for Efficiency and Economy hal.160
$L/T = 13,56$	$10 < L/T < 30$	PNA Vol. 1 hal. 19
$B/T = 3,33$	$1,8 < B/H < 5$	
$L/16 = 7,63$	$H > L/16$	

Berdasarkan hasil perhitungan teknis yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan pengecekan teknis meliputi pengecekan berat, stabilitas, trim, dan lambung timbul kapal. Dari pengecekan teknis mengenai berat yang telah dilakukan, diketahui bahwa ukuran utama awal yang digunakan tidak memenuhi pengecekan berat.

Perbandingan DWT+LWT dan Displacement			
W	=	12249.206	ton
Displ.	=	32800.000	ton
Margin	=	20550.794	ton
	=	62.7	%

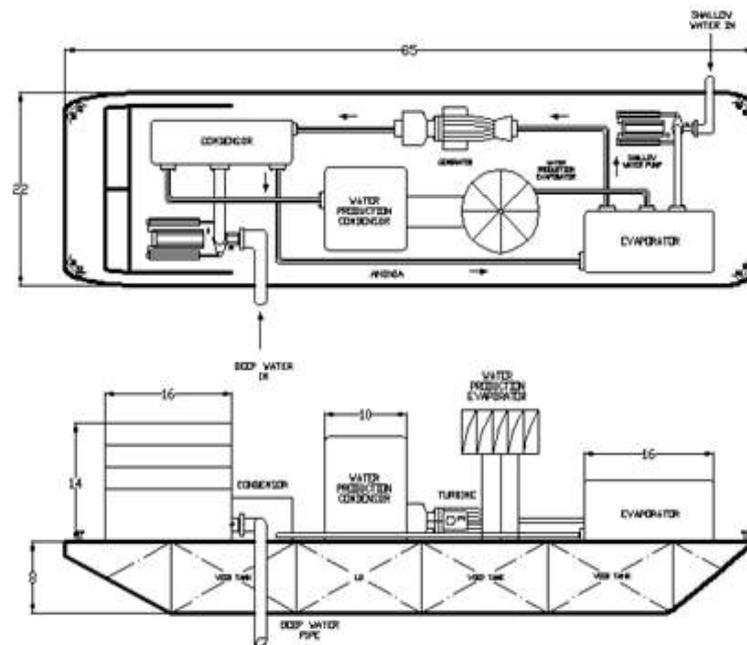
Oleh sebab itu dilakukan perubahan pada ukuran utama awal dari kapal pembanding dengan mengacu pada kemampuan kapal hasil perubahan ukuran utama mampu mengangkat keseluruhan komponen pemabangkit listrik dan ketersediaan luasan deck untuk tempat komponen pembangkit diletakan, setelah melakukan perubahan ukuran utama didapatkan ukuran utama awal kapal yang akan digunakan sebagai berikut :

Daya	=	5 MW
Panjang	=	85 m
Lebar (B)	=	22 m
Tinggi (H)	=	8 m
Sarat (T)	=	4,5 m

Langkah selanjutnya dilakukan kemabali pengecekan ukuran utama terhadap batasan-batasan perbandingan ukuran utama.

$L/B = 3,86$	$3,5 < L/B < 10$	PNA Vol. 1 hal. 19
$L/H = 10,63$	$8,12 < L/H < 15,48$	Ship Design for Efficiency and Economy hal.160
$L/T = 18,89$	$10 < L/T < 30$	PNA Vol. 1 hal. 19
$B/T = 4,89$	$1,8 < B/H < 5$	
$L/16 = 5,31$	$H > L/16$	

Setelah ukuran utama awal kapal didapatkan dapat dilakukan pembuatan *layout* awal *barge* yang didasarkan pada ukuran dari mesin pembangkit. Pertama *layout* dibuat dengan menempatkan mesin pembangkit, kemudian diberikan ruang untuk rumah geladak *barge*. *Layout* awal dari *barge* bisa dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.... Ukuran utama awal kapal didapatkan dengan cara membuat sket/*layout* awal dari desain *power barge*. *Layout* awal ini dibuat atas dasar dimensi dari mesin generator set yang digunakan. Selain dari dimensi mesin pembangkit yang digunakan pertimbangan penentuan ukuran utama didapatkan dari perbandingan ukuran utama dari kapal perbandingan yang didapatkan.



Gambar 4. 6 Layout Awal *Barge*

4.6 Perhitungan Teknis

4.6.1 Perhitungan Koefisien

a. Block Coefficient (CB) (Watson and Gilfillan)

Koefisien Block merupakan perbandingan antara volume displacement kapal dengan volume dari sebuah balok yang mengelilinginya

$$CB = 0,880$$

b. Midship Coefficient (CM)

Koefisien Midship adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan luas suatu penampang yang lebarnya = B dan tingginya = T. Dari perhitungan didapat harga CM (Parsons, 2003).

$$CM = 0,977 + 0,085 \cdot (CB - 0,6)$$

Ref : (Parametric Ship Design hal.11-12)

Didapatkan :

$$CM = 0,976$$

c. Prismatic Coefficient (Cp)

$$CP = CB / CM$$

Didapatkan :

$$\begin{aligned} CP &= CB / CM \\ &= 0,880 / 0,976 \\ &= 0,902 \end{aligned}$$

d. Waterplane Coefficient (Cwp)

Koefisien waterplan adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang pada Lwl dan tinggi = T. Dari perhitungan ukuran yang optimal didapat harga CWP (Parsons, 2003).

$$CWP = 0,262 + 0,81 \cdot CP$$

Ref : (Parametric Ship Design hal.11-16)

Didapatkan :

$$\begin{aligned} CWP &= 0,262 + 0,81 \cdot 0,902 \\ &= 0,993 \end{aligned}$$

4.6.2 Perhitungan *Displacement* dan *Volume Displacement*

Volume Displacement adalah volume air yang dipindahkan akibat badan kapal yang terbenam di dalam air. Sementara itu *Displacement* merupakan berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup kedalam air.

$$\begin{aligned} \nabla &= L \cdot B \cdot T \cdot C_B \\ &= 6677,542 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacktriangle &= \blacktriangledown \times \rho \\ &= 6844.481 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.6.3 Perhitungan Berat Kapal

Komponen berat adalah DWT dan LWT. Yang termasuk ke dalam komponen DWT adalah muatan yang diangkut. Sementara komponen LWT adalah berat baja *barge*, berat peralatan dan perlengkapan.

1) Perhitungan Berat Baja Kapal

Perhitungan berat baja kapal didapatkan dengan menggunakan metode *Harvald & Jensen* (1992), dari buku *Ship Design Efficiency and Economy* (Schneekluth : 1998).

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat baja kapal :

Volume Deck House (V_{DH})

1. Volume Deck House 1 (V_{DH1})

$$\begin{aligned} \text{Panjang Deck House 1 } (\ell_{DH1}) &= 15.5 \text{ m} \\ \text{Lebar Deck House 1 } (b_{DH1}) &= 19 \text{ m} \\ \text{Tinggi Deck House 1 } (t_{DH1}) &= 6 \text{ m} \\ \text{Volume Deck House 1 } (V_{DH1}) &= \ell_{DH1} \cdot b_{DH1} \cdot t_{DH1} \\ &= 1767 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Volume Deck House 2 (V_{DH2})

$$\begin{aligned} \text{Panjang Deck House 2 } (\ell_{DH2}) &= 15.5 \text{ m} \\ \text{Lebar Deck House 2 } (b_{DH2}) &= 19 \text{ m} \\ \text{Tinggi Deck House 2 } (t_{DH2}) &= 2.5 \text{ m} \\ \text{Volume Deck House 2 } (V_{DH2}) &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2} \\ &= 736.25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. Volume Deck House 3 (V_{DH3})

$$\begin{aligned} \text{Panjang Deck House 3 } (\ell_{DH3}) &= 15.5 \text{ m} \\ \text{Lebar Deck House 3 } (b_{DH3}) &= 19 \text{ m} \\ \text{Tinggi Deck House 3 } (t_{DH3}) &= 2.5 \text{ m} \\ \text{Volume Deck House 3 } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3} \\ &= 736.25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4. Volume Deck House 4 (V_{DH4})

$$\begin{aligned} \text{Panjang Deck House 4 } (\ell_{DH4}) &= 15.5 \text{ m} \\ \text{Lebar Deck House 4 } (b_{DH4}) &= 19 \text{ m} \\ \text{Tinggi Deck House 4 } (t_{DH4}) &= 2.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Deck House 4 (V}_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3} \\ &= 736.25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume Deck House

$$\begin{aligned} V_{DH} &= V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} \\ &= 3975.75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})

DA = Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House

$$= H + \frac{V_A + V_{DH}}{L_{PP} \cdot B}$$

$$= 10.13 \text{ m}$$

$$C_{SO} = 0.0752 \text{ t/m}^3$$

D = Berat Kapal

$$= 6844.481 \text{ Ton}$$

$$U = \log \frac{\Delta}{100}$$

$$= 1.8353$$

$$C_s = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})}$$

$$= 0.1125$$

Total Berat Baja

$$W_{ST} = L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_s$$

$$= 2130.54 \text{ ton}$$

$$W_{Lbg} = 715.364 \text{ ton}$$

$$W_{DH} = 1415.174 \text{ Ton}$$

2) Perhitungan berat permesinan

Mesin Generator Utama

W_{turbin}	=	100	ton
KG_{turbin}	=	9.75	m
LCC_{turbin}	=	7	m
$W_{\text{filter\&aux}}$	=	1547.5	ton
$KG_{\text{filter\&aux}}$	=	12.42	m
$LCC_{\text{filter\&aux}}$	=	2.47	m
W_{total}	=	1647.5	ton
KG_{total}	=	6.685	m
LCC_{total}	=	6.841	m

Titik Berat Machinery :

$$KG_{\text{total}} = \frac{KG_{GU} \cdot W_{GU} + KG_{AUX} \cdot W_{AUX}}{W_{GU} + W_{AUX}}$$

$$LCC_{\text{total}} = \frac{LCC_{GU} \cdot W_{GU} + LCC_{AUX} \cdot W_{AUX}}{W_{GU} + W_{AUX}}$$

Peralatan Auxiliary

W_{aux}	=	25% . W_{GU}	
	=	411.88	ton
KG_{aux}	=	hdb + 25% . H	
	=	1.85	m
LCC_{aux}	=	-8.43	m

3) Perhitungan Berat Consumable

Jumlah & Berat Crew

Crew	=	22	orang
$C_{C\&E}$	=	0.17	ton/orang ; asumsi berat kru+barang
$W_{C\&E}$	=	Berat Kru Total	
	=	$Z_c \cdot C_{c\&e}$	
	=	3.74	ton

Fuel

SFR	=	0.000183	ton/kW-hr
MCR	=	8000	kW
Margin	=	10%	
WFO	=	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_s \cdot \text{Margin}$	
	=	91.130	ton
VFO	=	97.845	m ³

Lubricating Oil

$$\begin{aligned} \text{SFR} &= 0.000183 \text{ ton/kW h} && ; \text{ dari data mesin (diambil yang terbesar)} \\ \text{MCR} &= 5000 \text{ kW} \\ \text{Margin} &= 10\% && ; (5\% \sim 10\%) \\ W_{\text{LO}'} &= \text{SFR} \cdot \text{MCR} \cdot \frac{S}{V_S} \cdot (1 + \text{Margin}) \\ &= 24.516 \text{ ton} \\ W_{\text{LO}''} &= \frac{W_{\text{LO}'} + 4\% \cdot W_{\text{LO}'}}{\pi} && ; \text{ Diktat IGM Santosa Penambahan 2\%} \\ &&& \text{ untuk} \\ &&& \text{konstruksi dan 2\% untuk ekspansi panas} \\ &&& \text{dan } \pi = 0.9 \\ V_{\text{LO}''} &= 27.914 \text{ Ton} \\ &= 31.015 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Water Production Tank

$$\text{Dimension} = 15.5 \times 11 \times 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} &= 1364 \text{ m}^3 \\ &= 1398.1 \text{ ton} \end{aligned}$$

Fresh Water

$$\begin{aligned} C_{w1} &= 50 \text{ kg/orang hari} && ; \text{ Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru} \\ &= 0.0021 \text{ ton/orang jam} \\ C_{w2} &= 0.005 \text{ ton/HP} && ; \text{ Koef. air tawar untuk pendingin mesin} \\ W_{\text{FW1}} &= C_{w1} \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c && ; \text{ Berat air tawar untuk mandi, cuci,} \\ &&& \text{minum} \\ &= 21 \text{ ton} \\ W_{\text{FW2}} &= C_{w2} \cdot \text{BHP} && ; \text{ Berat air tawar untuk pendingin mesin} \\ &= 0.11 \text{ ton} \\ W_{\text{FW total}} &= W_{\text{FW1}} + W_{\text{FW2}} \\ &= 21.11 \text{ ton} \\ W_{\text{FW}} &= W_{\text{FW total}} + 2\% \cdot W_{\text{FW total}} && ; \text{ terdapat penambahan koreksi 2\%} \\ &= 21.532 \text{ ton} \end{aligned}$$

Total Berat Consumable and Crew (W_{cons})

$$\begin{aligned} &= W_{\text{LO}} + W_{\text{FW}} + W_{\text{DO}} + W_{\text{FO}} \\ &= 1538.675 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4) Berat Peralatan dan Perlengkapan

Input Data

$$L = 85 \text{ m}$$

$$B = 22 \text{ m}$$

$$H = 8 \text{ m}$$

$$C_{ALV} = 210 \text{ kg/m}^2 ; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 172}$$

untuk Cargo Ship kecil dan sedang : 160 – 170 kg/m²

diambil nilai tengah untuk Cargo Ship ukuran sedang

1. Layer I

$$\ell_{DH1} = 15.5 \text{ m}$$

$$b_{DH1} = 19 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{DH1} &= \ell_{PO} \cdot b_{PO} \\ &= 294.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{DH1} &= \frac{A_{DH1} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 61.845 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Layer III

$$\ell_{DH3} = 15.5 \text{ m}$$

$$b_{DH3} = 19 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{DH3} &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \\ &= 294.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{DH3} &= \frac{A_{DH3} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 61.845 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Layer II

$$\ell_{DH2} = 15.5 \text{ m}$$

$$b_{DH2} = 19 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{DH2} &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \\ &= 294.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{DH2} &= \frac{A_{DH2} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 61.845 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{W \text{ Total}} &= W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} + W_{AN} \\ &= 247.380 \text{ ton} \end{aligned}$$

Grup IV

$$C = 0.25 \text{ ton/m}^2$$

; 0.18 ton/m² < C < 0.26 ton/m² untuk ukuran

sedang, Ship Design Efficiency and Economy hal 172

$$W_{IV} = \sqrt[3]{(L_{PP} \cdot B \cdot H)^2 \cdot C} \quad ; \text{ untuk ukuran sedang}$$

$$= 151.785 \text{ ton}$$

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$$W_{E\&O} = W_{Total} + W_{IV}$$

$$= 399.165 \text{ ton}$$

Berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu komponen DWT (*Dead Weight Tonnage*) dan komponen LWT (*Light Weight Tonnage*). Komponen berat kapal DWT dalam tugas akhir ini terdiri dari berat crew dan barang bawaannya, berat tangki air tawar, berat tangki bahan bakar dan berat tangki minyak pelumas. Sementara berat LWT merupakan berat kapal kosong dan terdiri dari berat baja kapal, berat konstruksi lambung kapal, berat permesinan, dan peralatan yang digunakan. Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan berat DWT dan LWT *Power Plant Barge OTEC*

Tabel 4. 6 Berat DWT

Item	Value	Unit
Berat Crew & Barang Bawaan		
Jumlah Crew	22	orang
Berat Barang Bawaan	0.17	kg/orang
Berat Total Crew & Barang Bawaan	3.74	ton
Berat Tanki		
Tanki Air Tawar	21.53	ton
Tanki Bahan Bakar	56.96	ton
Tanki Pelumas	27.91	ton
Tanki Water Production	1398.1	ton
Total DWT	1538.675	ton

Tabel 4. 7 Berat LWT

Item	Value	Unit
Ballast	670	ton
Berat Baja	2130.538	ton
Peralatan & Perlengkapan	399.165	ton
Komponen Pembangkit + Aux	2059.375	ton
Total LWT	5259.078	ton

Dari hasil perhitungan berat yang telah dilakukan berat dari komponen DWT seberat 1538.675 ton, sementara berat dari komponen LWT seberat 5259.078 ton, sehingga didapatkan berat kapal total seberat 6797.753 ton

Setelah diketahui keseluruhan berat dari tiap komponen maka dapat dilakukan perhitungan titik berat total dari kapal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} KG_{\text{total}} &= \frac{W_{\text{ST}} \cdot KG_{\text{ST}} + W_{\text{E\&O}} \cdot KG_{\text{E\&O}} + W_{\text{M}} \cdot KG_{\text{M}} + W_{\text{cons}} \cdot KG_{\text{cons}} + W_{\text{payload}} \cdot KG_{\text{payload}}}{W_{\text{ST}} + W_{\text{E\&O}} + W_{\text{M}} + W_{\text{cons}} + W_{\text{payload}}} \\ &= 6.993 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_{\text{total}} &= \frac{W_{\text{ST}} \cdot LCG_{\text{ST}} + W_{\text{E\&O}} \cdot LCG_{\text{E\&O}} + W_{\text{M}} \cdot LCG_{\text{M}} + W_{\text{cons}} \cdot LCG_{\text{cons}} + W_{\text{payload}} \cdot LCG_{\text{payload}}}{W_{\text{ST}} + W_{\text{E\&O}} + W_{\text{M}} + W_{\text{cons}} + W_{\text{payload}}} \\ &= - 5.082 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk data perhitungan berat dan titik berat yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 1).

4.6.4 Perhitungan Freeboard

- *Freeboard standart*

Yaitu *freeboard* yang tertera pada tabel freeboard standar sesuai dengan tipe kapal.

$$Fb = 396 \text{ mm}$$

- Koreksi untuk kapal di bawah 100m (Fb_1)

Untuk kapal dengan panjang $24 < L < 100$ m dan mempunyai *superstructure* tertutup dengan panjang efektif mencapai 35%L.

$$Fb_1 = 39.375 \text{ mm}$$

- Koreksi koefisien blok (untuk kapal dengan $Cb > 0.68$)

$$\begin{aligned} Fb_2 &= fb \times (0.68 + Cb) / 1.36 \\ &= 499.400 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Koreksi tinggi (Fb_3)

Koreksi dilakukan apabila $D > L/15$

$$D = \text{tinggi kapal} = 8 \text{ meter}$$

$$L/15 = 5.667 ; D > L/15 \text{ maka } Fb_3 = Fb_2 + (R(D - (L/15)))$$

$$Fb_3 = 912.595 \text{ mm}$$

- Koreksi lengkung memanjang kapal

Karena kapal ini tidak memiliki lengkungan atau sheer, maka koreksi LMK = 0 mm

- Lambung timbul minimum

Adalah penjumlahan dari semua koreksi untuk mendapatkan tinggi lambung timbul minimum.

Freeboard standart = 396 mm
 Koreksi Panjang = 39.375 mm
 Koreksi koefisien blok = 499.400 mm
 Lambung timbul (Freeboard) minimum = 912.595 mm

Dari perhitungan batasan yang telah dibuat didapat nilai lambung timbul minimum adalah 912.595 mm. Lambung timbul yang didapatkan dari $H - T$ didapat nilai 3500 mm. Jadi lambung timbul *barge* telah memenuhi standar.

4.6.5 Perhitungan Trim

Trim adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi di mana sarat belakang TF dan sarat depan Ta adalah sama. Trim terbagi dua yaitu :

1. Trim haluan
2. Trim buritan

Perhitungan trim dengan rumus yang diambil dari *Parametric Design chapter 11 [Parsons]*:

Kondisi Hidrostatik

1. KB

$$\begin{aligned} KB/T &= 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B \\ &\text{Parametric Ship Design hal. 11 - 18} \\ &= 0.5192 \end{aligned}$$

$$KB = 2.3364 \text{ m}$$

2. BM_T

$$\begin{aligned} C_I &= 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041 \\ &\text{Transverse Inertia Coefficient} \\ &\text{Parametric Ship Design hal. 11 - 19} \\ &= 0.0806 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_T &= C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3 \\ &= 72949.448 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_T &= I_T / \nabla && ; \text{jarak } B \text{ dan } M \text{ secara} \\ & && \text{melintang} \\ &= 10.925459 \text{ m} \end{aligned}$$

3. BM_L

$$C_{IL} = 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$$

Longitudinal Inertia Coefficient

$$= 0.091$$

$$I_L = \frac{C_{IL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B}{B}$$

$$= 1229478.3 \text{ m}^4$$

$$BM_L = \frac{I_L}{\nabla} \quad ; \text{ jarak } B \text{ dan } M \text{ secara melintang}$$

$$= 184.1213 \text{ m}$$

4. $GM_L = KB + BM_L - KG$

$$= 179.4645$$

5. Trim = $\frac{(LCG - LCB) \cdot L_{PP}}{GM_L}$; *Parametric Ship Design hal 11 - 27*

$$= 0.3607 \text{ m}$$

Kondisi Trim

Trim Buritan

6. Batasan Trim

$$\Delta (LCG - LCB)$$

$$= 0.762003$$

$$0.1 \cdot L_{PP}$$

$$= 8.5$$

Kondisi Batasan Trim

Diterima

4.6.6 Perhitungan Stabilitas

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO).. Berikut adalah pemeriksaan hasil hitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya :

Tabel 4. 7 Hasil perhitungan Stabilitas

Data	Hasil	Kriteria IMO	Kondisi
e_{30° (m.rad)	1.19	≥ 0.055	Diterima
e_{40° (m.rad)	1.87	≥ 0.09	Diterima
e_{30-40° (m.rad)	0.67	≥ 0.03	Diterima
h_{30° (m)	2.94	≥ 0.2	Diterima
θ_{\max} (deg)	44.45	≥ 25	Diterima
GM_0 (m)	7.48	≥ 0.15	Diterima

Keterangan :

- e_{30° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 30° sudut oleng,
- e_{40° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 40° sudut oleng,
- e_{30-40° adalah luasan bidang yang terletak di bawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40°
- h_{30° adalah lengan statis (GZ) pada sudut oleng $> 30^\circ$.
- θ_{\max} adalah sudut dimana lengan stabilitas statis (GZ) maksimum terjadi.
- GM_0 adalah tinggi metacentre (MG) pada sudut oleng 0° .

Dari hasil pemeriksaan di atas maka telah dibuktikan bahwa ukuran utama yang dihasilkan telah memenuhi semua kriteria stabilitas.

4.7 Perhitungan Kebutuhan Listrik *Power Plant Barge OTEC*

Perhitungan listrik dalam *Power Plant Barge OTEC* dihitung untuk mengetahui daya yang diakomodasikan untuk pemakaian sendiri mencukupi atau tidak. Dalam perhitungan ini dihitung kebutuhan listrik untuk penerangan (*lighting*) dan untuk pasokan tenaga mesin-mesin pembantu (*power*). Dari keseluruhan 7.92 MW, daya yang dialokasikan untuk kebutuhan sendiri adalah sebesar 2.97 MW, dan 4.95 MW sisanya disalurkan keluar. Berikut ini adalah data kebutuhan listrik untuk *lighting* dan *power* :

Gambar 4. 8 Data Kebutuhan Listrik untuk *lighting*

LIGHTING							
	Lampu					Stop Contact (100W/unit)	Total Watt
	FL 1 x 10 W	FL 1 x 15 W	FL 1 x 20 W	FL 1 x 25 W	FL 1 x 60 W		
DECK 1							
Main Deck					30		1800
Maintenance Area					10	4	1000
Workshop					6	4	760
LV Switchgear Room			8			6	760
MV Switchgear Room			8			6	760
Transformers room		6					90
Injector, CO2, Store			9			4	580
DECK 2							
Control Room				10		4	650
Storage	4						40
Prod. Dept. Office				8		8	1000
Eng. Dept. Office				8		8	1000
Change Room, Shower	2	6				2	310
Toilet	6	4					120
Mess Room, Pantry		3		16		8	1245
Gangway		10					150
DECK 3							
Prod. Dept. Manager			6				120
Eng. Dept. Manager			6				120
Battery Room		6					90
Gangway		8					120
Outside					12		720
BOTTOM 1			4		14	4	1320
BOTTOM 2			4		12	4	1200
						Total	13955 Watt 13,955 kW

Gambar 4. 9 Data Kebutuhan Listrik untuk *power*

POWER			
	Daya (kW)	Jumlah	Jumlah Daya (kW)
DECK 1			
Central AC System	7	1	7
Accommodation Supply Fan	0,74	3	2,22
Accommodation Exhaust Fan	0,74	3	2,22
Maintenance Tools	100	1	100
DECK 2			
Accommodation Supply Fan	0,74	3	2,22
Accommodation Exhaust Fan	0,74	3	2,22
DECK 3			
Accommodation Supply Fan	0,74	2	1,48
Accommodation Exhaust Fan	0,74	2	1,48
BOTTOM 1			
Gas Transfer Pump	2,16	3	6,48
LO Main Pump	1,57	1	1,57
LO Separator Pump	0,97	1	0,97
Oily Water Separator	2,12	1	2,12
OWS Pump	2,12	1	2,12
Fire Pump	75	1	75
BOTTOM 2			
FW + Sanitary Pump	3,7	1	3,7
SW + Sanitary Pump	2,2	1	2,2
FW Heater	35	1	35
Sewage Pump	2,2	1	2,2
Central Cooling Water pump	30	1	30
Jacket Water Cooling Pump	11	1	11
		Total	291,2 kW

Dari data di atas, kebutuhan listrik yang dibutuhkan untuk *lighting* dan *power* adalah sebesar 305,15 kW. Kebutuhan listrik di atas masih belum termasuk dengan daya yang

dibutuhkan untuk sistem pembangkit. Secara keseluruhan, daya 2.9 MW yang dialokasikan untuk pemakaian sendiri sudah mencukupi.

4.8 Crew dan Operasional Power Plant Barge OTEC

Dalam operasional *Power Plant Barge OTEC* ini, terdapat tiga divisi yang menjalankan yaitu Departemen Dek, Departemen *Engineering* dan Departemen Produksi. Seluruh *Crew* berjumlah 22 anggota, dimana list anggota seperti pada list di bawah ini.

☉ Deck Department

Captain	1
Seaman	2
Chef	1
jumlah	4

☉ Engineering Department

Manager	1
Eng. Sistem Mekanikal	6 ; 3 shift
Eng. Sistem Elektrikal	6 ; 3 shift
Perenc. Pengend. Operasi dan Pemeliharaan	1
jumlah	14

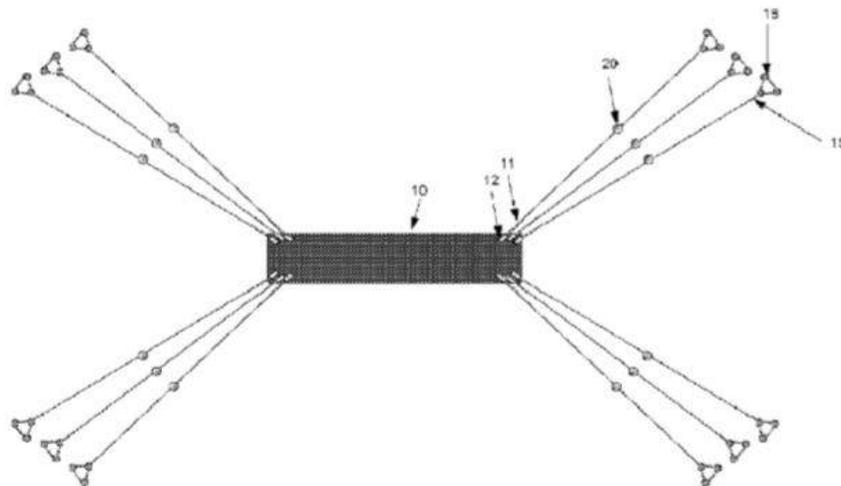
☉ Production Department

Manager	1
Eng. Perenc. Pengend. Bahan Bakar dan Pelumas	2
Logistik	1
jumlah	4

Dari keseluruhan kru yang berjumlah 22 orang, ada dua bagian yang memiliki sistem *shift* dimana, dalam sehari dibagi menjadi beberapa *shift* yaitu bagian *Engineer* Sistem Mekanikal dan *Engineer* Sistem Elektrikal, dari Divisi *Engineering dan Seaman* dari departemen dek dikarenakan ketiga bagian ini harus memonitor seluruh sistem permesinan, kelistrikan, dan keadaan *barge*. Dan untuk anggota *crew* yang lain memiliki jam kerja normal yaitu dari pagi sampai sore hari.

4.9 Sistem Penambatan (*Mooring*)

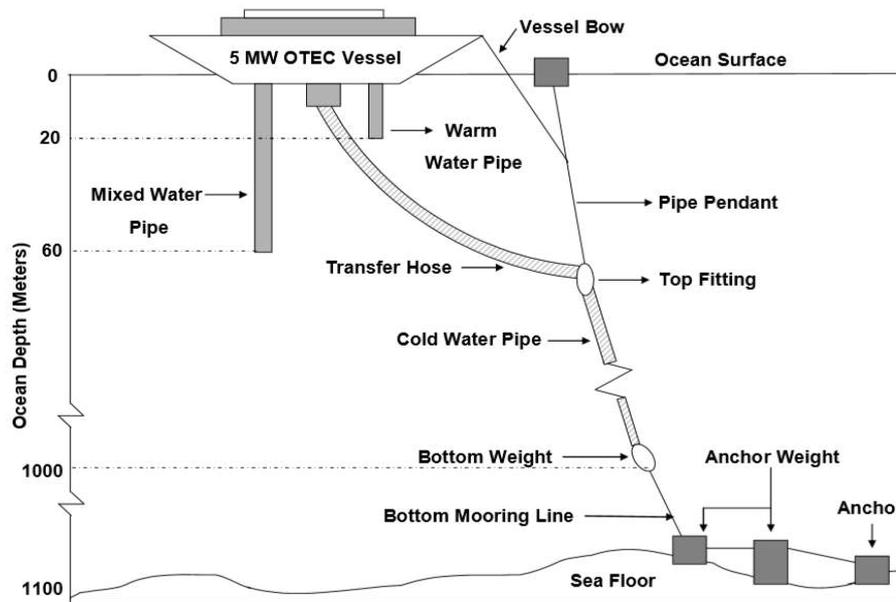
Penambatan digunakan untuk membuat kapal berada tetap pada posisi tertentu. Untuk menambatkan suatu kapal, dibutuhkan tali tambat atau *mooring line/hawser* dan bollard yang menjadi tumpuan dari tambatan tersebut. Terdapat berbagai jenis sistem tambat atau yang dikenal sebagai *mooring system* yang umum digunakan dalam bidang kelautan. Pada kasus kali ini sistem tambat yang digunakan merupakan system tambat *spread mooring* dengan *double joint gimbal line*. *Spread mooring* sendiri merupakan metode tambat dengan cara tali tambat menyebar dari berbagai sisi kapal, pada system tambat jenis ini kapal tidak memungkinkan melakukan gerakan memutar dikarenakan dibebberapa sisi kapal telah dilakukan penambatan dengan *mooring line*.



Gambar 4. 10 Penambatan Kapal

(sumber : <http://google.com/File: US20070022934.pdf>)

Sementara itu untuk mengurangi tegangan *mooring line* pada sistem *spread mooring* digunakan *bouy* atau pelampung sebagai pereduksi tegangan dari *mooring line* pada sistem *spread mooring* tersebut, paling tidak diletakan satu *bouy* sebagai pereduksi tegangan di sepanjang *mooring line*. *Mooring line* yang digunakan untuk *spread mooring* kali ini merupakan kombinasi dari *chain* dan *wire*, dimana *chain* digunakan sebagai *mooring line* yang berfungsi untuk tambatan di dasar laut yang kemudian dihubungkan dengan *wire* yang berfungsi langsung menambatkan kapal. Pada kasus kali ini *mooring line* juga digunakan sebagai penambat pipa.



Gambar 4. 11 Penambatan Kapal

(sumber : http://google.com/File: WCE2010_pp1618-1623.pdf)

4.10 Pembuatan Lines Plan

Dalam proses merancang sebuah kapal maka yang pertama dilakukan adalah pembuatan rencana garis. Dalam pembuatan rencana garis ini digunakan *software Maxsurf Educational Version*. Caranya adalah dengan perpaduan antara *maxsurf educational version* dengan *software CAD*.

Pada Program *Maxsurf Educational Version* juga disediakan beberapa desain dasar kapal, seperti *Tanker Bow*, *series 60*, *ship 1*, *ship 2*, *ship 3* dan sebagainya. Dengan memanfaatkan desain dasar tersebut (berupa bagian bentuk kapal), maka bisa dibuat bagian kapal lainnya dengan menggunakan bentuk-bentuk dasar seperti model kapal yang dipilih, pada kasus ini *barge*.

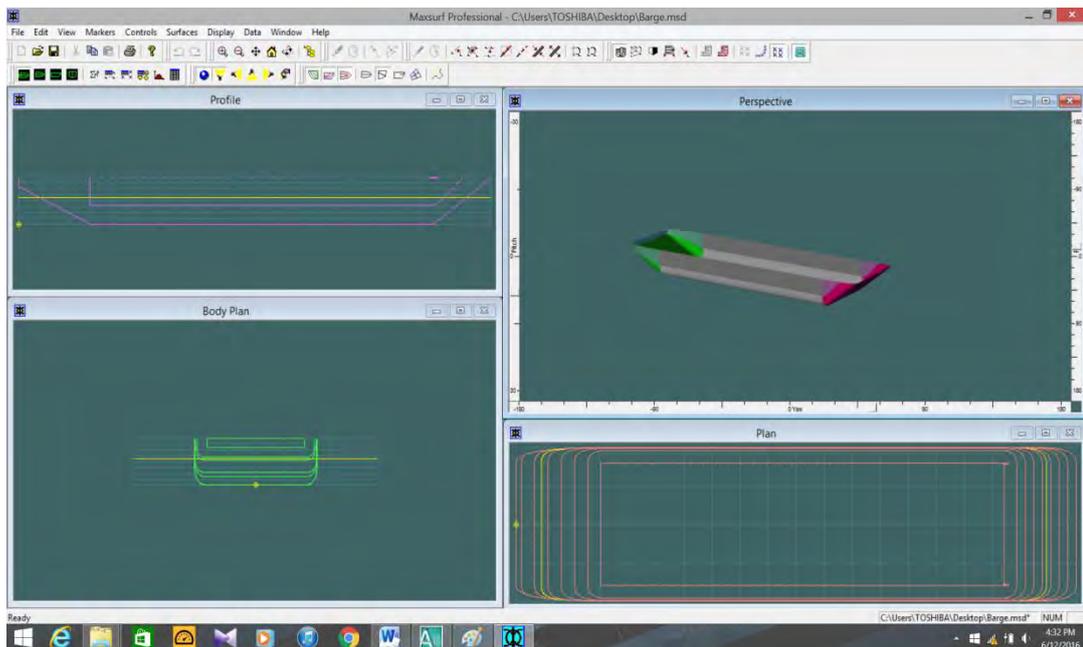
Dalam proses desain *barge* ini, pembuatan rencana garis di *maxsurf* dilakukan dengan membuat *surface* baru. *Surface* tersebut diatur sedemikian rupa agar didapatkan bentuk kapal yang sesuai. Panjang, lebar, tinggi dan sarat disesuaikan dengan ukuran utama yang telah didapatkan.

4.10.1 Rencana Garis

Pembuatan model *barge* di *maxsurf educational version* cenderung lebih mudah, karena bentuk *barge* yang sederhana. Permasalahan yang agak rumit hanya ketika membuat bentuk haluan. Dalam *maxsurf educational version* telah disediakan beberapa model *surface* yang dapat di *insert*.

Pembuatan model *barge* diawali dengan membuat bagian parallel middle body dan sebagian buritan. Plat sisi, plat alas dan plat bilga dibuat terlebih dahulu. Selanjutnya adalah pembuatan plat haluan dan buritan. Bagian inilah yang dibutuhkan kejelian dalam mengatur *control point* agar permukaan *smooth*. Semakin banyak *control point* yang dibuat maka permukaan plat akan semakin bagus.

Untuk melihat *smooth* atau tidaknya permukaan, didalam *maxsurf educational version* 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. Berikut merupakan gambar dari model yang telah dibuat.



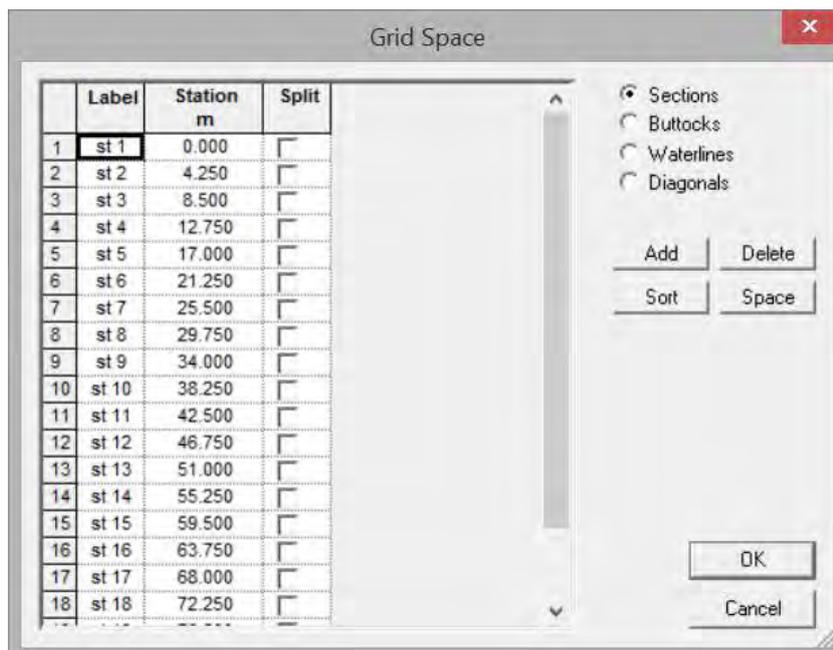
Gambar 4. 12 Model dan Rencana Garis *Barge* Tampilan *Maxsurf Educational Version*

Setelah model selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* kemudian akan muncul kotak dialog sebagai berikut.



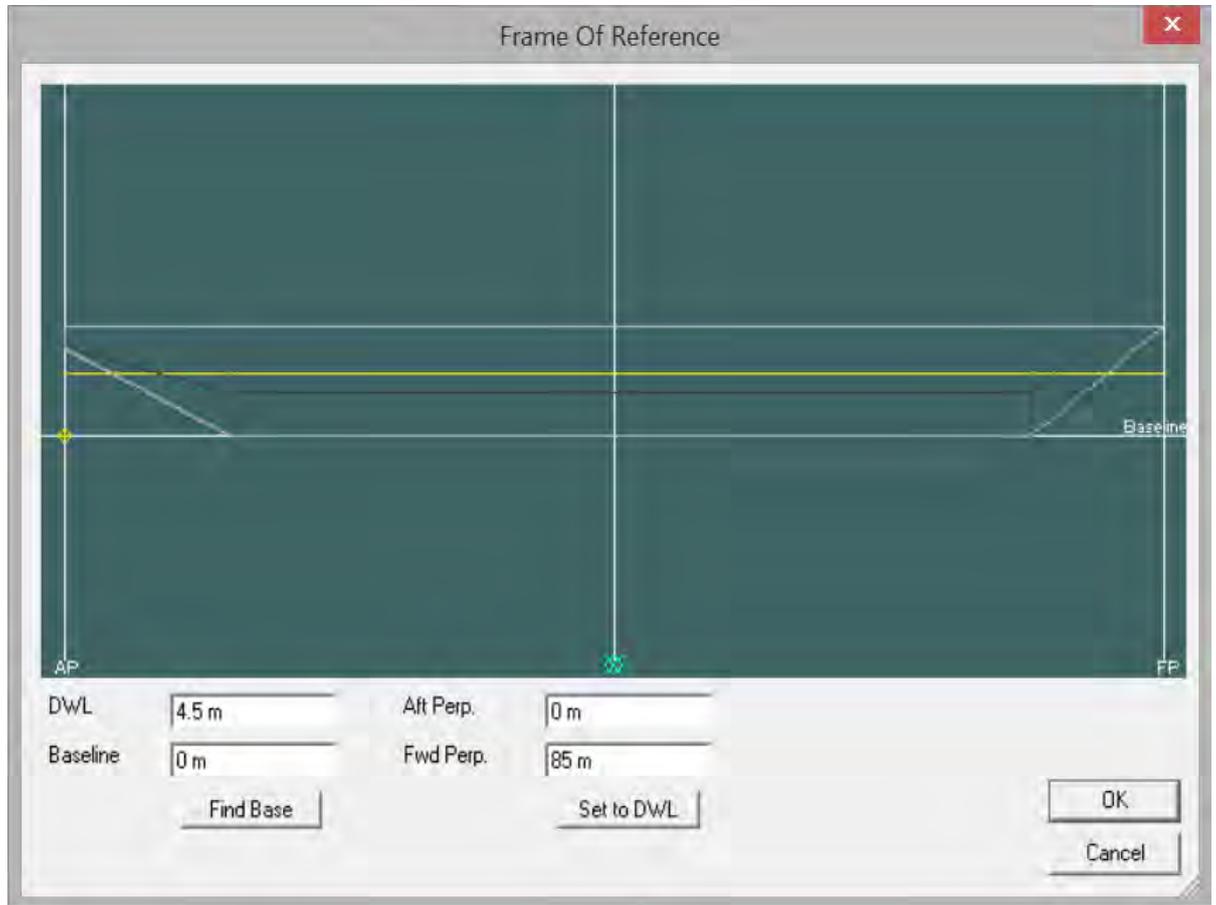
Gambar 4. 13 Tabs Size Surface

Untuk panjang diisi dengan Loa, agar ket Lpp dapat sesuai dengan perhitungan . lebar dan tinggi disamakan dengan hasil perhitungan. Sedangkan untuk mengatur jumlah dan letak dari station, *Buttock line* dan *Water line*, dengan mengakses *menu data > grid spacing* dan akan muncul kotak dialog sebagai berikut.



Gambar 4. 14 Pengaturan Jumlah Section, Buttock dan Waterlaine

Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data > frame of reference*. Pada menu ini akan tampak panjang Lwl kapal.



Gambar 4. 15 Pengaturan Sarat dari Model dalam Maxsurf *Educational Version*

Setelah sarat kapal ditentukan selanjutnya dilakukan pengecekan nilai hidrostatis dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses *menu data > calculate hydrostatic*. Dari sini akan tampak data-data hidrostatis dari model. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatis telah sesuai maka model ini dapat langsung diexport ke format dxf untuk diperbaiki dengan *software CAD*.

Hydrostatics at DWL ✕

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	6844.481	tonne
2	Volume	6677.542	m ³
3	Draft to Baseline	4.5	m
4	Immersed depth	4.5	m
5	Lwl	76.669	m
6	Beam wl	22	m
7	WSA	2254.626	m ²
8	Max cross sect area	96.649	m ²
9	Waterplane area	1676.626	m ²
10	Cp	0.901	
11	Cb	0.88	
12	Cm	0.976	
13	Cwp	0.994	
14	LCB from zero pt	42.929	m
15	LCF from zero pt	42.178	m
16	KB	2.365	m
17	KG	0	m
18	BMt	10.033	m
19	BMI	121.633	m
20	GMt	12.398	m
21	GMI	123.999	m
22	KMt	12.398	m
23	KMI	123.999	m
24	Immersion (TPc)	17.185	tonne/cm
25	MTC	99.848	tonne.m
26	RM at 1deg = GMT.Di	1480.984	tonne.m
27	Precision	Medium	50 station

Density: Recalculate

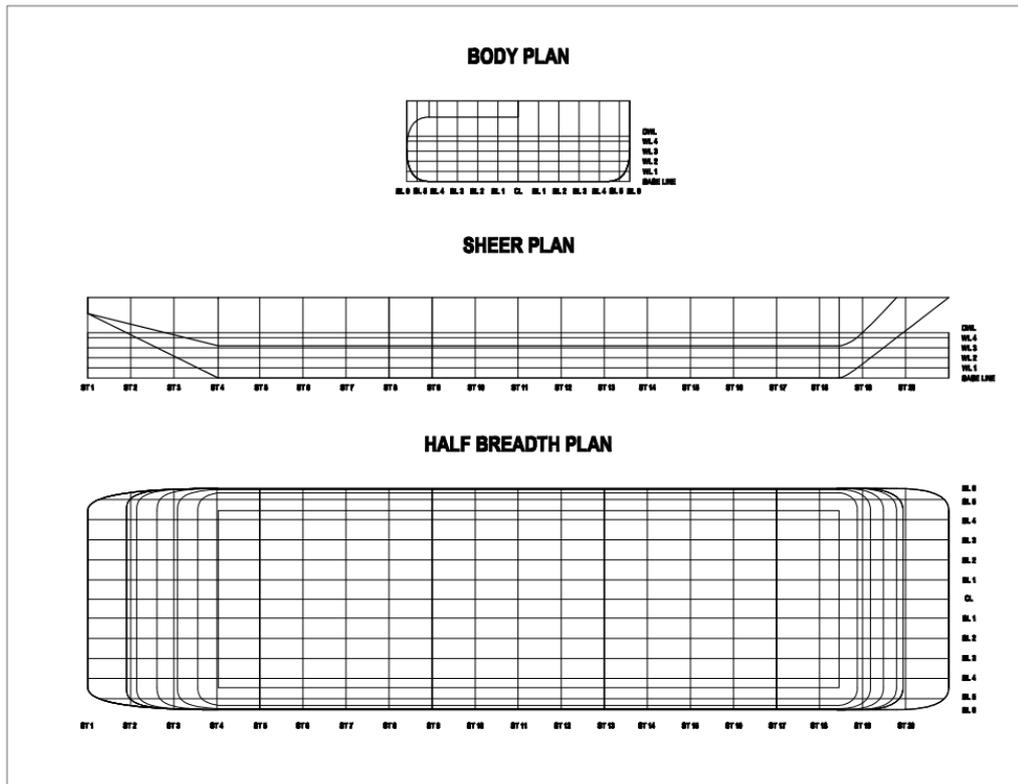
VCG: Close

Gambar 4. 16 Perhitungan Hidrostatik Maxsurf *Educational Version*

Dari data di atas dapat diketahui bahwa ukuran model telah sesuai dengan perhitungan. Dari perhitungan displacement adalah 6797.753 Ton, sedangkan displacement yang diperoleh dari *model maxsurf* adalah 6844.481 Ton. Selisih antara keduanya adalah 46.727 (0.7 %), ini masih dalam rentang batasan yaitu 10%. Maka secara umum model yang telah dibuat dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya.

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 *halfbreadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu file dwg yang merupakan output dari *software CAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat. Berikut merupakan rencana garis dari tongkang yang dirancang.



Gambar 4. 18 Desain Rencana Garis

Selanjutnya dilakukan pengerjaan pembuatan desain rencana umum dari *barge* tersebut. Rencana umum dari *barge* ini meliputi peletakan ruangan pada *deck house*, posisi pelatakan Generator Set, peletakan peralatan-peralatan bantu dan *outfitting* lainnya yang sudah dihitung sebelumnya.

4.11 Pembuatan General Arrangement

Setelah pembuatan rencana garis selesai, langkah selanjutnya adalah membuat Rencana Umum/*General Arrangement*. Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Pengaturan peletakan yang diatur dalam General arrangement ini antara lain adalah posisi peletakan *Generator set* di atas geladak, pembagian lokasi ruangan kerja pada rumah geladak beserta akses masuk dan keluarnya, peletakan peralatan dan outfitting lainnya.

Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *lines plan* secara garis besar bentuk badan kapal (*outline*) akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Satu hal yang menjadi pokok dalam penyusunan Rencana Umum adalah faktor ekonomis. Hubungannya adalah bahwa kapal dengan GT atau volume ruangan tertutup pada kapal yang akan menjadi patokan dalam pengenaan pajak pada kapal ketika

bersandar di pelabuhan. Kapal dengan ruangan-ruangan besar pada kapal akan menyebabkan GT kapal menjadi besar sehingga pajak yang dikenakan juga besar. GT tersebut dikenakan pada kapal sepanjang umur kapal menjadikan kapal tersebut menjadi tidak efisien dari segi ekonomis. Efisiensi tersebut bisa didapatkan dari penyusunan ruangan yang tepat serta penempatan pintu-pintu yang efektif diantara ruangan-ruangan tersebut.

Penyusunan yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Kebutuhan rohani dan jasmani awak kapal harus bisa terpenuhi. Unsur keindahan dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Faktor konstruksi juga menjadi perhatian dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut.

Menurut ”*Ship Design and Construction*” (Taggart, 1980), karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

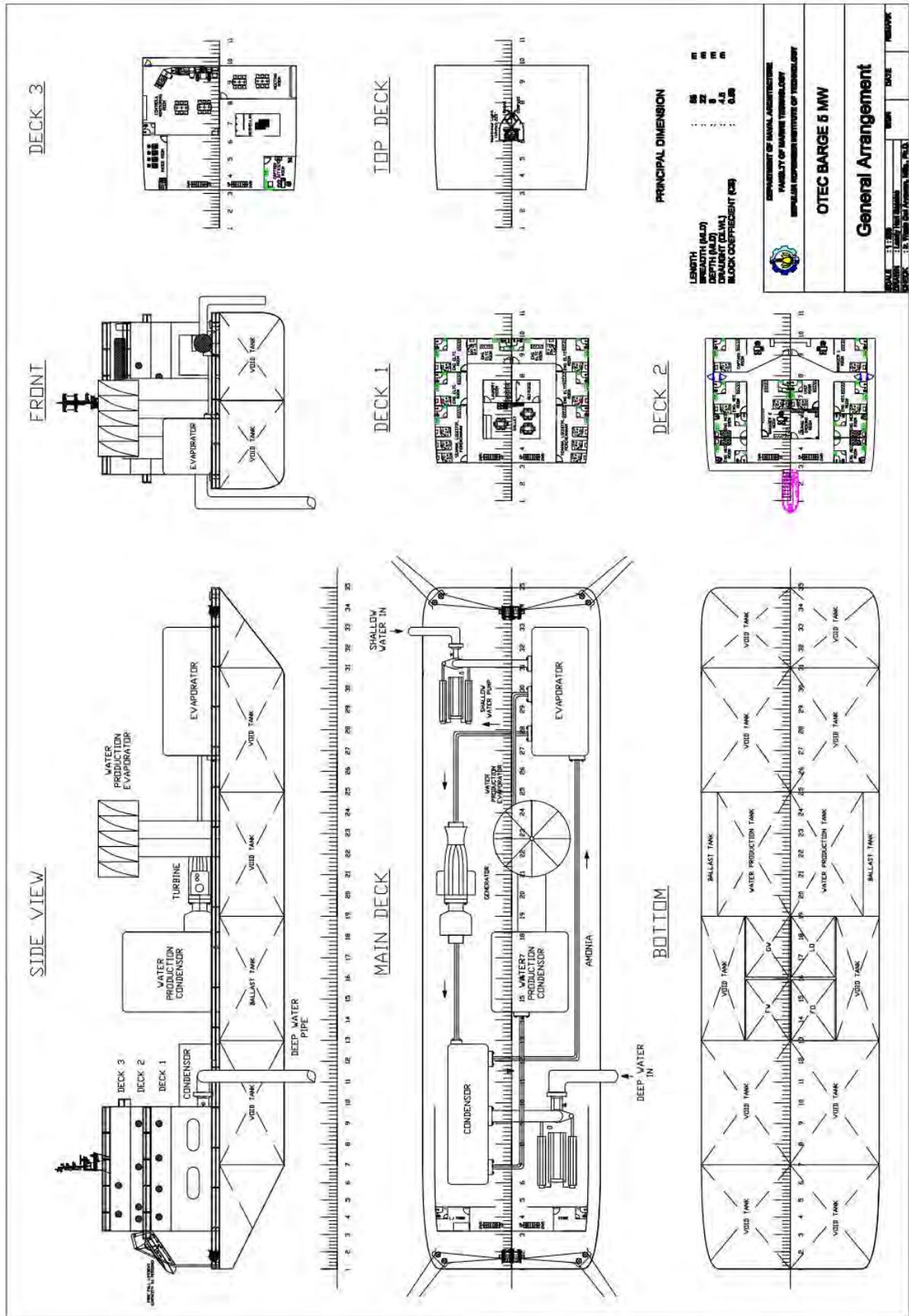
- Penentuan lokasi ruang utama
- Penentuan batas-batas ruangan
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah:

- Geladak tempat *Generator set*
- *Maintenance Area*
- Ruang kerja
- Tangki-tangki (bahan bakar, ballast, air tawar, dan lain-lain)
- Ruang-ruangan lainnya

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

- Sekat kedap masing-masing ruangan
- Stabilitas yang cukup
- Struktur / konstruksi
- Penyediaan akses yang cukup



Gambar 4. 19 General Arrangement

Penyusunan rencana umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapat dari data rencana umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan rencana umum harus didasarkan pada informasi minimum yang meliputi:

- Penentuan peletakan Generator Set pada geladak
- Metode penyimpanan bahan bakar sementara pada tangki di bawah geladak.
- Penentuan volume ruangan

Penentuan volume ruangan akomodasi berdasarkan jumlah crew dan standar akomodasi. Penentuan volume tangki-tangki terutama untuk bahan bakar dan ballast berdasarkan jenis mesin, jenis bahan bakar, dan radius pelayaran.

- Penentuan pembagian dan pembatasan jarak sekat melintang.
- Penentuan dimensi kapal (L, B, H, dan T).
- *Lines plan* yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah semua langkah tersebut dipenuhi dan desain kapal sudah jadi maka diperlukan pengecekan kembali atas ukuran - ukuran utama apakah sudah sesuai dengan yang ditentukan atau belum. Hasil Rencana Umum dapat dilihat pada Gambar 4.19 di atas.

LAMPIRAN

1. Perhitungan Teknis *Power Plant Barge* OTEC
2. Rencana Garis dan Rencana Umum

Tabel BANYAKNYA PELANGGAN LISTRIK DI KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD				
Table NUMBER OF ELECTRICITY CONSUMERS IN KEPULAUAN TALAUD REGENCY 2010 – 2014				
CABANG/ RANTING/ SUB RANTING	RUMAH TANGGA	USAHA	INDUSTRI	
-1	-2	-3	-4	
RANTING LIRUNG	7 654	200		2
- KHUSUS LIRUNG				
- SR. MANGARAN				
- SR. DAMAU				
- SR. KARATUNG				
- SR. MARAMPIT				
- SR. MIANGAS				
RANTING BEO	4 336	180		-
- KHUSUS BEO				
- SR. ESSANG				
- SR. GEME H				
RANTING MELONGUANE	6 269	229		2
- KHUSUS MELONGUANE				
- SR. RAINIS				
- SR. DAPALAN				
JUMLAH	18 259	609		4
2 0 1 3	17 084	653		1
2 0 1 2	15 632	576		-
2 0 1 1	14 579	548		-
2 0 1 0	13 522	534		-
Sumber : PT. PLN (Persero) Wilayah VII Cabang Tahuna				
Source : PT. PLN (Persero) Region VII Branch of Tahuna				

Tabel DAYA TERPASANG DAN DAYA MAMPU, PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD					
Table INSTALLED CAPACITY IN KEPULAUAN TALAUD REGENCY 2010 – 2014					
CABANG / RANTING / SUB RANTING	KAPASITAS DAYA / CAPACITY (Kw)				
	TERPASANG INSTALLED	% TERHADAP TOTAL PERCENTAGE	KEMAMPUAN CAPACITY	% TERHADAP TOTAL PERCENTAGE	
-1	-2	-3	-4	-5	
RANTING LIRUNG	5 710	60.28	2 725		53.8
- KHUSUS LIRUNG	3 760		1 305		
- SR. MANGARAN	1 300		870		
- SR. DAMAU	240		195		
- SR. KARATUNG	245		220		
- SR. MIANGAS	165		135		
RANTING BEO	2 002	21.14	1 110		21.92
- KHUSUS BEO	1 402		885		
- SR. ESSANG	600		225		
- SR. GEME H					
RANTING MELONGUANE	1 760	18.58	1 230		24.28
- KHUSUS MELONGUANE	1 420		1 015		
- SR. RAINIS	340		215		
- SR. DAPALAN					
JUMLAH	9 472	100	5 065		100
2 0 1 3	10 282	100	7 828		100
2 0 1 2	114 589	100,00	76 161		100
2 0 1 1	101 744	100	72 062		100
2 0 1 0	8 560	100	6 274		100

Sumber : PT. PLN (Persero) Wilayah VII Cabang Tahuna
Source : PT. PLN (Persero) Region VII Branch of Tahuna

- Perhitungan Asumsi Kebutuhan Listrik Kapal**

LIGHTING (kW)

	Lampu					Stop Contact	Total Watt
	FL 1 x 10 W	FL 1 x 15 W	FL 1 x 20 W	FL 1 x 25 W	FL 1 x 60 W	(100W/unit)	
DECK 1							
Main Deck					30		1800
Maintenance Area					10	4	1000
Workshop					6	4	760
LV Switchgear Room			8			6	760
MV Switchgear Room			8			6	760
Transformers room		6					90
Injector, CO2, Store			9			4	580
DECK 2							
Control Room				10		4	650
Storage	4						40
Prod. Dept. Office				8		8	1000
Eng. Dept. Office				8		8	1000
Change Room, Shower	2	6				2	310
Toilet	6	4					120
Mess Room, Pantry		3		16		8	1245
Gangway		10					150
DECK 3							
Prod. Dept. Manager			6				120
Eng. Dept. Manager			6				120
Battery Room		6					90
Gangway		8					120
Outside					12		720
BOTTOM 1			4		14	4	1320
BOTTOM 2			4		12	4	1200
						Total	13955

POWER (kW)

	Daya (kW)	Jumlah	Jumlah Daya (kW)
DECK 1			
Central AC System	7	1	7
Accommodation Supply Fan	0.74	3	2.22
Accommodation Exhaust Fan	0.74	3	2.22
Maintenance Tools	100	1	100
DECK 2			
Accommodation Supply Fan	0.74	3	2.22
Accommodation Exhaust Fan	0.74	3	2.22
DECK 3			
Accommodation Supply Fan	0.74	2	1.48
Accommodation Exhaust Fan	0.74	2	1.48
BOTTOM 1			
Transfer Pump	2.16	3	6.48
LO Main Pump	1.57	1	1.57
LO Separator Pump	0.97	1	0.97
Oily Water Separator	2.12	1	2.12
OWS Pump	2.12	1	2.12
Fire Pump	75	1	75
BOTTOM 2			
FW + Sanitary Pump	3.7	1	3.7
SW + Sanitary Pump	2.2	1	2.2
FW Heater	35	1	35
Sewage Pump	2.2	1	2.2
Central Cooling Water pump	30	1	30
Jacket Water Cooling Pump	11	1	11
		Total	291.2

- Ukuran Utama Kapal**

Daya	5	MW
Panjang (L)	85	m
Lebar (B)	22	m
Tinggi (H)	8	m
Sarat (T)	4.5	m

Perbandingan Ukuran Utama

L/B	3.86	3.5	<	L/B	<	10
L/H	10.63	10	<	L/H	<	30
B/T	4.89	1.8	<	B/T	<	5
L/16	5.31	H	>	L/16		

Perhitungan Koefisien

1 Koefisien Blok

$$C_B = 0.88$$

2 Koefisien Midship

$$C_M = 0.976$$

3 Koefisien Prismatic

$$C_P = C_B / C_M$$

$$= 0.902$$

4 Volume Displacement

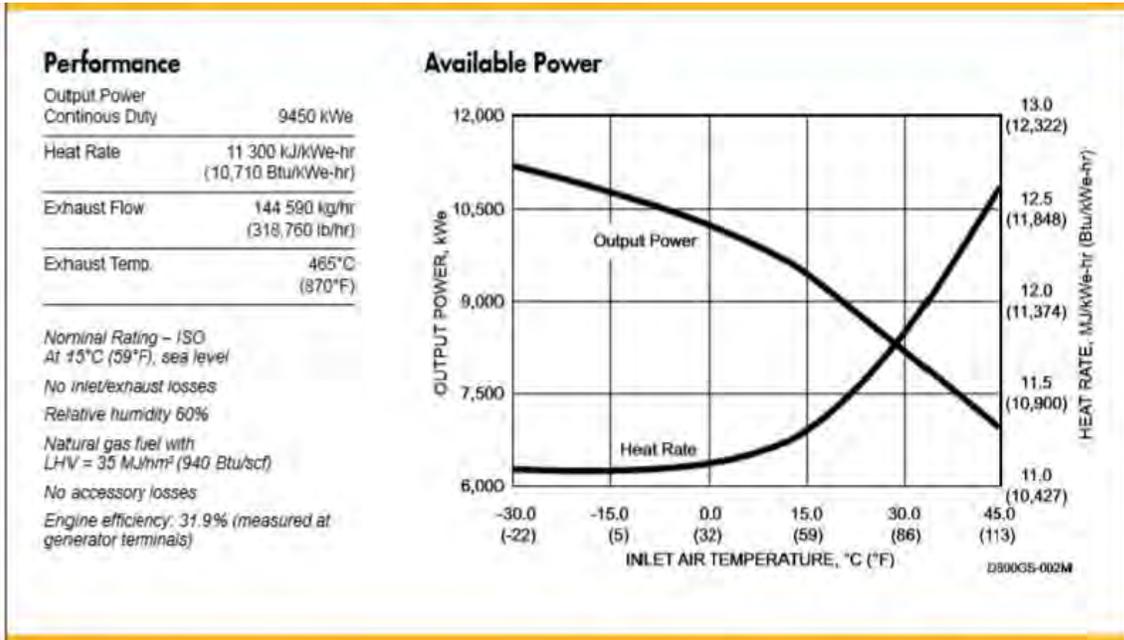
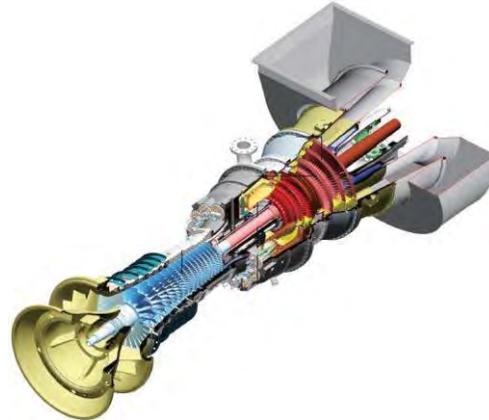
$$V = 6677.542 \text{ m}^3$$

5 Displacement

$$\Delta = 6844.481 \text{ ton}$$

- ## Pemilihan Turbine

Merk : Catterpillar Steam Turbine
 Type : mars 90
 Daya : Up to 9,5 MW
 Heat Rate : 10.710
 : BTU/kW-hr
 Dimensi Turbin : 14 m x 3.5 m Ø
 Berat Turbine + Aux : 100 ton



General Specifications

Marz 90

- Industrial, Two-Shaft
- Axial Compressor
 - 15-Stage
 - Variable Inlet Guide Vanes
 - Pressure Ratio: 16.3:1
 - Inlet Airflow
39.7 kg/sec (87.5 lb/sec)
 - Vertically Split Case
- Combustion Chamber
 - Standard: Annular-Type (Conventional)
 - Optional: Annular-Type, Lean-Premixed, Dry, Low Emission (SoLoNOx™)
 - 21 Fuel Injectors (Standard)
 - 14 Fuel Injectors (SoLoNOx)
 - Torch Ignitor System
- Power Turbine
 - 2-Stage, Axial
 - Speed, 50-Hz Generator: 8625 rpm
 - Speed, 60-Hz Generator: 8570 rpm
- Bearings
 - Journal: Tilt-Pad
 - Thrust, Active: Tilt-Pad
 - Thrust, Inactive: Fixed Tapered Land
- Coatings
 - Compressor: Inorganic Aluminum
 - Turbine and Nozzle Blades: Platinum Aluminide
- Vibration Transducer Type
 - Proximity Probes
 - Velocity Pick-up

Main Reduction Drive

- Epicyclic Type
- 1500 or 1800 rpm

Generator

- Type: Salient Pole, 3-Phase, 6-Wire, Wye Connected, Synchronous, with Brushless Exciter

- Construction Options
 - Open Drip Proof
 - Totally Enclosed Water/Air Cooled*
- Sleeve Bearings
- Voltage Regulation
 - Solid-State Regulation with Permanent Magnet Generator
- Insulation/Rise Options
 - NEMA Class F with B Rise
- Voltages: 3300 to 13,800 Volts
- Frequency: 50 or 60 Hz

Package

- Mechanical Construction
 - Steel Base Frame with Drip Pans
 - 316L Stainless Steel Piping
 - Compression-Type Tube Fittings
 - Suitable for 3-Point Mounting
 - FPSO Modifications (Option)
- Electrical System
 - NEC, Class 1, Group D, Div 2
 - CENELEC/ATEX Zone 2
 - Conduit/Cable Tray Wiring
 - 120VDC Battery/Charger System
- Direct-Drive AC Start System
- Fuel Systems
 - Conventional Combustion or Dry Low Emission (SoLoNOx)
- Fuel Types
 - Natural Gas (Conventional and SoLoNOx)
 - Dual Fuel (Gas/Distillate, Conventional Only)
- Integrated Lube Oil System
 - Turbine-Driven Main Pump
 - AC Motor-Driven Pre/Post Pump
 - DC (120V) Motor-Driven Backup Pump
 - Oil Cooler and Oil Heater (Options)
 - Tank Vent Separator and Flame Trap
 - Lube Oil Filter
- On-Crank or On-Crank/On-Line Turbine Compressor Cleaning System (Options)
 - Portable Cleaning Tank (Option)

- Air Inlet and Exhaust System
 - Carbon Steel
 - Stainless Steel
 - Marine-Type Filters
- Enclosure (Driver Only or Complete)
 - Fire Detection and Suppression
- Factory Testing of Turbine and Package
- Documentation
 - Electrical Drawings
 - Mechanical Drawings
 - Quality Control Data Book
 - Inspection and Test Plan
 - Test Reports
 - Operation and Maintenance Manuals
- Digital Onskid Display Panel

Turbotronic™ Control System

- Onskid Control System (Optional Offskid System)
 - 24 VDC Control Power (120VDC Input)
 - Serial Link Supervisory Interface
 - Field Programmable
- Vibration Monitoring
 - Turbine Bearings and Shaft
 - Gearbox
 - Generator Bearings
- Temperature Monitoring
 - Turbine Combustion Process
 - Turbine Bearings and Lube Oil
 - Generator Bearings and Windings
- Generator Control
 - Selectable Control Modes
 - Solid-State Voltage Regulation
 - Automatic Synchronization
 - Metering Panel with Manual Synchronization (Option)
 - KW Control (Option)
- TT4000 Display and Monitoring System
 - Multiple Operator Display Screens
 - Data Collection and Playback
 - Turbine Performance Map (Option)
 - Printer/Logger (Option)
 - Predictive Emissions Monitoring (Option)

- **Berat Komponen**

Evaporator

shell			
nozzles	}	334.1	ton
top water box			
shrouds			
tubesheets			
bundle			
tubes (titanium)	=	117.1	ton

Condensor

shell			
nozzles	}	329	ton
top water box			
shrouds			
tubesheets			
bundle			
tubes (titanium)	=	100.8	ton

Turbine

Generator	}	100	ton
Trip Valve	=	2	ton
Bypass Valve	=	1.8	ton
Actuator	=	0.3	ton
Lube Oil Console	=	20	ton

Piping

amonia	=	54	ton
sumps	=	52	ton
feed pumps	=	5	ton
motor & controller	=	3	ton
recirculation pumps	=	8	ton
motor	=	2	ton
recirculation valve	=	4.4	ton
filters	=	5	ton
piping support	=	40	ton
valves & actuator	=	21.8	ton

Biofouling Control

tube cleaning	=	7	ton
tube cleaning head	=	0.5	ton
controler-recorder	=	0.1	ton

chlorine generator	=	1.1	ton
power supply	=	1.1	ton
amonia leak detection	=	2.4	ton

Electrical Power Distribution & Control

15 kv switchgear	=	19	ton
480 v power transformer	=	2.5	ton
480 v motor control	=	2.4	ton
switch,control,wiring	=	5.3	ton

Instrumentation & Control

System			
Control System	=	12.5	ton

Ammonia Storage Conditioning & Supply Subsystem

purification column	=	4.1	ton
heel storage	=	67.5	ton
wet storage drum	=	67.5	ton
dry storage drum	=	67.5	ton
reflux accumulator	=	5.5	ton
blowdown drum	=	4	ton
recirculation amonia drum	=	0.5	ton
overhead condenser	=	1.1	ton
recirculation amonia condenser	=	0.9	ton
compressor	=	2.4	ton
pipe	=	6	ton
		19	ton

Nitrogen Storage Conditioning

storage	=	23.5	ton
transport	=	19	ton
vaporizer	=	2.2	ton
pump	=	3.2	ton
pipng	=	6	ton

Amonia Liquid

evaporator sump	}	93.4	ton
condensor sump			

Total = 1647.5 ton

Evaporator

Dimension	=	16 x 7 x 7 m
$W_{\text{evaporator}}$	=	451.2 ton
$KG_{\text{evaporator}}$	=	11.4 m
$LCG_{\text{evaporator}}$	=	29.5 m

Condensor

Dimension	=	17.5 x 5 x 5 m
$W_{\text{condensor}}$	=	429.8 ton
$KG_{\text{condensor}}$	=	10.5 m
$LCG_{\text{condensor}}$	=	-23.2 m

Water Production Evaporator

Dimension	=	15 x 9 \emptyset m
$W_{\text{WPevaporator}}$	=	207.4 ton
$KG_{\text{WPevaporator}}$	=	15.5 m
$LCG_{\text{WPevaporaor}}$	=	11.2 m

Water Production Condensor

Dimension	=	10 x 10 x 12 m
$W_{\text{WPcondensor}}$	=	393.3 ton
$KG_{\text{WPcondensor}}$	=	14.1 m
$LCG_{\text{WPcondensor}}$	=	-5.4 m

Shallow Water Pump

$W_{\text{shallowpump}}$	=	1.5 ton
$KG_{\text{shallowpump}}$	=	9 m
$LCG_{\text{shallowpump}}$	=	29.8 m

Deep Water Pump

W_{deerpump}	=	3.5 ton
KG_{deerpump}	=	10 m
LCG_{deerpump}	=	27.3 m

Titik Berat Machinery :

$$\begin{aligned} KG_{\text{total}} &= \frac{KG_{GU} \cdot W_{GU} + KG_{AUX} \cdot W_{AUX}}{W_{GU} + W_{AUX}} \\ &= 12.42 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_{\text{total}} &= \frac{LCG_{GU} \cdot W_{GU} + LCG_{AUX} \cdot W_{AUX}}{W_{GU} + W_{AUX}} \\ &= 2.47 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Berat Permesinan**

Mesin Generator Utama

$$\begin{aligned}
 W_{\text{turbin}} &= 100 \text{ ton} \\
 KG_{\text{turbin}} &= 9.75 \text{ m} \\
 LCG_{\text{turbin}} &= 7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{ton} \\
 W_{\text{aux}} &= 1547.5 \\
 KG_{\text{aux}} &= 12.42 \text{ m} \\
 LCG_{\text{aux}} &= 2.47 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{total}} = 1647.5 \text{ ton}$$

$$KG_{\text{total}} = 6.685 \text{ m}$$

$$LCG_{\text{total}} = 6.841 \text{ m}$$

Peralatan Auxiliary

$$\begin{aligned}
 W_{\text{aux}} &= 25\% \cdot W_{\text{GU}} \\
 &= 411.875 \text{ ton} \\
 KG_{\text{aux}} &= \text{hdb} + 25\% \cdot H \\
 &= 1.85 \text{ m} \\
 LCG_{\text{aux}} &= -8.43 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Titik Berat Machinery :

$$\begin{aligned}
 KG_{\text{total}} &= \frac{KG_{\text{GU}} \cdot W_{\text{GU}} + KG_{\text{AUX}} \cdot W_{\text{AUX}}}{W_{\text{GU}} + W_{\text{AUX}}} \\
 &= 5.718 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCG_{\text{total}} &= \frac{LCG_{\text{GU}} \cdot W_{\text{GU}} + LCG_{\text{AUX}} \cdot W_{\text{AUX}}}{W_{\text{GU}} + W_{\text{AUX}}} \\
 &= 3.7868 \text{ m}
 \end{aligned}$$

• **Perhitungan Berat Baja *Harvald & Jensen Method (1992)***

Referensi

Schneecluth Hal. 154

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

Koefisien titik berat

No.	Type kapal	C_{KG}
1	Passanger ship	0.67 - 0.72
2	Large cargo ship	0.58 - 0.64
3	Small cargo ship	0.60 - 0.80
4	Bulk carrier	0.55 - 0.58
5	Tankers	0.52 - 0.54

Input Data

Panjang Kapal (L) = 85.0 m
 Lebar Kapal (B) = 22.0 m
 Tinggi Kapal (H) = 8 m

Volume Deck House (V_{DH})

1. Volume Deck House 1 (V_{DH1})

Panjang Deck House 1 (ℓ_{DH1}) = 15.500 m ; sesuai gambar
 Lebar Deck House 1 (b_{DH1}) = 19 m
 Tinggi Deck House 1 (t_{DH1}) = 6 m
 Volume Deck House 1 (V_{DH1}) = $\ell_{DH1} \cdot b_{DH1} \cdot t_{DH1}$
 = 1767 m³

2. Volume Deck House 2 (V_{DH2})

Panjang Deck House 2 (ℓ_{DH2}) = 15.500 m ; sesuai gambar
 Lebar Deck House 2 (b_{DH2}) = 19 m
 Tinggi Deck House 2 (t_{DH2}) = 2.5 m
 Volume Deck House 2 (V_{DH2}) = $\ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2}$
 = 736.25 m³

3. Volume Deck House 3 (V_{DH3})

Panjang Deck House 3 (ℓ_{DH3}) = 15.500 m ; sesuai gambar
 Lebar Deck House 3 (b_{DH3}) = 19 m
 Tinggi Deck House 3 (t_{DH3}) = 2.5 m

$$\begin{aligned}\text{Volume Deck House 3 (V}_{\text{DH3}}) &= \ell_{\text{DH3}} \cdot b_{\text{DH3}} \cdot t_{\text{DH3}} \\ &= 736.25 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Volume Deck House 4 (V_{DH4})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Deck House 4 (}\ell_{\text{DH4}}) &= 15.500 \text{ m} \\ \text{Lebar Deck House 4 (}b_{\text{DH4}}) &= 19 \text{ m} \\ \text{Tinggi Deck House 4 (}t_{\text{DH4}}) &= 2.5 \text{ m} \\ \text{Volume Deck House 4 (V}_{\text{DH4}}) &= \ell_{\text{DH3}} \cdot b_{\text{DH3}} \cdot t_{\text{DH3}} \\ &= 736.25 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume Deck House

$$\begin{aligned}V_{DH} &= V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} \\ &= 3975.750 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})

DA = Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House

$$= H + \frac{V_A + V_{DH}}{L_{PP} \cdot B}$$

$$= 10.126 \text{ m}$$

$$C_{SO} = 0.0752 \text{ t/m}^3$$

D = Berat Kapal

$$= 6844.481 \text{ ton}$$

$$U = \log \frac{\Delta}{100}$$

$$= 1.8353$$

$$C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})}$$

$$= 0.1125$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned}W_{ST} &= L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 2130.538 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$W_{Lbg} = 715.364 \text{ ton}$$

$$W_{DH} = 1415.174 \text{ ton}$$

Titik Berat Baja

$$KG_{Lambung} = 4 \text{ m}$$

$$KG_{DH} = 14.75 \text{ m}$$

$$KG_{Baja} = 11.14 \text{ m}$$

$$LCG_{Lambung} = -0.430 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship}$$

$$LCG_{DH} = -30.000 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship}$$

$$LCG_{baja} = -20.071 \text{ m}$$

- **Berat Ballast**

Ballast 1

$$\begin{aligned} W_{\text{ballast}} &= 335 \text{ ton} & \text{luasan} &= 15.5 \times 2 \times 4.5 = 124 \text{ m}^3 \\ KG_{\text{ballast}} &= 2 \text{ m} \\ LCG_{\text{ballast}} &= 9.3 \text{ m} & & ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

Ballast 2

$$\begin{aligned} W_{\text{ballast}} &= 335 \text{ ton} & \text{luasan} &= 15.5 \times 2 \times 4.5 = 124 \text{ m}^3 \\ KG_{\text{ballast}} &= 2 \text{ m} \\ LCG_{\text{ballast}} &= 9.3 \text{ m} & & ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

Total

$$\begin{aligned} W_{\text{ballast}} &= 670 \\ KG_{\text{ballast}} &= 1 \text{ m} \\ LCG_{\text{ballast}} &= 9.3 \text{ m} & & ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

* Berat Beton Cor = 2.4 ton/m³

• Perhitungan *Consumable* dan Kru

Input Data

L	=	85 m
B	=	22 m
H	=	8 m
T	=	4.5 m

Jumlah & Berat Crew

Crew	=	22 orang
$C_{C\&E}$	=	0.17 ton/orang ; asumsi berat kru + barang bawaan
$W_{C\&E}$	=	Berat Kru Total
	=	$Z_c \cdot C_{c\&e}$
	=	3.74 ton

Fuel

SFR	=	0.000183 ton/kW.hr
MCR	=	8000
Margin	=	10%
W_{FO}	=	$SFR \cdot MCR \cdot S/V_s \cdot Margin$
	=	91.130 ton
V_{FO}	=	97.845 m ³

Water Production Tank (SW)

Dimension	=	15.5 x 9 x 8 m
	=	1364 m ³
	=	1398.1 ton

Lubricating Oil

SFR	=	0.000183 ton/kW h	; dari data mesin (diambil yang terbesar)
MCR	=	5000 kW	
Margin	=	10%	; (5% ~ 10%)
$W_{LO'}$	=	$SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_s} \cdot (1 + Margin)$	
	=	24.156 ton	
$W_{LO''}$	=	$\frac{W_{LO'} + 4\% \cdot W_{LO'}}{\pi}$; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas dan $\pi = 0.9$
	=	27.914 ton	
$V_{LO''}$	=	31.015 m ³	

Fresh Water

C_{w1}	=	50 kg/orang hari ; Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru
	=	0.0021 ton/orang jam
C_{w2}	=	0.005 ton/HP ; Koef. air tawar untuk pendingin mesin
W_{FW1}	=	$C_{w1} \cdot \frac{S}{V_s} \cdot Z_c$; Berat air tawar untuk mandi, cuci, minum
	=	21 ton
W_{FW2}	=	$C_{w2} \cdot BHP$; Berat air tawar untuk pendingin mesin
	=	0.11 ton
$W_{FW\ total}$	=	$W_{FW1} + W_{FW2}$
	=	21.11 ton
W_{FW}	=	$W_{FW\ total} + 2\% \cdot W_{FW\ total}$; terdapat penambahan koreksi 2%
	=	21.532 ton

Total Berat *Consumable* and Crew (W_{cons})

	=	$W_{LO} + W_{crew} + W_{FW} + W_{GF}$
	=	1538.675 ton

Perencanaan Jumlah Kru

● Deck Department

Captain	1
Seaman	2 ; 2 shift
Chef	1
jumlah	4

● Engineering Department

Manager	1
Eng. Sistem Mekanikal	6 ; 3 shift
Eng. Sistem Elektrikal	6 ; 3 shift
Perenc. Pengend. Operasi dan Pemeliharaan	1

jumlah 14

● Production Department

Manager	1
Eng. Perenc. Pengend. Bahan Bakar dan Pelumas	2
Logistik	1

jumlah 4

● **Jumlah Total Kru 22**

- Titik Berat Consumable**

Titik Berat Air Tawar

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond t_{FW} &= 8 \text{ m} \\ \diamond \ell_{FW} &= 7.75 \text{ m} \\ \diamond p_{FW} &= 5.5 \text{ m} \\ \diamond V_{FW} &= 341 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned} \diamond KG_{FW} &= 4 \text{ m} \\ \diamond LCG_{FW} &= -10.2 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Fuel Oil

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond t_{FO} &= 8 \text{ m} \\ \diamond \ell_{FO} &= 7.75 \text{ m} \\ \diamond p_{FO} &= 5.5 \text{ m} \\ \diamond V_{FO} &= 341 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned} \diamond KG_{FO} &= 4 \text{ m} \\ \diamond LCG_{FO} &= -10.2 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Consumable

$$\begin{aligned} KG &= \frac{W_{C\&E} \cdot KG_{C\&E} + W_{FW} \cdot KG_{FW} + W_{LO} \cdot KG_{LO} + W_{DO} \cdot KG_{DO} + W_{FO} \cdot KG_{FO}}{W_{C\&E} + W_{FW} + W_{LO} + W_{DO} + W_{FO}} \\ &= 4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG &= \frac{W_{C\&E} \cdot LCG_{C\&E} + W_{FW} \cdot LCG_{FW} + W_{LO} \cdot LCG_{LO} + W_{DO} \cdot LCG_{DO} + W_{FO} \cdot LCG_{FO}}{W_{C\&E} + W_{FW} + W_{LO} + W_{DO} + W_{FO}} \\ &= 9.04 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Lubricating Oil

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond t_{LO} &= 8 \text{ m} \\ \diamond \ell_{LO} &= 7.75 \text{ m} \\ \diamond p_{LO} &= 5.5 \text{ m} \\ \diamond V_{LO} &= 341 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned} \diamond KG_{LO} &= 4 \text{ m} \\ \diamond LCG_{LO} &= -2.3 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Grey Water

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond t_{FO} &= 8 \text{ m} \\ \diamond \ell_{FO} &= 7.75 \text{ m} \\ \diamond p_{FO} &= 5.5 \text{ m} \\ \diamond V_{FO} &= 341 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki 2

$$\begin{aligned} \diamond KG_{FO} &= 4 \text{ m} \\ \diamond LCG_{FO} &= -2.3 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Water Production Tank 1

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond t_{LO} &= 8 \text{ m} \\ \diamond \ell_{LO} &= 9 \text{ m} \\ \diamond p_{LO} &= 15.5 \text{ m} \\ \diamond V_{LO} &= 1116 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned} \diamond KG_{LO} &= 4 \text{ m} \\ \diamond LCG_{LO} &= 9.3 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Water Production Tank 2

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond t_{LO} &= 8 \text{ m} \\ \diamond \ell_{LO} &= 9 \text{ m} \\ \diamond p_{LO} &= 15.5 \text{ m} \\ \diamond V_{LO} &= 1116 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned} \diamond KG_{LO} &= 4 \text{ m} \\ \diamond LCG_{LO} &= 9.3 \text{ m} \end{aligned}$$

• Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

$$\begin{aligned}
 L_{PP} &= 85 \text{ m} \\
 B &= 22 \text{ m} \\
 H &= 8 \text{ m} \\
 C_{ALV} &= 210 \text{ kg/m}^2 \quad ; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 172} \\
 &\quad \text{untuk Cargo Ship kecil dan sedang : } 160 - 170 \text{ kg/m}^2 \\
 &\quad \text{diambil nilai tengah untuk Cargo Ship ukuran sedang}
 \end{aligned}$$

Grup III

1. Layer 1

$$\begin{aligned}
 \ell_{DH1} &= 15.5 \text{ m} \\
 b_{DH1} &= 19 \text{ m} \\
 A_{DH1} &= \ell_{PO} \cdot b_{PO} \\
 &= 294.500 \text{ m}^2 \\
 W_{DH1} &= \frac{A_{DH1} \cdot C_{ALV}}{1000} \\
 &= 61.845 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

2. Layer II

$$\begin{aligned}
 \ell_{DH2} &= 15.5 \text{ m} \\
 b_{DH2} &= 19 \text{ m} \\
 A_{DH2} &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \\
 &= 294.500 \text{ m}^2 \\
 W_{DH2} &= \frac{A_{DH2} \cdot C_{ALV}}{1000} \\
 &= 61.845 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3. Layer III

$$\begin{aligned}
 \ell_{DH3} &= 15.5 \text{ m} \\
 b_{DH3} &= 19 \text{ m} \\
 A_{DH3} &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \\
 &= 294.500 \text{ m}^2 \\
 W_{DH3} &= \frac{A_{DH3} \cdot C_{ALV}}{1000} \\
 &= 61.845 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3. Layer IV

$$\begin{aligned}
 \ell_{DH3} &= 15.5 \text{ m} \\
 b_{DH3} &= 19 \text{ m} \\
 A_{DH3} &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \\
 &= 294.500 \text{ m}^2 \\
 W_{DH3} &= \frac{A_{DH3} \cdot C_{ALV}}{1000} \\
 &= 61.845 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{W \text{ Total}} &= W_{PO} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} + W_{AN} \\
 &= 247.380 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Grup IV

$$\begin{aligned}
 C &= 0.25 \text{ ton/m}^2 \\
 &\quad ; 0.18 \text{ ton/m}^2 < C < 0.26 \text{ ton/m}^2 \text{ untuk ukuran} \\
 &\quad \text{sedang, Ship Design Efficiency and Economy hal 172} \\
 W_{IV} &= \sqrt[3]{(L_{PP} \cdot B \cdot H)^2} \cdot C \quad ; \text{ untuk ukuran sedang} \\
 &= 151.7846 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned}
 W_{E\&O} &= W_{\text{Total}} + W_{IV} \\
 &= 399.165 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Titik Berat Peralatan dan Perlengkapan**

KG_{E&O}

$$D_A = 10.126 \text{ m}$$

Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House

$$KG_{E\&O} = (1.02 \sim 1.08) \cdot D_A ; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 173}$$

$$= 10.936 \text{ m}$$

LCG₁

1. Layer i

$$\ell_{DH1} = 15.5 \text{ m}$$

$$W_{DH1} = 61.845 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH1} = -30 \text{ m}$$

2. Layer II

$$\ell_{DH2} = 15.5 \text{ m}$$

$$W_{DH2} = 61.845 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH2} = -30 \text{ m}$$

3. Layer III

$$\ell_{DH3} = 15.5 \text{ m}$$

$$W_{DH3} = 61.845 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH3} = -30 \text{ m}$$

LCG₂

$$W_{E\&O \text{ DH}} = 60\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi W_{E&O} di Rumah Geladak

$$= 239.499 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH} = \frac{W_{DH1} \cdot LCG_{DH1} + W_{DH2} \cdot LCG_{DH2} + W_{DH3} \cdot LCG_{DH3}}{W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3}}$$

$$= -30$$

LCG₃

$$W_{E\&O \text{ Other}} = 40\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi W_{E&O} di tempat lain

$$= 159.6658$$

$$LCG_{Other} = -1.1 \text{ m di belakang M}$$

LCG

$$LCG_{E\&O} = \frac{60\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{DH} + 40\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{Other}}{W_{E\&O}}$$

$$= -18.440 \text{ m di belakang Mid}$$

$$= 24.060 \text{ m dari AP}$$

$$= 60.940 \text{ m dari FP}$$

- **Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total**

Berat Baja

$$\begin{aligned}
 W_{ST} &= 2130.538 \\
 KG_{ST} &= 11.141 \text{ m} \\
 LCG_{ST} &= -20.071 \text{ m ; dari Midship}
 \end{aligned}$$

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned}
 W_{E\&O} &= 399.165 \\
 KG_{E\&O} &= 10.936 \text{ m} \\
 LCG_{E\&O} &= -18.440 \text{ m ; dari Midship}
 \end{aligned}$$

Berat Permesinan

$$\begin{aligned}
 W_M &= 2059.375 \\
 KG_M &= 5.718 \text{ m} \\
 LCG_M &= 3.787 \text{ m ; dari Midship}
 \end{aligned}$$

Berat Consumable

$$\begin{aligned}
 W_{cons} &= 1538.675 \\
 KG_{cons} &= 4 \text{ m} \\
 LCG_{cons} &= 9.039 \text{ m ; dari Midship}
 \end{aligned}$$

Berat Ballast Tetap

$$\begin{aligned}
 W_{ballast} &= 670 \text{ ton} \\
 KG_{ballast} &= 2.3 \text{ m} \\
 LCG_{ballast} &= 9.300 \text{ m ; dari Midship}
 \end{aligned}$$

Berat LWT

$$\begin{aligned}
 LWT &= W_{ST} + W_{E\&O} + W_M \\
 &= 5259.078 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berat Total

$$\begin{aligned}
 W &= LWT + W_{cons} \\
 &= 6797.753 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perbandingan DWT+LWT dan Displacement

$$\begin{aligned}
 W &= 6797.753 \text{ ton} \\
 Displ. &= 6844.481 \text{ ton} \\
 Margin &= 46.727 \text{ ton} \\
 &= 0.7 \%
 \end{aligned}$$

KG Total

$$\begin{aligned}
 KG &= \frac{W_{ST} \cdot KG_{ST} + W_{E\&O} \cdot KG_{E\&O} + W_M \cdot KG_M + W_{cons} \cdot KG_{cons} + W_{payload} \cdot KG_{payload}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons} + W_{payload}} \\
 &= 6.993 \text{ m}
 \end{aligned}$$

LCG Total

$$\begin{aligned}
 LCG &= \frac{W_{ST} \cdot LCG_{ST} + W_{E\&O} \cdot LCG_{E\&O} + W_M \cdot LCG_M + W_{cons} \cdot LCG_{cons} + W_{payload} \cdot LCG_{payload}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons} + W_{payload}} \\
 &= -5.082 \text{ m}
 \end{aligned}$$

• Perhitungan Trim

Chapter 11 Parametric Design, Michael G. Parsons

Input Data

L_{PP}	=	85 m
B	=	22 m
T	=	4.5 m
C_M	=	0.976
C_B	=	0.88
C_{WP}	=	1
∇	=	6677.542 m ³
KG	=	6.993 m
$LCG_{LWT FP}$	=	47.082 m
$LCB_{\text{dari FP}}$	=	46.32 m

Sifat Hidrostatik

1. KB

$$KB/T = 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B$$

Parametric Ship Design hal. 11 - 18

$$= 0.5192$$

$$KB = 2.3364 \text{ m}$$

2. BM_T

$$C_I = 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041$$

Transverse Inertia Coefficient
Parametric Ship Design hal. 11 - 19

$$= 0.081$$

$$I_T = C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3$$

$$= 72949.45 \text{ m}^4$$

$$BM_T = I_T / \nabla$$

; jarak B dan M secara melintang

$$= 10.925 \text{ m}$$

3. BM_L

$$C_{IL} = 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$$

Longitudinal Inertia Coefficient

$$= 0.091$$

$$I_L = C_{IL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B$$

$$= 1229478.3 \text{ m}^4$$

$$BM_L = I_L / \nabla$$

; jarak B dan M secara melintang

$$= 184.1214 \text{ m}$$

4. GM_L

$$= KB + BM_L - KG$$

$$= 179.465$$

5. Trim

$$= \frac{(LCG - LCB) \cdot L_{PP}}{GM_L}$$

; Parametric Ship Design hal 11 - 27

$$= 0.361 \text{ m}$$

Kondisi Trim

Trim Buritan

6. Batasan Trim

$$\Delta (LCG - LCB)$$

$$= 0.762$$

$$0.1 \cdot L_{PP}$$

$$= 8.5$$

Kondisi Batasan Trim

Diterima

• Perhitungan Lambung Timbul

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

$$\begin{aligned}
 H &= 8 \text{ m} \\
 d &= 0.85 \cdot H \\
 &= 6.8 \text{ m} \\
 L_{1(1)} &= 96\% \cdot LWL_{0.85D} \\
 &= - \\
 L_{1(2)} &= L_{PP} \\
 &= 85 \text{ m} \\
 L_1 &= 85 \text{ m} ; L_1 \text{ diambil yang terbesar} \\
 B &= 22 \text{ m} \\
 C_B &= \frac{\nabla}{L_1 \cdot B \cdot d} \\
 &= 0.880 \\
 \ell_{FC} &= 0 \text{ m} ; \text{ panjang forecastle} \\
 \ell_{PO} &= 0 \text{ m} ; \text{ panjang poop}
 \end{aligned}$$

Tipe Kapal

*International Convention on Load Line 1996
as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship*

$$\text{Tipe} = B$$

Lambung Timbul Standar (F_b)

*International Convention on Load Line 1996
as modified 1998 and 2003 - Table 28.2*

$$\begin{aligned}
 L_1 \text{ (m)} &\Leftrightarrow F_b \text{ (mm)} \\
 46 &\Leftrightarrow 396 \\
 47 &\Leftrightarrow 408 \\
 &\textit{interpolasi} \\
 46 &\Leftrightarrow 396 \text{ mm} \\
 &\Leftrightarrow 0.396 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Koreksi

$$\begin{aligned}
 1. L & ; 24 < L_{PP} < 100 \\
 F_{b1} &= 7,5(100 - L) \left(0,35 - \frac{E_1}{L}\right) \\
 &= 39.375 \text{ mm} \\
 2. C_B & ; C_B > 0.68 \\
 F_{b2} &= F_b \cdot \frac{C_B + 0.68}{1.36} \\
 &= 499.401 \text{ mm} \\
 3. Depth (D) \\
 L/15 &= 5.667 \\
 R &= 177.083 \\
 &\textit{untuk } L < 120\text{m} ; R = L/0.48 \\
 &\textit{untuk } L > 120\text{m} ; R = 250 \\
 &\textit{jika, } D < L/15 ; \text{ tidak ada koreksi} \\
 &\textit{jika, } D > L/15 ; F_{b3} = F_{b2} + (R(H-(L/15))) \\
 F_{b3} &= 912.595 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Total Panjang Efektif

$$\begin{aligned}
 E &= E_{FC} + E_{PO} \\
 &= 0 \text{ m} \\
 &= 0 \cdot L
 \end{aligned}$$

3. Pengurangan Akibat Bangunan Atas

$$\begin{aligned}
 L_1 \text{ (m)} &\Leftrightarrow h_{st} \text{ (m)} \\
 122 &\Leftrightarrow 1070 ; \textit{regulation 37} \\
 85 &\Leftrightarrow 1070
 \end{aligned}$$

Pengurangan

$$\begin{aligned}
 &= 0\% ; \textit{regulation 37 table 37.1} \\
 &= 0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned}
 F_b' &= F_{b3} - \text{Pengurangan} \\
 &= 912.595 \text{ mm} \\
 &= 0.913 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Batasan

Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned}
 F_{ba} &= H - T \\
 &= 3.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lambung Timbul Sebenarnya > Lambung Timbul Total

$$\text{Kondisi} = \text{Diterima}$$

• Stability Calculation

Manning Methode (1965) and IMO Resolution A. 749 (18)

Input Data :

weight = long ton
Length = feet
1 feet = 0.3048 m
L = 278.87 ft
B = 72.18 ft
B_w = 72.18 ft (maximum waterline breadth = B)
H (sarat) = 14.76 ft
D_M (Depth) = 26.25 ft
S_F = 0.00 ft
S_A = 0.00 ft
D₀ = Δ (ton)/1.016
 = 6736.69 long ton
L_d = length of superstructure which extend to sides of ship
 = 0.00 ft
d = 0.00 ft
C_B = 0.880
C_w = 1.000
C_x = midship section coefficient at draft H = Cm
 = 1.000

Perhitungan :

Perhitungan Awal

C_{PV} = vertical prismatic coeff. = C_b/C_w
 = 0.880
A₀ = area of waterline plan at designed draft = L.B_w.C_w
 = 17713.09
A_M = area of immersed midship section = B.H.C_x
 = 1065.63
S = Mean Sheer: $(Ld*d) + (0.5*L*(SF/3)) + (0.5*L*(SA/3))$
 = 0.00
A₂ = area of vertical centerline plane to depth D = $(0.98*L*DM) + S$
 = 7173.070
D = Mean Depth : $(S/L) + DM$
 = 26.25
F = mean freeboard = D - T
 = 11.483
A₁ = area of waterline plane at depth D maybe estimate from A₀ and nature of stations above waterline = 1.01 . A₀
 = 17890.22

Perhitungan Koeffisien GZ

$$\begin{aligned}
 D_T &= \Delta_0 + \left(\left(\frac{A_0 + A_1}{2} \right) \cdot \left(\frac{F}{35} \right) \right) \\
 &= 12577.13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d &= \frac{\Delta_T}{2 - \Delta_0} \\
&= -448.13 \\
C_{W'} &= \frac{A_2}{L \cdot D} \\
&= 0.980 \\
C_X' &= \frac{AM \cdot (B \cdot F)}{B \cdot D} \\
&= -0.424 \\
C_{PV'} &= \frac{35 \cdot \Delta_T}{A_1 \cdot B} \\
&= 0.937 \\
C_{PV''} &= \frac{35 \cdot \Delta_T}{A_2 \cdot B} \\
&= 0.850 \\
C_{W''} &= C_{W'} - \frac{(140 \cdot d) \cdot (1 - C_{PV''})}{B \cdot D \cdot L} \\
&= 0.998 \\
f_0 &= \frac{H \cdot \left[\left(\frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right]}{2 \cdot F \cdot (1 - C_{PV'})} \\
&= 0.054 \\
f_1 &= \frac{H \cdot \left[1 - \left(\frac{A_0}{A_1} \right) \right]}{2 \cdot F \cdot (1 - C_{PV'})} \\
&= 0.181 \\
f_2 &= \text{jika } C_X' >= 0.89, \text{ maka } = 9.1 \cdot (C_X' - 0.34); \text{ jika tidak } = 0 \\
&= 0 \\
KG &= C_{KG} D_M \\
&= 22.94 \quad \text{ft}
\end{aligned}$$

• factor h1

$$\begin{aligned}
f(=0) &= 0.475 \\
f(=0.5) &= 0.482 \\
f(=1) &= 0.487 \\
h1 &= \text{untuk } h1, h0 \text{ dan } h2 \\
&\text{jika } 0 <= f1 <= 0.5, \text{ maka } = (f=0) + [(f1-0/0.5-0)] \cdot ((f=0.5) - (f=0)) \\
&\text{jika tidak } = (f=0.5) + [(f1-0.5)/1-0.5] \cdot (f=1) - f=0.5 \\
&= 0.478 \\
KG' &= (D(1-h1)\Delta T - \delta) / (2\Delta 0) \\
&= 12.83 \\
GG' &= (KG' - KG) \\
&= -10.11
\end{aligned}$$

• factor h0

$$\begin{aligned}
f(=0) &= 0.456 \\
f(=0.5) &= 0.466 \\
f(=1) &= 0.475 \\
h0 &= 0.457 \\
KB_0 &= (1-h0)H \\
&= 8.019 \\
G'B_0 &= KG' - KB_0 \\
&= 4.812
\end{aligned}$$

• factor h2

$$f (=0) = 1.280$$

$$f (=0.5) = 0.458$$

$$f (=1) = 0.469$$

$$h2 = 1.280$$

$$\begin{aligned} G'B_{90} &= (DT*h2*B)/4*Do]-[d2/D0*(17.5/(A2-(70*d/8)*(1-CPV"")) \\ &= 43.042 \end{aligned}$$

$$C_1 = 0.089$$

$$BM_0 = 39.449$$

$$CI' = 0.087$$

$$\begin{aligned} BM_{90} &= (C1*L*D3)/35*Do]+[(Ld*d*D2)/140*Do \\ &= 1.857 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GM_0 &= KB0 + BM0 - KG \\ &= 24.524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G'M_0 &= KB0 + BM0 - KG' \\ &= 34.637 \end{aligned}$$

$$G'M_{90} = -41.184$$

$$\begin{aligned} b_1 &= [9*(G'B90-G'B0)/8]-[(G'M0-G'M90)/32] \\ &= 40.639 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 &= (G'M0+G'M90)/8 \\ &= -0.818 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 &= 3*(G'M0-G'M90)/32-3*(G'B90-G'B0)/8 \\ &= -7.228 \end{aligned}$$

19.1.4. Perhitungan Lengan Statis (GZ [feet])

• Heel Angle (f) = 0

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG'*\sin((0*PI()/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b1*\sin((2*0*PI()/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b1*\sin((4*0*PI()/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b1*\sin((6*0*PI()/180) \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f+b1 \sin 2f+b2 \sin 4f+b3 \sin 6f \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 5

$$\begin{aligned} GG' \sin 1f &= GG'*\sin((0*PI()/180) \\ &= -0.881 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 \sin 2f &= b1*\sin((2*0*PI()/180) \\ &= 7.057 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 \sin 4f &= b1*\sin((4*0*PI()/180) \\ &= -0.280 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 \sin 6f &= b1*\sin((6*0*PI()/180) \\ &= -3.614 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GZ &= GG' \sin 1f+b1 \sin 2f+b2 \sin 4f+b3 \sin 6f \\ &= 2.282 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 10

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-1.756} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{13.899} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-0.526} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-6.260} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \mathbf{5.358} \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 15

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-2.618} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{20.320} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-0.709} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-7.228} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \mathbf{9.765} \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 20

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-3.459} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{26.122} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-0.806} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-6.260} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \mathbf{15.598} \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 25

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-4.274} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{31.131} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-0.806} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-3.614} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \mathbf{22.438} \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 30

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-5.057} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{35.195} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-0.709} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{0.000} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \mathbf{29.429} \\ &= \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 35

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-5.801} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{38.188} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-0.526} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{3.614} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \mathbf{35.476} \\ &= \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 40

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-6.501} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{40.022} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-0.280} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{6.260} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \mathbf{39.501} \\ &= \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 45

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{-7.151} \\ \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{40.639} \\ \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{0.000} \\ \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= \mathbf{7.228} \\ \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b1 \sin 2f + b2 \sin 4f + b3 \sin 6f} \\ &= \end{aligned}$$

$$= 40.716$$

• Heel Angle (f) = 50

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= -7.747 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 40.022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 0.280 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b_1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 6.260 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f} \\ &= 38.814 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 55

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= -8.284 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 38.188 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 0.526 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b_1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 3.614 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f} \\ &= 34.044 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 60

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= -8.758 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 35.195 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 0.709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b_1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f} \\ &= 27.145 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 65

$$\begin{aligned} \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= -9.166 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 31.131 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\ &= 0.806 \end{aligned}$$

$$\mathbf{b_3 \sin 6f} = \mathbf{b_1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)}$$

$$\begin{aligned}
 &= -3.614 \\
 \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f} \\
 &= 19.158
 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 70

$$\begin{aligned}
 \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= -9.503 \\
 \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 26.122 \\
 \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 0.806 \\
 \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b_1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= -6.260 \\
 \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f} \\
 &= 11.165
 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 75

$$\begin{aligned}
 \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= -9.769 \\
 \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 20.320 \\
 \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 0.709 \\
 \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b_1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= -7.228 \\
 \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f} \\
 &= 4.032
 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 80

$$\begin{aligned}
 \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= -9.960 \\
 \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 13.899 \\
 \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 0.526 \\
 \mathbf{b_3 \sin 6f} &= \mathbf{b_1 * \sin((6 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= -6.260 \\
 \mathbf{GZ} &= \mathbf{GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f} \\
 &= -1.794
 \end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 85

$$\begin{aligned}
 \mathbf{GG' \sin 1f} &= \mathbf{GG' * \sin((0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= -10.075 \\
 \mathbf{b_1 \sin 2f} &= \mathbf{b_1 * \sin((2 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 7.057 \\
 \mathbf{b_2 \sin 4f} &= \mathbf{b_1 * \sin((4 * 0 * \text{PI}()) / 180)} \\
 &= 0.280
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \text{PI})/180) \\
&= -3.614 \\
GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\
&= -6.352
\end{aligned}$$

• Heel Angle (f) = 90

$$\begin{aligned}
GG' \sin 1f &= GG' \sin((0 \cdot \text{PI})/180) \\
&= -10.113 \\
b_1 \sin 2f &= b_1 \sin((2 \cdot 0 \cdot \text{PI})/180) \\
&= 0.000 \\
b_2 \sin 4f &= b_1 \sin((4 \cdot 0 \cdot \text{PI})/180) \\
&= 0.000 \\
b_3 \sin 6f &= b_1 \sin((6 \cdot 0 \cdot \text{PI})/180) \\
&= 0.000 \\
GZ &= GG' \sin 1f + b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \\
&= -10.113
\end{aligned}$$

Perhitungan Lengan Dinamis (L_D [feet.rad])

• h [radian] = (karena jarak sudut yang dibuat 5, maka dimasukkan = $5 / (180/\text{phi})$)

$$= 0.0873$$

• L_D

$$\begin{aligned}
10^0 &= \text{seperti simpson dari } 0 - 10 \text{ derajat } 1/3 \cdot h \cdot (a + 4 \cdot b + c) \\
&= 0.4213
\end{aligned}$$

$$20^0 = 1.7458$$

$$30^0 = 3.9205$$

$$40^0 = 6.1329$$

$$L_D \text{ Total} = 12.2206$$

REKAPITULASI PERHITUNGAN STABILITAS

unit : metric

Lengan Statis (GZ [m])

GZ

0	=	0.0000
5	=	0.6954
10	=	1.6330
15	=	2.9765
20	=	4.7543
25	=	6.8390
30	=	8.9700
35	=	10.8130
40	=	12.0399
45	=	12.4103
50	=	11.8306
55	=	10.3767
60	=	8.2738

65	=	5.8393
70	=	3.4032
75	=	1.2289
80	=	-0.5467
85	=	-1.9361
90	=	-3.0825

Lengan Dinamis (L_D [m.rad])

L_D		
10	=	0.1284
20	=	0.5321
30	=	1.1950
40	=	1.8693
L_DTotal		= 3.7248

Sudut Maksimum

Gz max = nilai maksimum GZ dari semua sudut 0-90
 = 12.410

Kolom ke- (nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa)
 = 10

Heel at Gz max (pada sudut heel berapa)
 = 45

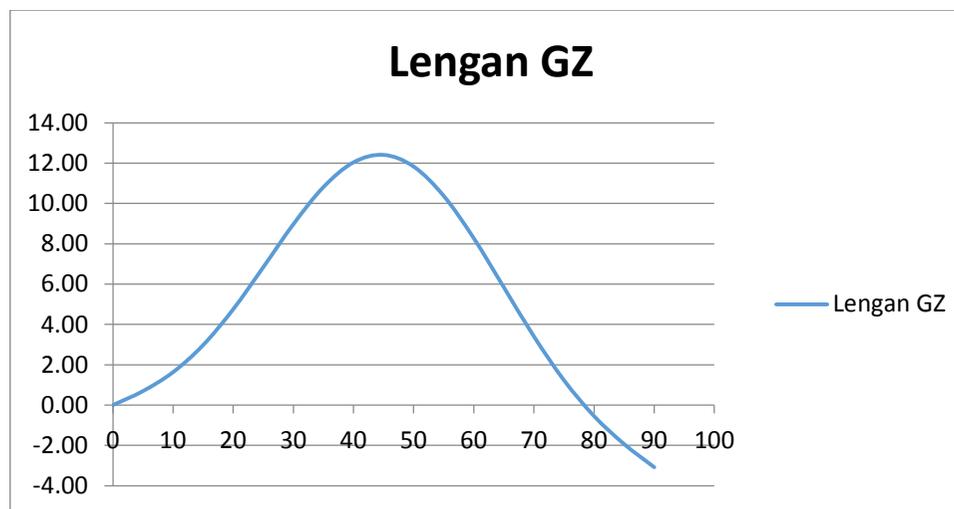
Titik

X1	=	40
X2	=	45
X3	=	50
Y1	=	12.0399
Y2	=	12.4103
Y3	=	11.8306

Hasil perkalian matriks

a	=	-25.127
b	=	1.689
c	=	-0.019

qmax [X°]
 = 44



GZ											
0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
0.0000	0.6954	1.6330	2.9765	4.7543	6.8390	8.9700	10.8130	12.0399	12.4103	11.8306	10.3767

GZ						
60	65	70	75	80	85	90
8.2738	5.8393	3.4032	1.2289	-0.5467	-1.9361	-3.0825

L_D			
10	20	30	40
0.1284	0.5321	1.1950	1.8693

- **Batasan Stabilitas Menurut IMO**

IMO Resolution A. 749 (18)

Input Data

1. e (mrad)
 - $e_{30^\circ} = 1.194973$
 - $e_{40^\circ} = 1.8693$
 - $e = e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$
 $= 0.674327$
2. $GZ_{30^\circ} = 2.942927$
3. $\theta_{\max} = 44$
4. GM_0
 - $GM_0 = 24.52415$ feet
 - $= 7.47496$ m
5. $B = 22$ m
6. $G'Mo = 34.6374$

Kriteria IMO

1. $e_{30^\circ} \geq 0.055$
 $e_{30^\circ} = 1.194973$
= Diterima
2. $e_{40^\circ} \geq 0.09$
 $e_{40^\circ} = 1.8693$
= Diterima
3. $e_{30-40^\circ} \geq 0.03$
 $e_{30-40^\circ} = 0.674327$
= Diterima
4. $h_{30^\circ} \geq 0.2$
 $h_{30^\circ} = 2.942927$
= Diterima
5. $\theta_{\max} \geq 25$
 $\theta_{\max} = 44.44923$
= Diterima
6. $GM_0 \geq 0.15$
 $GM_0 = 7.47496$
= Diterima

Status = Kriteria Dipenuhi

Periode Rolling

$$T = \frac{0.79 \cdot B}{\sqrt{G'Mo}}$$

$$= 2.953 \text{ detik}$$

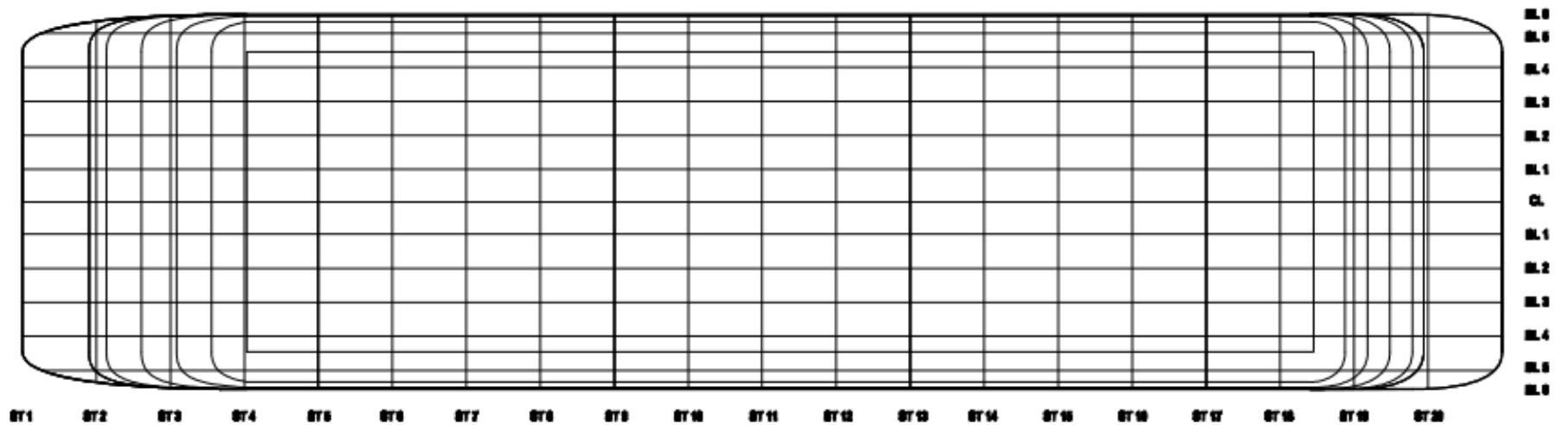
BODY PLAN



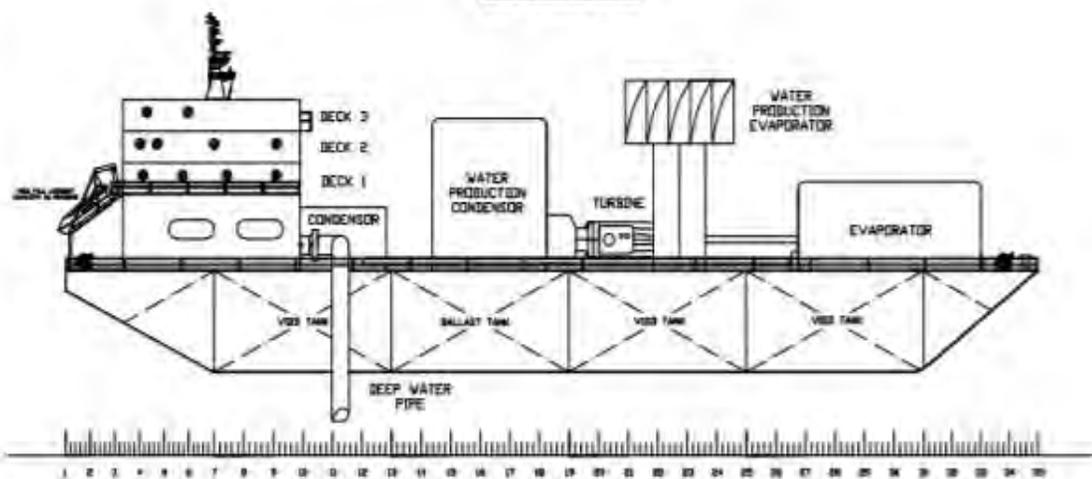
SHEER PLAN



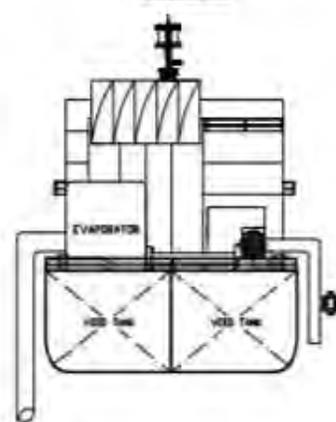
HALF BREADTH PLAN



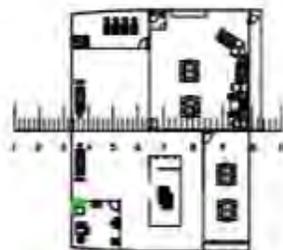
SIDE VIEW



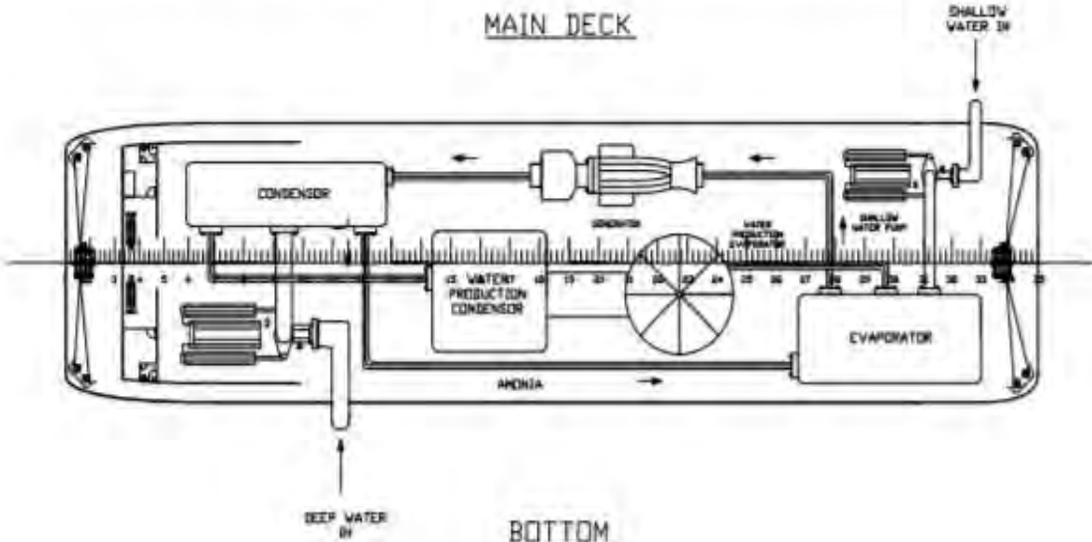
FRONT



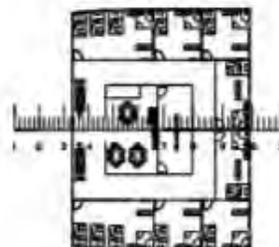
DECK 3



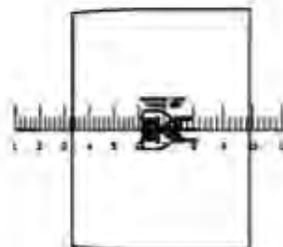
MAIN DECK



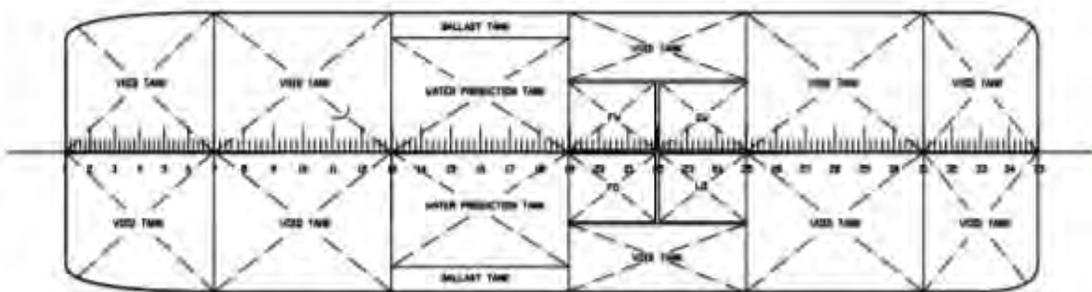
DECK 1



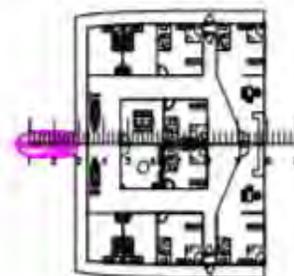
TOP DECK



BOTTOM



DECK 2



DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 UNIVERSITI TEKNIK MARA
BLK CARRIER MV BARRACKDA 1322 DWT
General Arrangement

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Pendahuluan

Pada Bab 5 ini berisi hasil kesimpulan dan seluruh proses desain *Power Plant Barge* OTEC yang telah dilakukan dan dibahas pada bab sebelumnya serta berisikan saran untuk penelitian Tugas Akhir selanjutnya.

5.2 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang bisa didapat dari pengerjaan Tugas Akhir ini, adalah :

1. Dari keseluruhan wilayah Kabupaten Kepulauan Talaud, hanya 53.48 % yang sudah teraliri listrik.
2. Daya listrik ideal yang dibutuhkan oleh seluruh wilayah Kabupaten Kepulauan Talaud adalah sebesar 9.47 MW, di mana saat ini baru terpenuhi sebesar 5.07 MW, sehingga daya yang dibutuhkan adalah sebesar 4.40 MW.
3. Daya listrik yang dihasilkan (output) oleh *Power Plant Barge* OTEC adalah sebesar 5 MW, dengan daya pemakaian sendiri sebesar 2.9 MW dan 5 MW untuk disalurkan keluar.
4. Ukuran Utama *Power Plant Barge* OTEC, yaitu :
 - L (Panjang) = 85 m
 - B (Lebar) = 22 m
 - H (Tinggi) = 8 m
 - T (Sarat) = 4.5 m
5. Gambar *Lines Plan* dan *General Arrangement*, telah memenuhi aspek yang ada dalam perencanaan *barge*, dan sesuai dengan peraturan yang ada, hasil dapat dilihat pada Lampiran 2).

5.3 Saran

- Masih perlunya pengkajian ulang tentang sistem distribusi listrik ke seluruh wilayah Kab. Kepulauan Talaud, dikarenakan letak beberapa daerah dan pulau yang jauh dan menyulitkan untuk dilakukan distribusi listrik.
- Tata letak dari beberapa peralatan pendukung pembangkit listrik masih menggunakan metode estimasi peletakan.
- Perlu dilakukan pengkajian mengenai aspek ekonomis dari operasional *Power Plant Barge* OTEC.
- Perlu dilakukan pengkajian lanjutan dalam aspek *motion analysis* akibat pengaruh gelombang terhadap kinerja *Power Plant Barge* OTEC, serta analisa lanjutan mengenai *mooring system*.
- Perhitungan kebutuhan listrik untuk pemakaian sendiri pada *Power Plant Barge* OTEC masih menggunakan estimasi, dikarenakan banyak peralatan yang tidak diketahui kebutuhan dayanya.
- Perhitungan berat dan stabilitas *Power Plant Barge* OTEC, masih menggunakan perhitungan pendekatan.

DAFTAR PUSTAKA

- ABS. (2015). *Rules For Building And Classing Stell Barge*.
- BMKG. (2015). *Prakiraan Gelombang rata-rata mingguan*. Jakarta.
- Aprilian, Salis S. 2012. *Membangun(kan) Perusahaan Energi Nasional*. Jakarta : Petromindo Creative Solution.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Talud DalamAngka*. Sulawesi Utara : Pemerintah Kabupaten Kepulauan Talud.
- Dewan Energi Nasional. 2015. *Executive Data 2015*. Jakarta : Dewan Energi Nasional.
- Engels, Walter dan Farshid Zabihian. 2014. *Principle and Preliminary Calculation of Ocean Thermal Energy Conversion*. Jurnal University of Bridgeport.
- H. Schneekluth, V. B. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Woburn: Butterworth Heinemann.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Kementerian ESDM. 2014. *Peraturan Menteri No 20 tahun 2014*. Jakarta : Kementerian ESDM.
- Kempeener, Ruud. *Ocean Thermal Energy Conversion Technology Brief*. [1 Agustus 2015], <http://www.irena.org>.
- Laurie. *A Developer's Roadmap to OTEC Commercialization*. [23 Juli 2015], <http://hinmrec.hnei.hawaii.edu>.
- Marsudi, D. (2005). *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Nihous, Gerard. *A Preliminary Assessment of Ocean Thermal Energy Conversion Resources*. [20Juli2015], <http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wpcontent/uploads/2010/01/OTECRESOURCE.pdf>.
- Parsons, M. G. (1999). *Parametric Design*. Cambridge: SNAME.
- Santosa, I.G.M (1999). *Diktat Kuliah Perencanaan Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Taggart, R. (1980). *Ship Design and Construction*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

- Raharjo, Nison Hastari. 2013. Studi Pemanfaatan Energi Panas Laut dan Gelombang Laut untuk Sistem Kelistrikan di Kabupaten Karangasem Bali. Surabaya : Tugas Akhir ITS.
- Rapaka, Vijayakrishna E. 2013. Specific Power Optimization of 0.1 MWe Closed Cyce OTEC Power Plant. Jurnal IJIRSET.
- Vega, Luis. First Generation 50 MW OTEC Plantship for The Production of Electricity and Desalinated Water. [24 Juli 2015], <http://www.hnei.hawaii.edu>.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.

BIOGRAFI PENULIS



LENDY HARI SAPUTRO. Lahir di Bandar Lampung pada 25 Januari 1993 sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Jatibening X Bekasi, SMP 252 Jakarta dan dilanjutkan ke jenjang SMA di SMA 61 Jakarta. Setelah selesai menempuh pendidikan SMA, penulis melanjutkan studinya di Program Sarjana Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur Mandiri. Selama masa perkuliahan penulis pernah melakukan kerja praktek di beberapa galangan pemerintah dan swasta yaitu diantaranya PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari Galangan III, Jakarta (Juli-Agustus 2015) dan PT. Meranti Nusa Bahari, Balikpapan (Januari-Februari 2016). Selain itu penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan mahasiswa diantaranya menjadi Sekertaris Marine Kids SAMPAN 7 (2012), LKMM Pra-TD (2012), serta menjadi anggota *Steering Committee* Kaderisasi HIMATEKPAL tahun kepengurusan (2014-2015).

Penulis memiliki ketertarikan pada bidang desain perkapalan yang dapat mendukung terciptanya inovasi baru dibidang perkapalan, sehingga penulis mengambil bidang rekayasa perkapalan dengan spesifikasi perancangan kapal (desain kapal), maka dari itu pada semester delapan penulis menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Desain *Barge* Pembangkit Listrik Tenaga Konversi Panas Air Laut Untuk Wilayah Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara”.

Email : lendyharisaputro@gmail.com