



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KONSEP DESAIN DAN ANALISA STRUKTUR COTTAGE TERAPUNG  
DENGAN LAMBUNG SILINDRIS**

**SKRIPSI**

**SRI LESTARI MAHARANI  
0806338456**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KONSEP DESAIN DAN ANALISA STRUKTUR COTTAGE TERAPUNG  
DENGAN LAMBUNG SILINDRIS**

**SKRIPSI**

**SRI LESTARI MAHARANI  
0806338456**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
Telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Sri Lestari Maharani

NPM : 0806338456

Tanda Tangan :



Tanggal : 10 Juni 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Sri Lestari Maharani  
NPM : 0806338456  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Skripsi : Konsep Desain Dan Analisa Struktur Cottage Terapung dengan Lambung Silindris

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Marcus Alberth Talahatu, MT

Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng

Penguji : Ir. Sunaryo, Ph.D

Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo, MT

Penguji : Ir. Mukti Wibowo

Ditetapkan di : Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 3 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

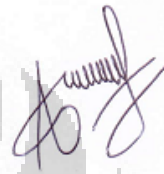
Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan anugrah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dalam penulisan skripsi ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada hingganya kepada

1. Allah SWT atas Rahmat, Petunjuk, dan Kasih SayangNya
2. Ir. M. A. Talahatu, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ir. Sunaryo, Ph.D, Ir. Hadi Tresno Wibowo, Ir. Mukti Wibowo, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng selaku dosen program studi Teknik Perkapalan yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya.
4. Secara khusus penulis ingin memberikan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua penulis, atas bantuan dan dukungannya selalu sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Keluarga tercinta, kakak-kakak dan adik atas dukungan-nya selama ini.
6. Gunawan, S.T M.T dan M.Baqi, S.T M.T selaku asisten dosen sebagai tempat bertanya
7. M.Hudi Wibowo selaku partner skripsi dikala susah dan senang dalam menyelesaikan skripsi (I will never win this game without you).
8. Sahabat-sahabat saya Liza, Vina, Resty, dan Lisa atas Semangat dan keceriaan yang kalian bawa.
9. Rachmi, Ratna, Ica, Sonia, Nisa, Ade, Dea, Indah, dan Ragil selaku teman-teman wanita angkatan 2008 Teknik Mesin atas semangat dan doanya.
10. Teman – teman angkatan 2008 Teknik Mesin dan Teknik Perkapalan, terimakasih atas pengalaman yang berharga selama menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

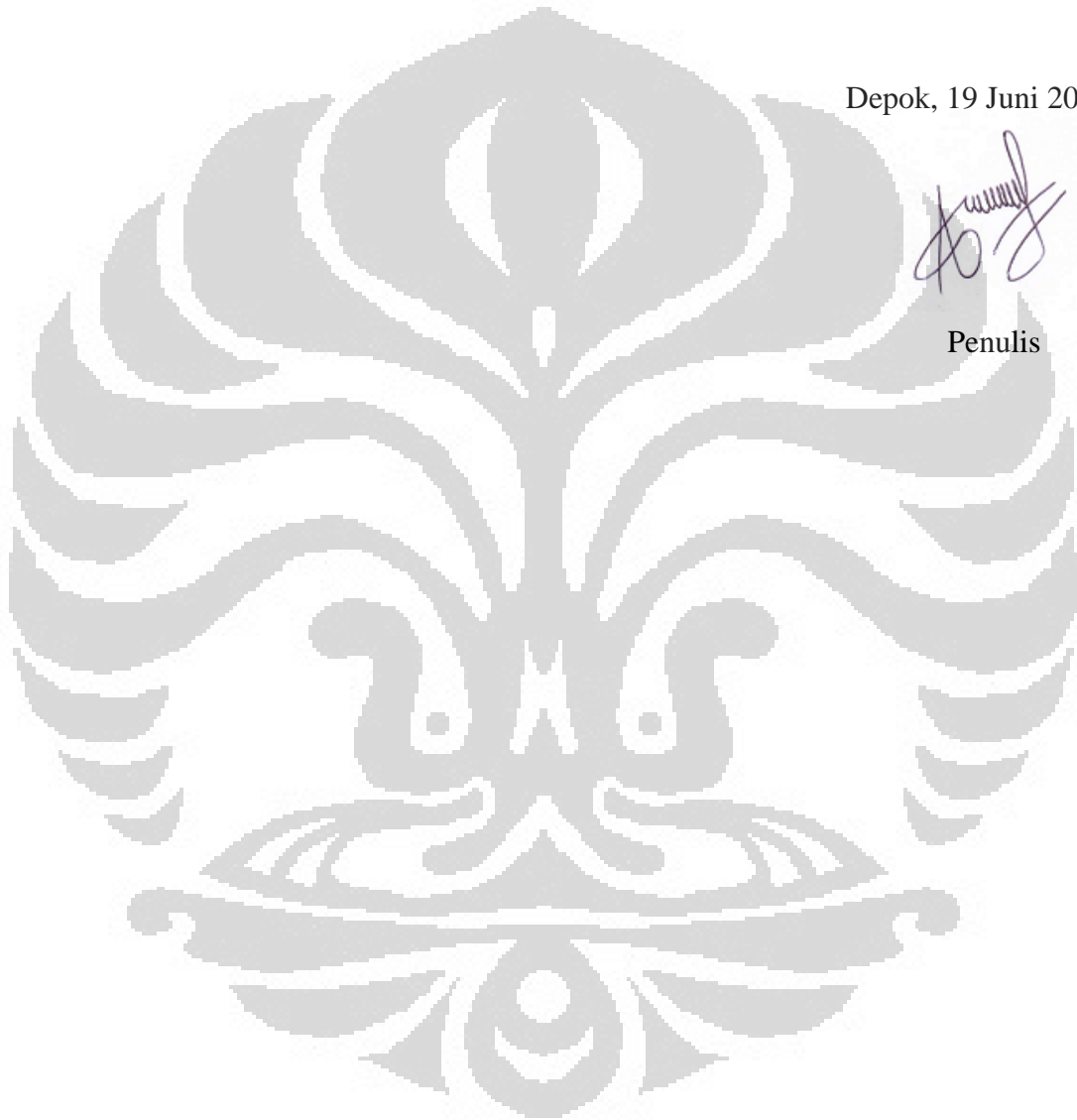
11. Para sahabat dan semua pihak yang telah membantu dalam bentuk doa yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis berharap semoga Tuhan berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 19 Juni 2012



Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Lestari Maharani

NPM : 0806338456

Program Studi : Teknik Perkapalan

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Rights*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Konsep Desain Dan Analisa Struktur Cottage Terapung dengan Lambung Silindris**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 19 Juni 2012

Yang menyatakan,

  
Sri Lestari Maharani

## ABSTRAK

Nama : Sri Lestari Maharani  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul : Konsep Desain Dan Analisa Struktur Cottage Terapung dengan Lambung Silindris.

Salah satu akibat pemanasan global yang terjadi di Bumi yaitu makin tingginya permukaan air laut yang menyebabkan makin mundurnya garis pantai dan berakibat pada berkurangnya luas daratan. Saat ini sebagian besar manusia bertempat tinggal dan melakukan aktivitas di daratan. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan luas laut 7.900.000 km<sup>2</sup> atau empat kali dari luas daratannya, dan 60% penduduknya hidup di wilayah pesisir akan sangat terpengaruh oleh kenaikan air laut global tersebut. Cottage Terapung merupakan suatu ide rancang bangunan terapung dengan lambung berbentuk silindris yang dicetuskan oleh tim penulis sebagai solusi tempat tinggal manusia di laut Indonesia. Penampang lambung yang bundar memungkinkan struktur memiliki tahanan hidrodinamis yang sama untuk segala arah pada saat terkena gelombang, selain itu bentuk silindris memiliki ketahanan stabilitas yang lebih baik dibanding struktur lainnya. Perbandingan tinggi sarat air dan diameter Cottage terapung yaitu (1:4.5). Dilakukan penjelasan mengenai konsep desain dengan cakupan sistem stabilitas, sistem konstruksi, sistem kelistrikan, sistem keselamatan, sistem tambat, sistem proteksi dan perbaikan, hingga ekonomi dari Cottage terapung. Sistem konstruksi bangunan di analisa berdasarkan kekuatan memanjang dan melintang ketika berada dilaut, dan didapatkan nilai tegangan yang berada dibawah nilai tegangan material yang digunakan.

Kata kunci : Cottage Terapung, Silindris, kekuatan , tegangan.



## ABSTRACT

Name : Sri Lestari Maharani  
Program Study : Teknik Perkapalan  
Title : Concept Design and Structures Analysis of Floating Cottage with Cylindrical Hull.

One result because of Global warming on earth is increased sea levels and caused the resignation of shoreline and reduction in land area. Nowadays most people live and conduct activities on land. Indonesia as an archipelago country with an area of 7.9 million km<sup>2</sup> of sea or four times bigger than land area, and 60% of the population lives in coastal areas will be greatly affected by the global sea level rise. Floating Cottage is an idea of building design with cylindrical hull by a team of writers as the solution of human habitation on Indonesia's Sea. Circular cross section of the hull allows the structure have the same hydrodynamic resistance for all directions when exposed to the waves, moreover a cylindrical shape has better stability than other structures. Ratio of the draft and diameter of floating Cottage is (1:4.5). The scope of explanation include stability, construction systems, electrical systems, safety systems, mooring systems, system protection and repair, to the economy of Floating Cottage. Analysis system in the building construction on the terms of longitudinal and transverse forces while at sea, and found that the tensile stress value is below the tensile stress of the material.

Key words: Floating Cottage, Cylindrical, Strength, Tensile Stress

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	01
1.2 Perumusan Masalah .....	02
1.3 Tujuan Penelitian .....	03
1.4 Batasan Penelitian .....	03
1.5 Metode Penelitian .....	03
1.6 Sistematika Penulisan .....	06
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum .....	07
2.2 Metode Desain Spiral .....	07
2.2.1 Siklus Desain Spiral .....	08
2.3 Lingkungan Laut Cottage Terapung .....	10

2.4 Ukuran Utama, Rencana Garis, dan Rencana Umum	10
2.4.1 Ukuran Utama	11
2.4.2 Koefisien Bentuk	11
2.4.3 Rencana Garis (Lines Plan)	12
2.4.4 Rencana Umum	13
2.5 Stabilitas Awal	13
2.6 Konstruksi Kapal	18
2.6.1 Material baja	19
2.6.2 Profil	20
2.7 Kekuatan Kapal	22
2.7.1 Kekuatan Memanjang	24
2.7.2 Kekuatan Melintang	25
<b>BAB 3 KONSEP DESAIN COTTAGE TERAPUNG</b>	
3.1 Lingkungan Laut	27
3.2 Ukuran Umum dan Rencana Garis	29
3.3 Stabilitas Awal	31
3.4 Sistem Konstruksi	37
3.4.1 Ukuran Utama	38
3.4.2 Koefisien Bentuk	39
3.4.3 Rencana Garis (Lines Plan)	40
3.5 Rencana Umum	41
3.5.1 Susunan ABK	43
3.5.2 Pembagian Ruang Utama	43
3.5.3 Perlengkapan Keselamatan	51
3.5.4 Perlengkapan Tambat	53

3.5.5 Perhitungan Berat	.....54
3.5.6 Sistem Kelistrikan	.....63
3.6 Sistem Proteksi dan Perbaikan	.....66
3.7 Estimasi Awal Biaya	.....67
<b>BAB 4 ANALISA KEKUATAN STRUKTUR COTTAGE TERAPUNG</b>	
4.1 Kekuatan Memanjang	.....74
4.1.1 Distribusi Berat	.....74
4.1.2 Gaya Apung	.....76
4.1.3 Gaya Geser dan Momen Tekuk	.....78
4.1.4 Modulus Penampang Bangunan	.....80
4.2 Kekuatan Melintang	.....87
4.2.1 Perhitungan Beban	.....87
4.2.2 Modulus Penampang Melintang	.....89
4.2.3 Distribusi Momen Metode Cross	.....90
4.2.4 Bidang Momen dan Tegangan Struktur	.....95
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan	.....102
5.2 Saran	.....103
DAFTAR PUSTAKA	.....104
LAMPIRAN	.....105

## DAFTAR GAMBAR

halaman

<b>Gambar 1.1</b> Rata-rata kenaikan air laut global .....	01
<b>Gambar 1.2</b> Diagram alir Metedooigi Penelitian .....	05
<b>Gambar 2.1</b> <i>Basic Design Spiral</i> .....	08
<b>Gambar 2.2</b> F yang merupakan titik berat garis air .....	15
<b>Gambar 2.3</b> Kurva dengan tinggi metasentra positif.....	16
<b>Gambar 2.4</b> Kurva dengan tinggi metasentra negatif.....	17
<b>Gambar 2.5</b> Sistem Konstruksi Pada Lambung Silindris.....	19
<b>Gambar 2.6</b> Pelat dan Profil .....	21
<b>Gambar 2.7</b> Beban Statik Pada Kapal .....	23
<b>Gambar 2.8</b> Tegangan geser vertikal dan Longitudinal Bending .....	24
<b>Gambar 2.9</b> Kondisi Gelombang Hogging .....	25
<b>Gambar 2.10</b> Kondisi Gelombang Sagging .....	25
<b>Gambar 2.11</b> Kekuatan Melintang Kapal .....	26
<b>Gambar 3.1</b> Letak Laut Jawa .....	27
<b>Gambar 3.2</b> Kepulauan Seribu .....	29
<b>Gambar 3.3</b> Body Plan Cottage Terapung .....	30
<b>Gambar 3.4</b> Sheer Plan Cottage Terapung .....	31
<b>Gambar 3.5</b> Half Breadth Plan Cottage Terapung .....	31
<b>Gambar 3.6</b> Hydrostatic Curve .....	32
<b>Gambar 3.7</b> Grafik Prohaska .....	34
<b>Gambar 3.8</b> Kurva Stabilitas Statis .....	35
<b>Gambar 3.9</b> Konstruksi Penampang Melintang Lambung Bangunan .....	38
<b>Gambar 3.10</b> Konstruksi Member lambung bangunan .....	39
<b>Gambar 3.11</b> Equal Leg Angle Bar .....	40
<b>Gambar 3.12</b> Cottage terapung dilihat dari	

berbagai sisi	42
<b>Gambar 3.13</b> Denah ruang tidur Crew	44
<b>Gambar 3.14</b> Denah ruang tidur penumpang	
Di lantai 2	45
<b>Gambar 3.15</b> Denah ruang tidur penumpang	
Di lantai 4	45
<b>Gambar 3.16</b> Denah toilet	46
<b>Gambar 3.17</b> Denah ruang konsumsi lt.2	46
<b>Gambar 3.18</b> Tangga	48
<b>Gambar 3.19</b> Ballast tank & Sewage Tank	48
<b>Gambar 3.20</b> FWT & FOT	49
<b>Gambar 3.21</b> Lampu Navigasi Samping	52
<b>Gambar 3.22</b> Caisson	67
<b>Gambar 4.1</b> Kurva distribusi berat Cottage	
Terapung	75
<b>Gambar 4.2</b> Gelombang Hogging yang mengenai	
luas bidang bangunan	77
<b>Gambar 4.3</b> Kurva distribusi berat, gaya apung ,dan	
beban vertikal tiap ordinat	78
<b>Gambar 4.4</b> Kurva gaya geser dan moment	
tiap ordinat	79
<b>Gambar 4.5</b> Modulus Penampang Misdhip Section	85
<b>Gambar 4.6</b> Sketsa pembebanan kekuatan	
melintang bangunan	86
<b>Gambar 4.7</b> Moment Primer Penampang AB	91
<b>Gambar 4.8</b> Moment Primer Penampang GH	92
<b>Gambar 4.8</b> MomentPrimer Penampang BCEG	92

## DAFTAR TABEL

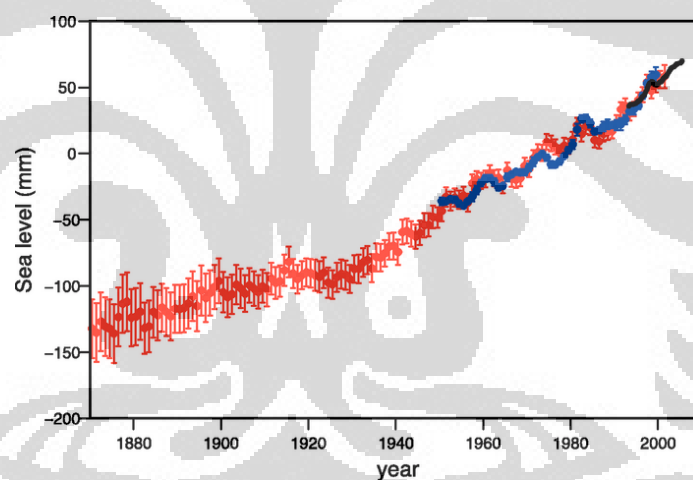
	halaman
<b>Tabel 2.1</b> IMO Reccomendation untuk stabilitas .....	17
<b>Tabel 2.2</b> Sifat mekanis plat baja menurut BKI .....	20
<b>Tabel 3.1</b> Hasil Pembacaan Grafik Prohaska .....	35
<b>Tabel 3.2</b> Perhitungan luas Kurva stabilitas statis .....	35
<b>Tabel 3.3</b> Koreksi stabilitas statis dengan kriteria IMO Reccomendation .....	36
<b>Tabel 3.4</b> Komposisi crew Cottage Terapung .....	43
<b>Tabel 3.5</b> Berat Konstruksi lambung Cottage Terapung .....	54
<b>Tabel 3.6</b> Berat Konstruksi Superstructure Cottage Terapung .....	55
<b>Tabel 3.7</b> Berat Akomodasi tiap lantai .....	56
<b>Tabel 3.8</b> Berat Mati tiap lantai .....	59
<b>Tabel 3.9</b> Kebutuhan Listrik tiap lantai .....	63
<b>Tabel 3.10</b> Rincian Komponen Harga Bangunan .....	68
<b>Tabel 4.1</b> Nilai distribusi berat tiap ordinat .....	75
<b>Tabel 4.2</b> Koordiat gelombang tiap interval x .....	76
<b>Tabel 4.3</b> Nilai gaya apung tiap Ordinat .....	77
<b>Tabel 4.4</b> Nilai gaya geser dan moment tiap Ordinat.....	79
<b>Tabel 4.5</b> Karakteristik dan Inersia profil startboard .....	81
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan Momen Titik Simpul .....	94

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Salah satu akibat pemanasan global yang terjadi di Bumi yaitu makin tingginya permukaan air laut yang menyebabkan makin mundurnya garis pantai dan berakibat pada berkurangnya luas daratan. Kenaikan permukaan air laut ini telah terjadi sejak pertengahan abad ke-19 sejalan dengan makin meningkatnya aktifitas manusia dan industri dunia. Selama abad ke-20, permukaan laut naik sekitar 15-20 sentimeter (sekitar 1,5-2,0 mm / tahun), dengan tingkat di akhir abad ini lebih besar dari awal abad <sup>[1]</sup>. Kenaikan air laut yang terus menerus dimasa mendatang akan mengganggu kehidupan manusia yang berpusat di daerah pesisir dan daratan.



*Gambar 1.1 Rata-rata tahunan kenaikan air laut global. Kurva merah menunjukkan bidang permukaan laut yang direkonstruksi sejak 1870 (updated from Church and White, 2006); kurva biru menunjukkan pengukuran pasut pantai sejak 1950 (from Holgate dan Woodworth, 2004) dan kurva hitam didasarkan pada satelit altimetri (Leuliette et al, 2004) dan kurva hitam adalah deviasi dari rata-rata dari kurva merah untuk periode 1993-2001. Error bar menunjukkan interval kepercayaan 90%.*



Pada dasarnya, daratan saat ini memiliki peranan yang lebih besar bagi kehidupan manusia. Saat ini sebagian besar manusia bertempat tinggal dan melakukan aktivitas di daratan. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan luas laut 7.900.000 km<sup>2</sup> atau empat kali dari luas daratannya, dan 60% penduduknya hidup di wilayah pesisir akan sangat terpengaruh oleh kenaikan air laut global tersebut. Dengan berkurangnya luas daratan dan makin tingginya populasi manusia di masa yang akan datang, membuat para ilmuwan mulai memikirkan cara untuk beradaptasi dengan kondisi yang akan datang tersebut. Salah satu cara adaptasi yang dilakukan yaitu mulai merancang berbagai jenis bangunan laut yang berfungsi sebagai tempat tinggal, perkantoran, sekolah, pusat perbelanjaan, ataupun keseluruhannya digabungkan sehingga membentuk suatu konsep kota terapung. Karena permasalahan tersebut, tim penulis memiliki ide untuk membangun hal serupa yang disesuaikan dengan kondisi laut Indonesia dengan desain yang berbeda.

Cottage Terapung merupakan suatu ide rancang bangunan terapung dengan lambung berbentuk silindris yang dicetuskan oleh tim penulis sebagai solusi tempat tinggal manusia di laut Indonesia yang dikarenakan lautan Indonesia yang luas dan juga akibat makin berkurangnya luas daratan di Indonesia yang dipicu oleh kenaikan air laut akibat pemanasan global. Cottage terapung akan dirancang sebagai tempat tinggal di laut Jawa dengan mengedepankan aspek stabilitas, kekuatan, keselamatan, kenyamanan dan kemewahan untuk para penghuninya. Untuk itu sangat penting menerapkan prinsip-prinsip desain bangunan terapung agar aspek-aspek tersebut dapat terpenuhi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari pemaparan latar belakang diatas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu :

1. Bagaimanakah desain Cottage terapung yang sesuai dengan kondisi lingkungan laut.

2. Bagaimanakah kekuatan Cottage terapung terhadap beban-beban yang diterima.

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Pembuatan konsep desain Cottage terapung dengan memperhatikan aspek lingkungan, konstruksi, stabilitas, keselamatan, kenyamanan, hemat energi, kemudahan manufaktur dan perawatan bagi bangunan terapung.
2. Menghitung kekuatan konstruksi konsep desain Cottage terapung dengan metode analitik.

### 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara tim, dan batasan penelitian yang penulis lakukan yaitu pembuatan konsep desain, perancangan konstruksi, dan perhitungan kekuatan Cottage terapung .

### 1.5 Metode Penelitian

1. Tahap Studi Pustaka

Studi Pustaka dilakukan dengan mencari referensi baik dari buku, internet, Jurnal, dan *Rules* mengenai proses perancangan bangunan terapung, konstruksi, kekuatan, metode perhitungan kekuatan memanjang dan melintang, dan lain-lain.

2. Tahap Pengumpulan Data

Dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan dalam melakukan perancangan bangunan terapung. Seperti data lingkungan laut (kedalaman, arus, pasang surut, kecepatan angin, ketinggian gelombang), data ukuran profile konstruksi yang ada dipasaran, berat baja, berat akomodasi, berat penumpang, berat *ballast*, daya listrik tiap peralatan elektronik, dan lain-lain.

### 3. Tahap Pengolahan Data

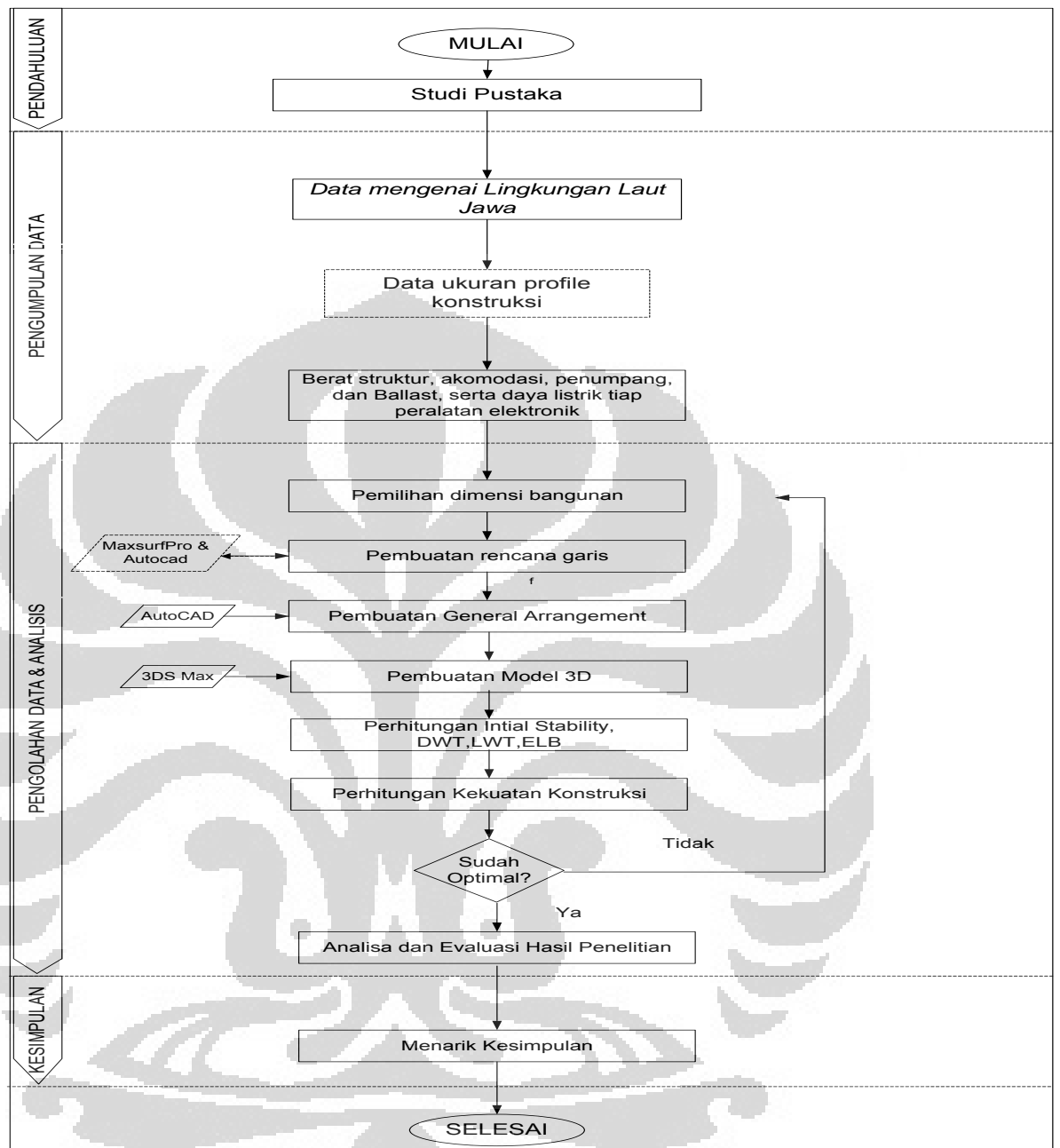
1. Pemilihan Dimensi Cottage terapung
2. Pembuatan rencana garis dengan menggunakan Software MaxsurfPro.
3. Pembuatan *General Arrangement* secara 2 dimensi dengan menggunakan software Autocad.
4. Pembuatan model 3D Cottage Terapung lengkap dengan konstruksinya dengan menggunakan software 3DSMax.
5. Perhitungan Stabilitas awal, DWT, LWT, dan Kebutuhan listrik.
6. Melakukan perhitungan kekuatan konstruksi dengan metode analitik dengan menggunakan rumus-rumus yang ada.

### 4. Tahap Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai konsep desain dan hasil perhitungan kekuatan konstruksi baik dengan metode analitik maupun dengan metode numerik.. Jika hasil yang didapat masih dianggap kurang optimal maka desain akan diulang sampai hasil yang didapat memuaskan.

### 5. Tahap Penarikan Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan dapat diketahui konsep desain yang baik. Seperti dimensi Cottage terapung yang terbaik dilihat dari aspek kebutuhan, kekuatan, dan stabilitas. Selain itu diketahui pula ukuran profile dari *primary* dan *secondary* struktur yang mampu menopang beban Cottage terapung .



**Gambar 1.2** Diagram Alir Metodologi Penelitian “Cottage Terapung ”

## 1.6 Sistematika Penulisan

### BAB I PENDAHULUAN

Di Bab ini latar belakang mengenai latar belakang penulisan dijelaskan beserta tujuan dari penulisan, dan batasan masalah yang akan dibahas. Selain itu metode penelitian dan sistematika penulisan dijabarkan agar dapat diketahui proses yang dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka yang digunakan sebagai referensi untuk melakukan penelitian.

### BAB III KONSEP DESAIN COTTAGE TERAPUNG

Bab ini berisi tentang proses pembuatan desain Cottage terapung dilengkapi dengan analisis pemilihan desain.

### BAB IV ANALISA KEKUATAN STRUKTUR COTTAGE TERAPUNG

Bab ini berisi tentang penjelasan ukuran profile, dan jarak untuk setiap anggota konstruksi dilengkapi dengan perhitungan kekuatan dengan metode analitik.

### BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang isinya merupakan jawaban dari tujuan penelitian. Selain itu terdapat juga saran kedepannya untuk penelitian ini.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

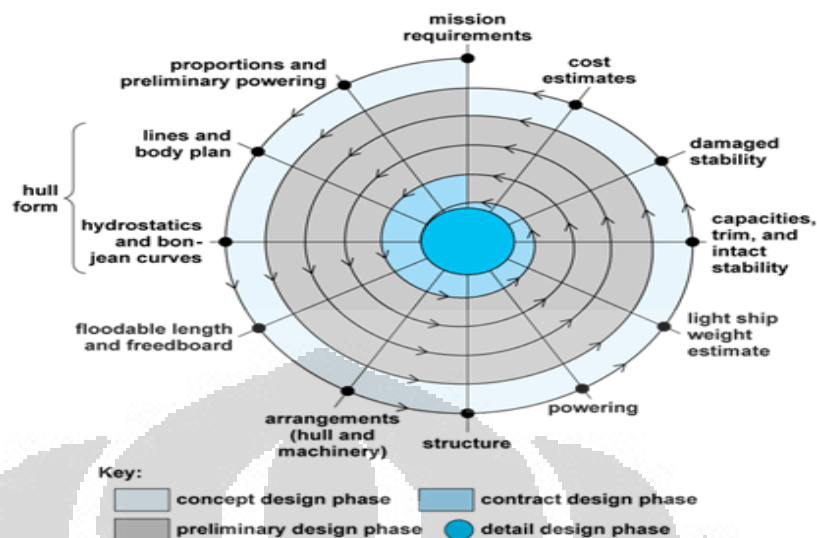
#### **2.1 Umum**

Cottage terapung dapat diklasifikasikan menjadi kapal berdasarkan UU RI No.17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, Pasal 1 angka 36 yang menyebutkan Kapal adalah Kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Dalam proses perancangan Cottage terapung diperlukan metode yang cocok untuk memandu perancang merancang Cottage terapung tahap demi tahap. Untuk mencapai desain yang optimum banyak faktor yang harus diperhatikan seperti pengaruh lingkungan Cottage terapung, pemilihan dan metode racangan struktur, evaluasi dan pemilihan material, detail rancangan struktur, termasuk spesifikasi dari prosedur pabrikan, spesifikasi pemeriksaan dan persyaratan pemeliharaan, serta fungsi struktur dan persyaratan keselamatan dengan pertimbangan ekonomis.

#### **2.2 Metode Desain Spiral**

Desain merupakan kata yang diambil dari bahasa Inggris yang berarti rencana. Desain adalah kegiatan kreatif yang membawa pembaharuan (Reswick,1965). Dalam mendesain suatu bangunan kapal terdapat banyak metodologi yang dapat digunakan. Salah satu metodologi yang biasa digunakan yaitu metodologi desain spiral. Metodologi desain spiral adalah metodologi untuk mengembangkan desain kapal. Karena Kapal adalah sistem yang sangat kompleks dengan banyak variabel perhitungan yang memiliki ketergantungan tinggi satu sama lainnya, sehingga tidak mungkin melakukan perhitungan secara bersamaan.



**Gambar 0.1** Basic Design Spiral, showing the iterative ship design process.

### 2.1.1 Siklus Desain Spiral

Desain spiral menggambarkan suatu proses iteratif untuk menciptakan desain yang efisien, setiap iterasi berturut-turut disebut sebagai spiral. Setiap fase atau siklus dianggap sebagai tanda kenaikan level desain. Siklus-siklus desain tersebut secara bertahap dapat dijelaskan menjadi

#### 1. *Owner Requirements*

Tahap ini merupakan tahap penentuan keinginan dari pemesan/pemilik kapal. Setiap desain kapal harus memenuhi dari sebuah tujuan/maksud dari calon pemilik kapal (*Shipowner's Requirements*).

#### 2. *Concept Design*

Setelah mengetahui keinginan dari calon pemilik kapal, tahap selanjutnya yaitu menentukan konsep desain. Konsep desain kapal adalah tugas untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi seperangkat kendala. Proses desain konseptual mencakup beberapa desain tahapan, yaitu identifikasi kebutuhan, persyaratan definisi, desain kriteria seleksi, dan kerangka pembangunan solusi. Dari desain konsep, satu atau dua akan diterima untuk evaluasi lanjutan dan akan berfungsi sebagai parameter dasar dari proyek desain.

#### 3. *Preliminary Design*

Konsep yang dipilih dari konsep desain dimasukkan melalui analisis yang lebih ketat. Bentrokan di semua komponen akan diidentifikasi dalam siklus ini. Kapasitas yang bekerja keluar, dan parameter utama yang memiliki nilai ditentukan (panjang, luas, dll). Selama Preliminary design, perancangan kapal dikembangkan untuk mendapatkan tingkatan tertentu untuk menjamin secara teknis bahwa semua persyaratan perancangan kapal dapat terpenuhi. Sistem shafting, scantlings struktural umum (lihat bagian midship), rencana awal garis, *General Arrangement*, penanganan kapal kargo khusus, penyimpanan, dan sistem kerja dek akan dikonsept.

#### 4. *Contract Design*

Pada tahap ini, semua komponen utama telah difiksasi, garis lambung diselesaikan, dan pada tahap ini cocok sebagai tahap tender ke galangan. Tujuan dari contract design stage adalah untuk mengembangkan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal. Dalam detailnya contract guidance drawing dibuat untuk menggambarkan secara tepat perancangan yang diinginkan. *Contract design* biasanya menghasilkan satu set spesifikasi dan gambar, serta daftar peralatan permesinan. komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi:

- Arrangement drawing
- Structural drawing
- Structural details
- Propulsian arrangement
- Machinery selection
- Propeller selection
- Generator selection
- Electrical selection

#### 5. *Detailed Design*

Tahap desain detail adalah tahap akhir pembangunan. Selama fase ini, gambar perakitan dibuat dan desain rinci mengarah ke gambar produksi akhir yang akan digunakan untuk membangun fisik kapal. Dalam stage ini gambar



kerja dan kebutuhan data lainnya untuk membuat kapal dikembangkan. Seperti *Piping diagrams design, Fire and Safety plans for Class and Administration, Preparation of docking and painting plans*, dll.

### 2.3 Lingkungan Laut Cottage Terapung

Lingkungan laut menjadi salah satu aspek penting untuk dapat mendesain Cottage terapung. Efektifitas pengoperasian suatu sistem terapung di laut, baik kapal ataupun bangunan terapung lainnya dipengaruhi oleh kelayak lautan (*seaworthiness*) dan karakteristik respon sistem terapung terhadap kondisi lingkungan laut. *Seaworthiness* dapat dikatakan sebagai istilah untuk menunjukkan kemampuan sistem untuk tetap bertahan dengan selamat dari bahaya di laut. Kedua kriteria tersebut dapat dipenuhi dengan memenuhi kualitas kerja sistem yang banyak dipengaruhi oleh beban lingkungan laut.

Pengumpulan dan pemilihan kriteria lingkungan untuk desain struktur lepas pantai adalah tanggung jawab pemilik. Model statistik sangat penting agar cukup menggambarkan kondisi lingkungan. Semua fenomena lingkungan yang penting harus dipertimbangkan, seperti angin, gelombang, arus, dan pasang surut. Secara umum, kondisi lingkungan perlu dipertimbangkan dalam desain (API RP 2T, 1997). Oleh karena itu diperlukan data-data mengenai daerah laut yang akan menjadi tempat berdirinya Cottage terapung, agar desain menjadi tepat. Data-data tersebut mencakup kondisi laut di masa lalu, saat ini, dan perkiraan trend di masa depan.

Gelombang laut, angin, arus, gempa bumi akan menjadi beban bagi struktur dari bangunan terapung. Dengan kondisi pembebanan yang sangat ekstrem dari gelombang air laut, bangunan-bangunan didaerah pantai dan lepas pantai diharuskan mempunyai ketahanan struktural dan stabilitas yang baik.

### 2.4 Ukuran Utama, Rencana Garis, Dan Rencana Umum

Ukuran utama, rencana garis, dan rencana umum bangunan terapung bergantung pada bentuk lambungnya. Lambung tunggal Cottage terapung akan berbentuk silindris. Penampang lambung yang bundar memungkinkan struktur

memiliki tahanan hidrodinamis yang sama untuk segala arah pada saat terkena gelombang.

#### 2.4.1 Ukuran Utama

Ukuran utama lambung Cottage terapung yang berbentuk silindris akan memiliki dimensi utama yang terdiri dari:

1. Panjang (L) dan Lebar (B)

Panjang Cottage terapung terbagi menjadi LOA (*length of all*), LPP (*length perpendicular*), dan LWL (*length of waterline*). Karena bentuk lambung yang silindris dari dasar hingga bagian akhir, maka LOA, LPP, LWL, dan Lebar Cottage terapung akan bernilai sama dengan diameter silindris.

2. Tinggi Geladak(H) dan Sarat (T)

Tinggi geladak adalah jarak tegak dari garis dasar sampai garis geladak yang terendah, umumnya diukur di tengah-tengah panjang kapal. Sedangkan Sarat Cottage terapung adalah jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat.

#### 2.4.2 Koefisien Bentuk

Sama halnya dengan kapal, koefisien bentuk bangunan terapung merupakan suatu besaran yang merupakan fungsi dari dimensi utama. Koefisien-koefisien yang diperoleh akan digunakan dalam perhitungan rancangan Cottage terapung. Jenis koefisien pada Cottage terapung adalah sebagai berikut:

1. Koefisien garis air ( $C_{wl}$ )

$C_{wl}$  adalah perbandingan antara luas bidang garis air muat ( $A_{wl}$ ) dengan luas sebuah empat persegi panjang dengan lebar B.

$$C_{wl} = \frac{A_{wl}}{Lwl}$$

2. Koefisien Gading besar ( $C_m$ )

$C_m$  adalah perbandingan antara luas penampang gading besar ( $A_m$ ) yang terendam air dengan luas suatu penampang yang lebarnya (B) dan tingginya (T).

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

### 3. Koefisien Blok ( $C_b$ )

Koefisien blok adalah merupakan perbandingan antara isi karene=V dengan isi suatu balok dengan panjang ( $L_{wl}$ ), lebar (B) dan tinggi (T).

$$C_b = \frac{V}{LWL.B.T}$$

### 4. Koefisien Prismatic ( $C_p$ )

Koefisien prismatic memanjang dengan notasi  $C_p$  adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air ( Isi Karene ) dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang midship (  $A_m$  ) dan panjang  $L_{wl}$ .

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

Koefisien Prismatic tegak dengan notasi  $C_p'$  adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada dibawah permukaan air ( Isi Karene ) dengan volume sebuah prisma yang berpenampang  $A_{wl}$  dengan tinggi = T.

$$C_p' = \frac{C_b}{C_w}$$

#### 2.4.3 Rencana Garis (*Lines Plan*)

Rencana garis bangunan terapung adalah untuk melihat dan mengukur Cottage terapung dalam 3 dimensi dengan cara membuat potongan Cottage terapung dengan 3 macam bidang, yaitu : bidang datar horizontal, bidang datar vertikal melintang, dan bidang datar vertikal memanjang kapal. Selanjutnya potongan yang berupa garis tersebut diproyeksikan pada masing-masing bidang :

1. Proyeksi potongan dengan bidang-bidang horizontal disebut Half Breadth Plan (water lines).
2. Proyeksi potongan dengan bidang-bidang vertikal melintang disebut Body Plan.

3. Proyeksi potongan dengan bidang-bidang vertikal memanjang disebut Sheer Plan (bow-buttock lines).

#### **2.4.4 Rencana Umum (*General Arrangement*)**

Rencana umum dari sebuah kapal dapat didefinisikan sebagai perancangan di dalam penentuan atau penandaan dari semua ruangan yang dibutuhkan, ruangan yang dimaksud seperti ruang muat dan ruang kamar mesin dan akomodasi, dalam hal ini disebut superstructure (bangunan atas). Disamping itu juga direncanakan penempatan peralatan-peralatan dan letak jalan-jalan dan beberapa sistem dan perlengkapan lainnya. Rencana umum dimaksudkan untuk memberi gambaran secara umum mengenai bentuk, tipe, serta letak komponen-komponen kapal yang dirancang dan pembagian ruangnya.

Desain General Arrangement harus mempertimbangkan kesesuaian dengan rencana garis yang telah dikembangkan, kesesuaian terhadap DWT, kapasitas dan kecepatan yang dibutuhkan. Adapun hal-hal yang direncanakan dalam tugas ini adalah :

1. Perkiraan Jumlah Dan Susunan ABK
2. Perencanaan Sekat Kedap Air
3. Pembagian Ruang Akomodasi
4. Penentuan Volume Tangki ballast
5. Penentuan Volume Ruang Muat
6. Perencanaan Life Boat
7. Penentuan Tangki Bahan Bakar
8. Lubricating Oil Storage Tank
9. Tangki Air Tawar, dll.

#### **2.5 Stabilitas Awal**

Stabilitas suatu kapal adalah kemampuan kapal tersebut untuk kembali ke keadaan semula, setelah mengalami oleng akibat pengaruh gaya dari dalam dan luar kapal. Dalam pembuatan konsep desain perhitungan stabilitas awal kapal sangat dibutuhkan. Stabilitas awal kapal yaitu kemampuan kapal tersebut kembali ke keadaan semula ketika terjadi gangguan pada sudut-sudut kecil. Didalam

stabilitas terdapat titik-titik penting yang sangat berpengaruh, titik-titik tersebut yaitu:

1. Titik Berat (*Center of Gravity*)

Setiap benda mempunyai titik berat. Titik berat ini adalah titik tangkap dari sebuah gaya berat. Kapal juga mempunyai titik berat yaitu titik tangkap gaya berat dari kapal. Titik berat kapal biasanya ditulis dengan huruf G dan titik G ini merupakan gaya berat kapal W bekerja vertikal kebawah. Jarak Vertikal titik berat G terhadap keel (Lunas) ditulis dengan KG. Kedudukan memanjang dari titik berat G terhadap penampang tengah kapal (Midship) ditulis G. Jika terdapat pergeseran bobot maka titik berat kapal akan berpindah sejajar dengan pergeseran tersebut. Sedangkan jika terdapat penambahan bobot maka titik berat kapal akan berpindah kearah titik berat bobot yang dimuat.

$$KG = \frac{\sum \text{momen dari tiap-tiap komponen berat terhadap keel}}{\sum \text{berat tiap-tiap komponen}}$$

2. Titik Tekan (*Center of Bouyancy*)

Pada sebuah benda yang terapung di air, maka benda tersebut akan mengalami gaya tekan keatas. Demikian pada sebuah kapal yang terapung akan mengalami gaya tekan keatas. Resultan gaya tekan keatas oleh air ke badan kapal pada bagian yang terendam air akan melalui titik berat dari bagian kapal yang masuk kedalam air. Titik berat dari bagian kapal yang berada dibawah permukaan air disebut Titik tekan (Centre of Buoyancy).

Titik tekan ditulis dengan huruf B, titik tekan pada kedudukan vertical ditulis dengan KB dan pada kedudukan memanjang terhadap midship ditulis dengan  $\Phi B$  atau LCB. Pada sebuah kapal yang terapung, titik tekan terletak pada satu vertical dengan titik berat kapal dan besar gaya berat kapal sama dengan gaya tekan .

Karena letak titik tekan tergantung dari bentuk bagian kapal yang masuk kedalam air, maka titik tekan kapal akan berubah letaknya kalau kapal

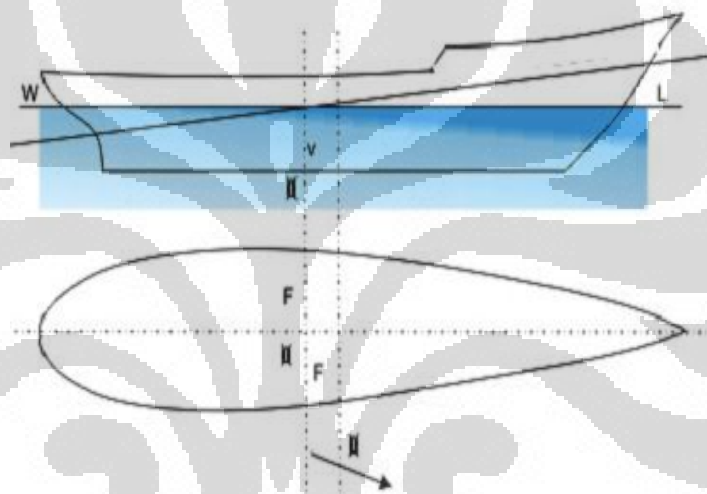
oleh gaya luar mengalami oleng atau trim. Maka besarnya nilai KB dan LCB kapal dapat ditentukan dengan:

$$KB = T \left( \frac{5}{6} - \frac{Cb}{3xCwp} \right) \text{ (Normand)}$$

$$LCB(\% Lpp) = (-43.5 \times Fn) + 9.2 \rightarrow \text{(Guldhammer / Harvald)}$$

### 3. Titik Berat Garis Air (*Center of Floatation*)

Titik berat garis air adalah titik berat dari bidang garis air pada sarat kapal dimana kapal sedang terapung. Kapal mengalami trim dimana sumbunya melalui titik berat garis air.



**Gambar 2.2** F yang merupakan titik berat garis air

Dari gambar diatas momen inersia melintang adalah momen inersia terhadap sumbu x. Harga I dalam  $m^4$  sedang V dalam  $m^3$  jadi satuan untuk BM adalah meter. Karena I dan V selalu positif, maka harga BM juga selalu positif, atau dengan perkataan lain letak titik M selalu diatas titik tekan B. Perhitungan momen inersia (BM) untung kapal rancangan yaitu :

$$BM = \frac{(((0.72xCwp) + 0.292)xB^2)}{12xTxCb} \text{ (Normand)}$$

Dengan demikian tinggi metasentra melintang terhadap lunas kapal (keel) dapat dihitung yaitu :

$$KM = KB + BM$$

Dengan KB yaitu tinggi titik tekan terhadap lunas. Dengan mengetahui tinggi KM, apabila harga KG atau tinggi titik berat kapal dari lunas (keel)

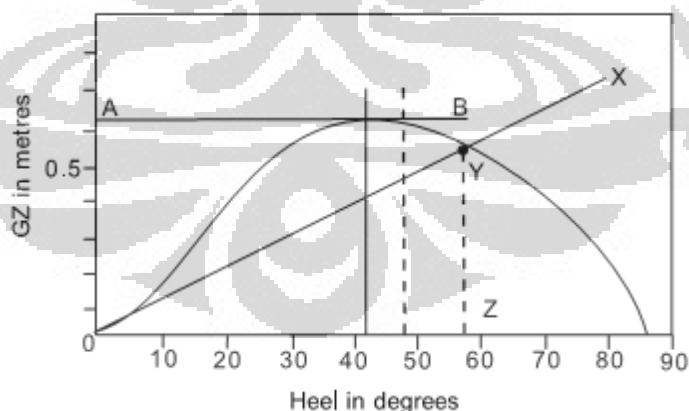
diketahui, maka kita dapat menghitung harga atau tinggi metasentra melintang yaitu :

$$\overline{GM} = KM - KG$$

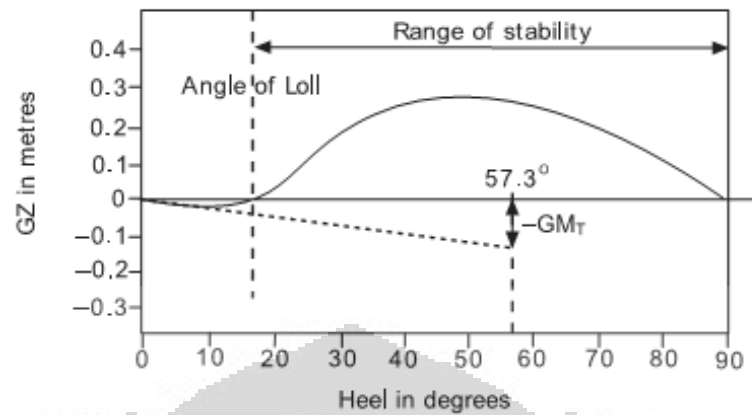
Di dunia perkapalan yang perlu mendapat perhatian adalah harga MG yaitu harga MG harus positif, dimana M harus terletak di atas G atau KM harus lebih besar dari KG.

Stabilitas kapal umumnya menyangkut stabilitas statis dan stabilitas dinamis yang masing-masing sangat dipengaruhi oleh titik tekan F dan titik berat G dan pengaruh dari luar maupun dari dalam lainnya seperti pengaruh angin, arus, cakar, pergeseran muatan, dan sebagainya. Stabilitas statis yaitu ditunjukkan oleh besarnya *Righting Moment* yang digunakan untuk mengembalikan kapal setelah terjadi kemiringan pada sudut tertentu. Sedangkan stabilitas dinamis yaitu ditunjukkan oleh besarnya kerja/penambahan inersia potensial yang ditimbulkan akibat gerakan kapal turun naik pada righting moment selama proses/terjadi kemiringan pada sudut tertentu, sehingga *dynamical Stability* adalah hasil integral dari kurva stabilitas statis.

Setelah mengetahui nilai titik-titik penting pada stabilitas, pengecekan stabilitas statis awal bisa menggunakan metode prohaska untuk dapat mengetahui lengan penegak (GZ) pada tiap derajat kemiringan. Kemudian proyeksi nilai GZ dan sudut kemiringan dibuat menjadi kurva stabilitas statis.



**Gambar 2.3** Kurva untuk Kapal dengan tinggi metasentra positif



**Gambar 2.4** Kurva untuk Kapal dengan tinggi metasentra negatif

Pada perhitungan stabilitas statis ini terdapat peraturan IMO *Reccomendation* yang harus dipenuhi. Item-item peraturan IMO yang harus dipatuhi yaitu

**Tabel 2.1** IMO *Reccomendation* untuk Stabilitas

Criteria IMO		
<b>GM(m)</b>	$\geq$	0,15
<b>h 30° (m)</b>	$\geq$	0,2
<b>Ø h max (°)</b>	$\geq$	25
<b>Ø range (°)</b>	$\geq$	60
<b>Ah 30° (m.rad)</b>	$\geq$	0,055
<b>Ah 40° (m.rad)</b>	$\geq$	0,09
<b>Ah 30°- 40° (m.rad)</b>	$\geq$	0,03

Selain kurva stabilitas, hal lain yang penting untuk diketahui yaitu *rolling periode* dari kapal. Periode rolling merupakan waktu yang digunakan untuk mengembalikan kapal dari satu rolling ke salah satu sisi kapal lainnya. Untuk kapal penumpang normalnya nilai *rolling periode* 8-14 detik.



$$R = T_R = \frac{2\pi \cdot i}{\sqrt{g \cdot MG}}$$

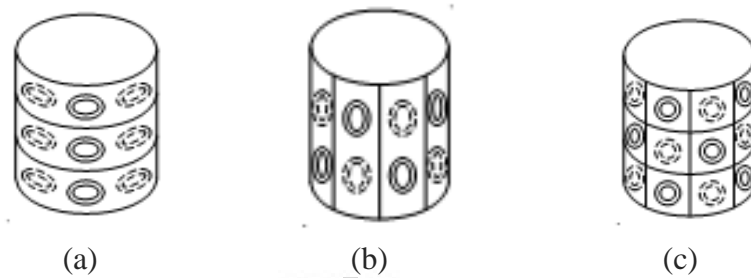
$$i = (0.35 - 0.40)B$$

## 2.6 Konstruksi Kapal

Konstruksi kapal secara umum berarti komponen-komponen suatu Cottage yang mendukung suatu Cottage yang mendukung suatu desain. Dalam bidang perkapalan, konstruksi kapal merupakan susunan komponen-komponen pada Cottage kapal yang mana terdiri dari badan kapal beserta Cottage atas (super structure). Secara keseluruhan konstruksi dasar akan mampu menunjang kekuatan memanjang dan melintang kapal.

Sistem kerangka/konstruksi kapal (framing system) dibedakan dalam dua jenis utama; yaitu sistem kerangka melintang (transverse framing system) dan sistem membujur atau memanjang (longitudinal framing system). Dari kedua sistem utama ini maka dikenal pula sistem kombinasi (combination/mixed framing system). Suatu kapal dapat seluruhnya dibuat dengan sistem melintang, atau hanya bagian-bagian tertentu saja (misalnya kamar mesin dan/atau ceruk-ceruk) yang dibuat dengan sistem melintang sedangkan bagian utamanya dengan sistem membujur atau kombinasi; atau seluruhnya dibuat dengan sistem membujur.

Pemilihan jenis sistem untuk suatu kapal sangat ditentukan oleh ukuran kapal (dalam hal ini panjangnya sehubungan dengan kebutuhan akan kekuatan memanjang), jenis/fungsi kapal menjadikan dasar pertimbangan-pertimbangan lainnya. Pada lambung yang berbentuk silindris yang biasanya digunakan untuk banungan terapung, konstruksi melintang dapat dilihat jika bangunan hanya menggunakan penguat yang melingkar secara melintang, sedangkan konstruksi membujur jika penguat yang digunakan yang melingkari secara membujur, dan konstruksi kombinasi jika menggunakan penguat membujur dan melintang.



**Gambar 2.5** Sistem Konstruksi pada lambung silinder (a) *Ring Stiffened* (Konstruksi Melintang) (b) *Longitudinal Stiffened* (Konstruksi Membujur) (c) *Orthogonally Stiffened* (Konstruksi Kombinasi)

### 2.6.1 Material Baja

Berbagai jenis material digunakan untuk membangun konstruksi kapal. Material yang digunakan seperti baja, alumunium, tembaga, *fiberglass*, kayu, dll. Dari beberapa material tersebut yang paling sering digunakan yaitu Baja. Penggunaan baja dapat menyeluruh ataupun pada bagian-bagian tertentu saja. Sebutan Baja pada dasarnya ialah besi (Fe) dengan tambahan unsur Karbon ( C ) sampai dengan 1.67% (maksimal). Bila kadar unsur karbon ( C ) lebih dari 1.67%, maka material tersebut biasanya disebut sebagai besi cor (Cast Iron). Makin tinggi kadar karbon dalam baja, maka akan mengakibatkan hal- hal sbb:

- Kuat leleh dan kuat tarik baja akan naik.
- Keliatan / elongasi baja berkurang.
- Semakin sukar dilas.

Oleh karena itu adalah penting agar dapat menekan kandungan karbon pada kadar serendah mungkin untuk dapat mengantisipasi berkurangnya keliatan dan sifat sulit dilas diatas, tetapi sifat kuat leleh dan kuat tariknya tetap tinggi. Penambahan unsur – unsur ini dikombinasikan dengan proses heat treatment akan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi, tetapi keuletan dan keliatan, dan kemampuan khusus lainnya tetap baik. Unsur – unsur tersebut antara lain: Mangan (Mn), Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Nikel (Ni) dan tembaga (Cu). Tetapi proporsional pertambahan kekuatannya tidak sebesar karbon.

Pertambahan kekuatannya semata –mata karena unsur tersebut memperbaiki struktur mikro baja.

Baja untuk konstruksi kapal pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian, yaitu baja konstruksi kapal biasa, baja konstruksi kapal dengan tegangan tinggi, dan baja tempa. Baja untuk konstruksi kapal mempunyai sifat mekanis yang sudah mendapat persetujuan dari class.

**Tabel 2.2 sifat mekanis plat baja kapal menurut BKI tahun 2006**

No.	Jenis Baja	Kekuatan Tarik (Kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Luluh (Kg/mm <sup>2</sup> )	Regangan Patah (%)	Keterangan
1	Baja Kapal biasa	41 ~ 50	≥ 24	≥ 22	Bagian kapal yang mendapat tekanan kecil
2	Baja Tegangan Tinggi	1. 48 ~ 60 2. 50 ~ 63	≥ 32 Min. ≥ 36	≥ 22	Bagian kapal yang mendapat tekanan tinggi
3	Baja Tempa	Min. 41	-	-	Poros, kopling engkol, linggi

Pemakaian pelat baja untuk bangunan kapal memiliki resiko kerusakan yang tinggi, terutama terjadinya korosi pada pelat baja yang merupakan proses elektrokimia, akibat lingkungan air laut yang memiliki resistivitas sangat rendah + 25 Ohm-cm, jika dibandingkan dengan air tawar + 4.000 Ohm-cm, (Caridis, 1995).

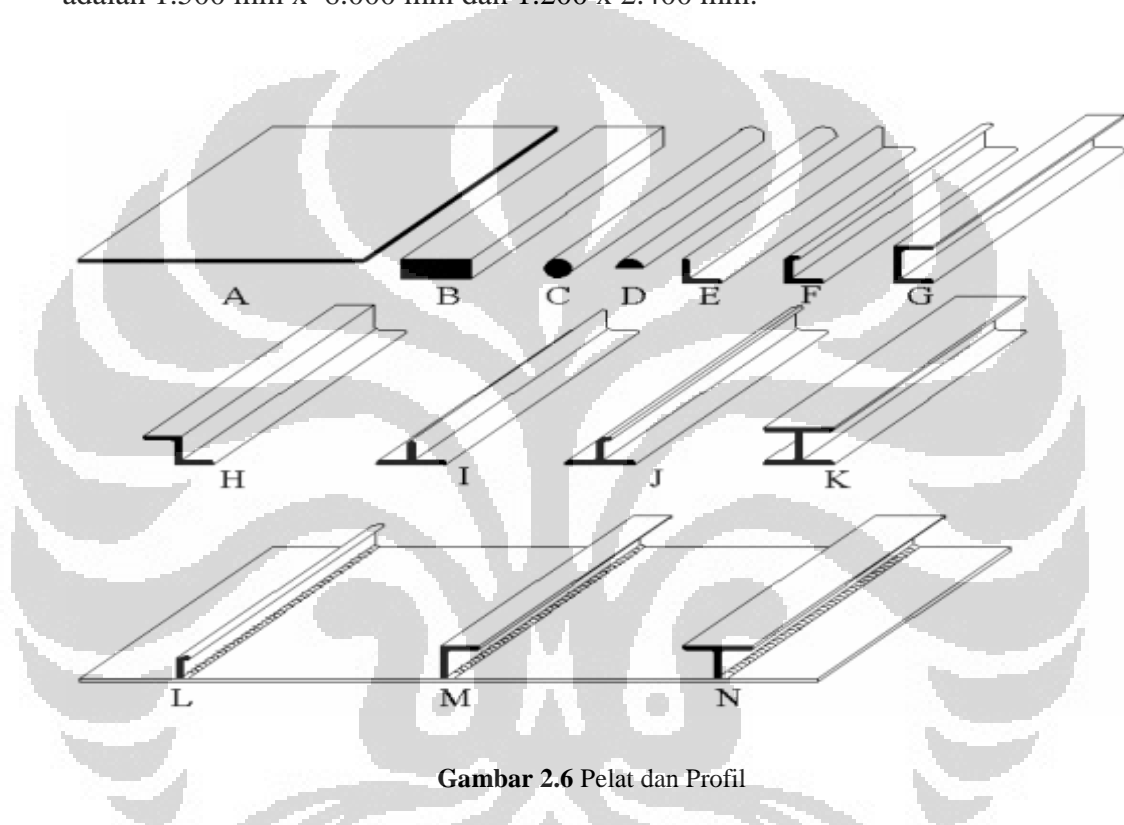
### 2.6.2 Profil

Secara umum struktur dari lambung kapal terdiri dari 3 jenis yaitu:

1. *Plating*, stuktur yang membuat kapal mengambang dan melindungi struktur dari dalam (kargo) dan dari elemen luar (*water-tightness* dan *weather-tightness*) . Contohnya yaitu *bottom shell, side shell, decks*.
2. *Primary Structure*, mendukung pelat penguat dan menjaga kekakuan global lambung sebagai saatu unit. Contohnya *Bulkheads, girders, web frames, cantilever beams, stringer*, dll.

3. *Secondary Structure* , penegang pelat untuk menahan teknan lateral.  
Contohnya *Ordinary stiffeners, longitudinal, deck beams*, dll

Berdasarkan ketebalan, pelat dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu Pelat tipis dengan ketebalan 3 mm sampai 5 mm sampai 25 mm, Pelat tebal dengan ketebalan 25 mm sampai 60 mm, dan ukuran luas pelat yang paling banyak dijual adalah 1.500 mm x 6.000 mm dan 1.200 x 2.400 mm.



**Gambar 2.6** Pelat dan Profil

Profil pada konstruksi kapal mempunyai bermacam-maca ukuran dan bentuk. Penggunaan pelat dan profil-profil tersebut adalah sebagai berikut.

1. Pelat, sebagai bahan utama untuk membangun kapal dapat dilihat pada gambar 2.6.a.
2. Balok berpenampang bujur sangkar biasanya digunakan untuk balok-balok tinggi, lunas, dan lain-lain. Diperlihatkan pada gambar 2.6.b.
3. Profil penampang bulat pada umumnya digunakan untuk topang-topang yang kecil, balok untuk pegangan tangan Gambar 2.6.c.

4. Profil setengah bulat pada umumnya dipakai pada tepi-tepi pelat sehingga pelat tersebut tidak tajam ujung tepinya, misalnya, pada tepi ambang palka Gambar 2.6.d.
5. Profil siku sama kaki digunakan penegar pelat atau penguatan-penguatan. Diperlihatkan pada Gambar 2.6.e.
6. Profil siku gembung (bulb) merupakan profil siku yang salah satu sisinya diperkuat dengan pembesaran tepi sampai menggembung Gambar 2.6.f.
7. Profil U adalah profil yang mempunyai kekuatan besar daripada profil siku bulba. Profil ini digunakan untuk kekuatan konstruksi yang lebih besar daripada yang disyaratkan. Diperlihatkan pada Gambar 2.6.g.
8. Profil berbentuk penampang Z sama dengan profil U dalam hal bentuknya, tetapi salah satu sisi dibalik. Diperlihatkan pada Gambar 2.6.h.
9. Profil H dan I adalah profil yang sangat kuat, tetapi tidak digunakan secara umum, profil ini dipasang pada konstruksi yang memerlukan kekuatan khusus. Diperlihatkan pada Gambar 2.6.i.
10. Profil T adalah yang digunakan untuk keperluan khusus. Misalnya, untuk penumpu geladak. Diperlihatkan pada gambar 2.6.j.
11. Profil T gembung adalah profil yang mempunyai kekuatan lebih besar daripada profil T. diperlihatkan pada Gambar. 2.6.k.
12. Contoh pemasangan profil gembung, siku sama kaki, dan T pada pelat ditunjukkan pada Gambar 2.6.l,m,n.

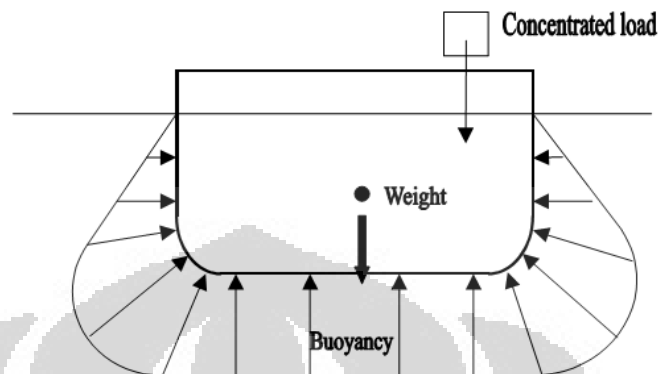
## 2.7 Kekuatan Kapal

Struktur pada kapal diciptakan untuk memberikan kekuatan dan kekakuan untuk melawan beban-beban yang hadir. Beban-beban yang hadir pada kapal dapat dibedakan menjadi :

### 1. Beban Statik

Beban Statis adalah beban yang berubah apabila berat total kapal berubah, sebagai akibat kegiatan bongkar muat, pemakaian bahan bakar atau perubahan pada kapal itu sendiri. Pembebanan statis merupakan jenis pembebanan yang bersifat tetap, dalam hal ini adalah pembebanan kendaraan dengan asumsi besarnya tidak berubah.

Contohnya adalah beban yang diakibatkan oleh *bouyancy*, berat, dan beban lokal.



**Gambar 2.7** Beban Statik pada Kapal

## 2. Beban Dinamis

Beban Dinamis adalah beban yang besarnya berubah terhadap waktu dengan frekuensi tertentu yang menimbulkan respon getaran terhadap struktur kapal. Umumnya beban ini diakibatkan oleh angin, gelombang, dan gerakan dari kapal.

## 3. Beban Thermal

Beban yang diakibatkan akibat perbedaan temperatur, kelembapan, unsur kimia, dll.

## 4. Beban lain

Beban impak yang diakibatkan oleh adanya tubrukan ketika kapal akan docking, berlabuh ataupun ketika memang terjadi kecelakaan yang menyebabkan kapal saling bertubrukan.

Kekuatan kapal yang dimaksudkan adalah kekuatan *scantling* kapal terhadap pengaruh beban-beban baik yang berasal dari luar maupun dari dalam kapal yang dapat diperkirakan melalui pengecekan tegangan yang diizinkan ( $\tau[\frac{kg}{cm^2}] \leq 100[\frac{kg}{cm^2}]$ )

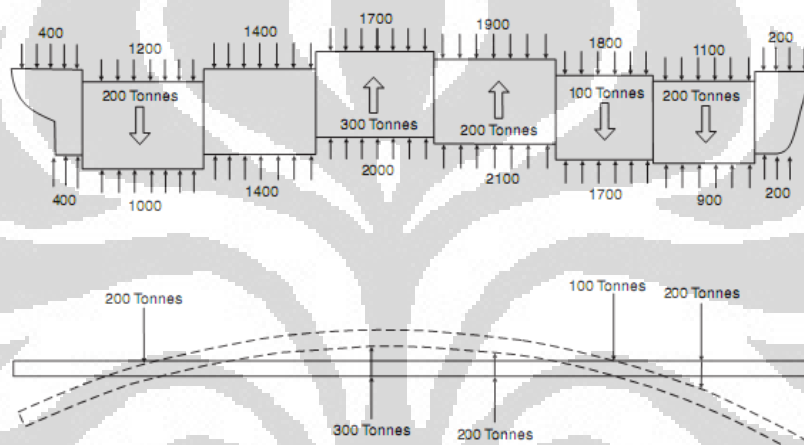
$$\tau = \frac{M_{\max}}{W} \frac{kg}{cm^2}$$

Kekuatan kapal yang harus dihitung antara lain:

1. Kekuatan Memanjang
2. Kekuatan Melintang
3. Kekuatan Cangkang berbentuk silindris

### 2.7.1 Kekuatan Memanjang

Pada kekuatan memanjang dilihat adanya perbedaan distribusi berat bagian-bagian kapal secara memanjang, yang menyebabkan moment lentur (*Bending Moment*). Dapat digambarkan sebagai balok yang tidak homogen dengan kecendrungan saling memisahkan diri antara bagian satu dengan bagian yang lainnya sehingga terjadi tegangan geser (*Sheer Stress*).

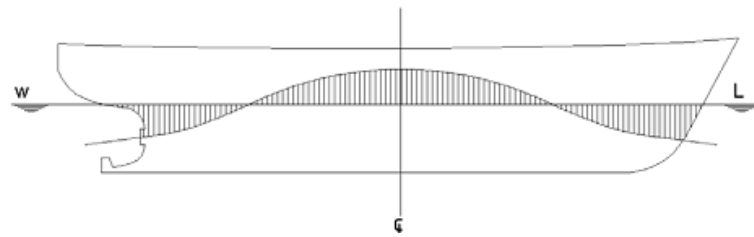


**Gambar 2.8** Tegangan geser vertikal dan Longitudinal bending

Adapun besar kecilnya momen lentur yang terjadi sangat dipengaruhi oleh kondisi ombak yang dialami oleh kapal selama beroperasi dilaut. Para ahli perkapalan sepakat membedakan kondisi kapal dilaut atas dua kondisi, tentu didasari oleh teori gelombang dan pengaruh tekanan gelombang terhadap kapal dan prinsip aksi-reaksi. Kondisi ombak yang dialami kapal antara lain

#### 1. Kondisi Hogging (*Hogging Condition*)

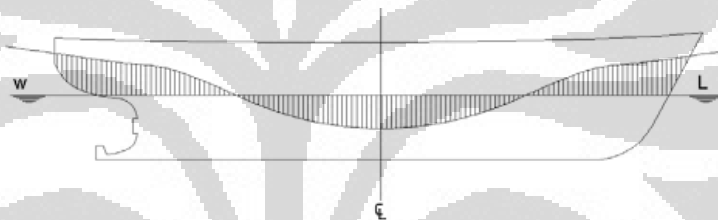
Diperhitungkan dengan menganggap bahwa puncak gelombang berada ditengah kapal sedangkan lembah gelombang berada di buritan dan haluan kapal, dan secara umum dianggap berlaku untuk kapal-kapal yang memiliki ruang mesin di tengah.



**Gambar 2.9** Kondisi Gelombang Hogging

## 2. Kondisi Sagging

Diperhitungkan dengan menganggap bahwa puncak gelombang berada di buritan dan di haluan kapal sedangkan lembah gelombang berada ditengah kapal, dan secara umum dianggap untuk kapal-kapal yang memiliki ruang mesin di belakang.



**Gambar 2.10** Kondisi Gelombang Sagging

Untuk membuat gelombang sesuai kondisinya dipergunakan tabel ordinat gelombang dengan standar tinggi gelombang  $L_{pp}/20$  untuk kondisi Hogging dan  $L_{pp}/25$  untuk kondisi Sagging.

**Tabel 2.3** Ordinat Gelombang

Faktor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Kondisi
F(H)	1	0.98	0.92	0.83	0.72	0.577	0.421	0.266	0.128	0.034	0	Hogging
F(S)	0	0.03	0.12	0.266	0.42	0.577	0.720	0.839	0.927	0.982	1	Sagging

### 2.7.2 Kekuatan Melintang

Analisa kekuatan melintang berorientasi pada distribusi moment terhadap setiap profile atau konstruksi yang melintang. Akibat beban geladak dan tekanan hidrostatis terhadap konstruksi melintang pada kapal. Pada kekuatan melintang ini akan dihubungkan antara besaran yang diperoleh pada kekuatan memanjang dengan kekuatan material yang dipakai. Daerah yang ditinjau adalah daerah

**Universitas Indonesia**

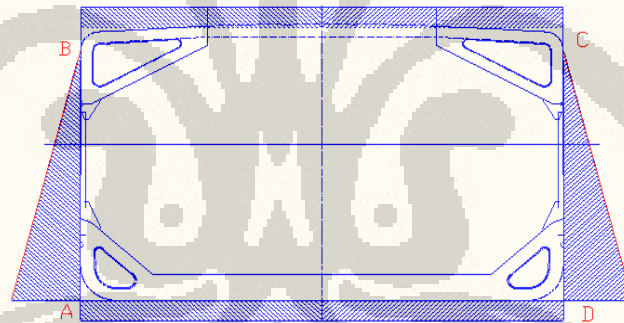


midship kapal termasuk konstruksi penyusunnya seperti bottom, kulit, lambung, dsb. Pada kekuatan melintang dapat ditentukan dimensi dan material yang digunakan.

Penganalisaan kekuatan melintang pada konstruksi kapal digunakan prinsip mekanika teknik biasa antara lain:

1. Metode Clapyron
2. Metode Kani
3. Metode Dalil tiga Moment
4. Metode cross dan MOHR

Untuk menghitung kekuatan kapal, lebih mudah bila digunakan metode cross atau kombinasi dengan metode Clapyron atau dalil tiga momen. Setelah nilai tegangan tiap profil diperoleh selanjutnya adalah membandingkan nilai tegangan dengan batas maksimum tegangan yang diizinkan oleh badan klasifikasi.



**Gambar 2.11** Kekuatan melintang kapal

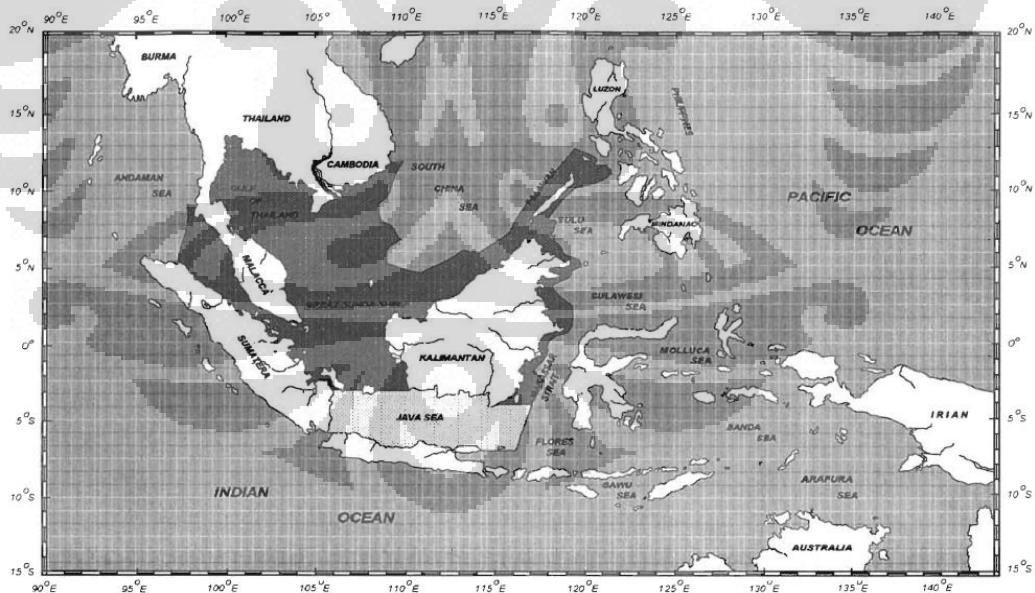
## BAB 3

### KONSEP DESAIN COTTAGE TERAPUNG

#### 3.1 Lingkungan Laut

Cottage Terapung akan dibuat di daerah Kepulauan Seribu yang merupakan bagian dari Laut Jawa. Secara umum keadaan laut Jawa di sekitar Kepulauan Seribu mempunyai kedalaman yang berbeda-beda yaitu berkisar antara 0-40 meter. Hanya ada 2 tempat yang mempunyai kedalaman lebih dari 40 meter, yaitu sekitar pulau payung dan Pulau Tikus/Pulau Pari.

Keadaan angin di Kepulauan Seribu sangat dipengaruhi oleh angin Monsoon yang secara garis besar dapat dibagi menjadi angin musim barat (Desember-Maret) dan angin musim timur (Juni-September). Musim pancaroba terjadi antara bulan April-Mei dan Oktober-November. Kecepatan angin pada berkisar antara 7-20 knot, biasanya terjadi pada bulan Desember-Februari. Pada musim Timur kecepatan angin berkisar antara 7-15 knot yang bertiup dari arah Timur Laut sampai Tenggara.



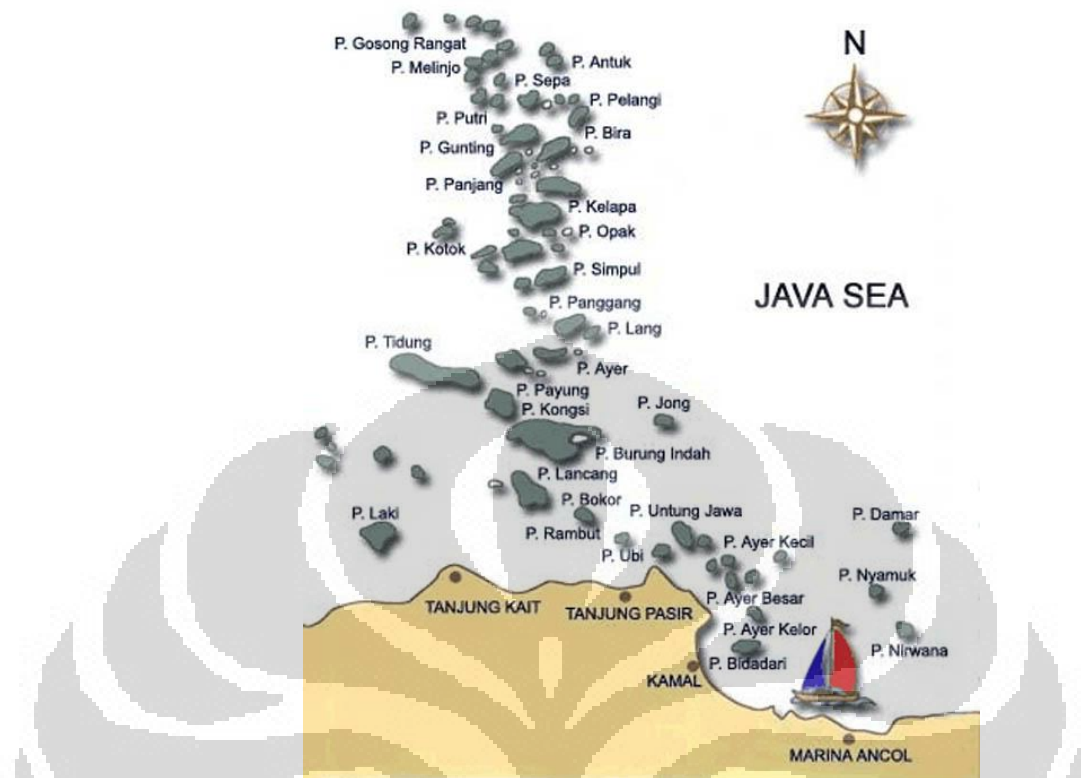
Gambar 3.1 Letak Laut Jawa

Suhu udara rata-rata antara 26.5°C-28.5°C dengan suhu udara maksimum tahunan 29.5°C-32.9°C dan minimum 23.0°C-23.8°C. Kelembaban nisbi rata-rata berkisar antara 75%-99%, tekanan udara rata-rata antara 1009.0-1011.0 mb. Arus

permukaan pada musim barat berkecepatan maksimum 0.5 m/detik dengan arah ke Timur sampai Tenggara. Pada musim timur kecepatan maksimumnya 0.5 m/detik. Gelombang laut yang terdapat pada musim barat mempunyai ketinggian antara 0.5-1.75 meter dan musim timur 0.5-1.0 meter. Topografi Kepulauan Seribu rata-rata landai (0-15% dengan ketinggian 0-2 meter di bawah permukaan laut). Luas daratan masing-masing pulau terpengaruh oleh adanya pasang surut yang mencapai 1-15 meter di atas Pelabuhan Tanjung Priok. Dengan mengetahui kondisi lingkungan laut Cottage terapung selanjutnya dapat dirancang bangunan yang sesuai dengan karakteristik laut kepulauan seribu.

Zona Kawasan kepulauan seribu dibagi menjadi zona inti, zona bahari, dan zona pemanfaatan wisata, dan zona pemukiman. Zona yang akan digunakan dalam yaitu zona pemanfaatan wisata. Zona pemanfaatan wisata meliputi zona perairan laut yang didalamnya dapat dilakukan kegiatan sebagaimana pada zona inti dan zona bahari serta pengembangan wisata bahari dan terletak pada posisi  $5^{\circ}30'00''$ -  $5^{\circ}38'00''$  LS dan  $106^{\circ}25'00''$ -  $106^{\circ}33'00''$  BT-  $106^{\circ}40'00''$  BT. pada zona inti dan zona bahari serta pengembangan wisata bahari.

Zona pemanfaatan wisata meliputi perairan sekitar Pulau Nyamplung, Sebaru Besar, Lipan, Kapas, Sebaru Kecil, Bunder, Karang Baka, Hantu Timur (Pantara), Hantu Barat, Gosong Laga, Yu Barat, Yu Timur, Satu, Kelor Timur, Kelor Barat, Jukung, Semut Kecil, Cina, Semut Besar, Sepa Timur, Sepa Barat, Gosong Sepa, Melinjo, Melintang, Perak, Kayu Angin Melintang, Panjang Bawah, Kayu Angin Putri, Tongkeng, Petondan Timur, Petondan Barat, Putri Kecil, Putri Besar, Putri Gundul, Macan Kecil, Macan Besar (Matahari), Genteng Besar, Genteng Kecil, Bira Besar, Bira Kecil, Kuburan Cina, Bulat, Karang Pilang, Karang Katamba, Gosong Mungu, Kotok Besar dan Kotok Kecil .



Gambar 3.2 Kepulauan Seribu

### 3.2 Ukuran Umum Dan Rencana Garis

Lambung Cottage terapung dipilih silindris, penampang lambung yang bundar memungkinkan struktur memiliki tahanan hidrodinamis yang sama untuk segala arah pada saat terkena gelombang, selain itu bentuk silindris memiliki ketahanan stabilitas yang lebih baik dibanding struktur lainnya.

Lambung cottage terapung memiliki bentuk silindris dengan dimensi utama :

- Diameter : 18 m
- B : 18 m
- H : 7.982 m
- T : 4 m

Dimensi ini dipilih berdasarkan perkiraan kebutuhan ruang, dan kesesuaian dengan kondisi lingkungan. Bentuk lambung yang silinder menyebabkan nilai koefisien bentuk dari cottage terapung yaitu:

- $C_b$  : 0.785
- $C_m$  : 1
- $C_w$  : 0.785
- $C_p$  : 0.785
- $C_p'$  : 1

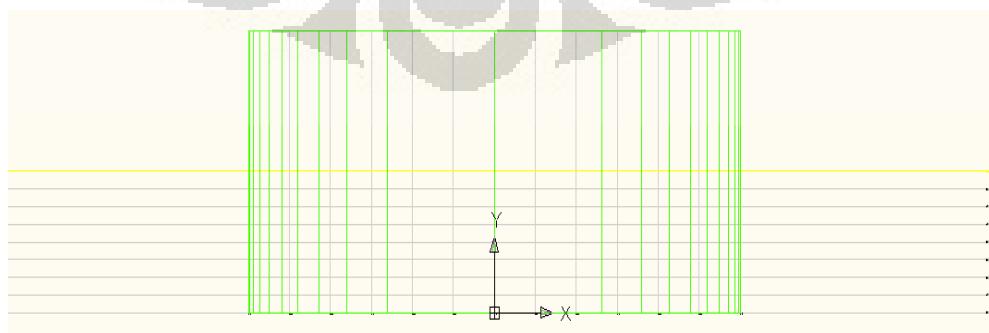
Dari dimensi dan koefisien yang telah didapat selanjutnya didapatkan perhitungan awal *displacement* Cottage terapung.

$$\Delta = \text{Volume} \times \gamma_c \quad (3.2.1)$$

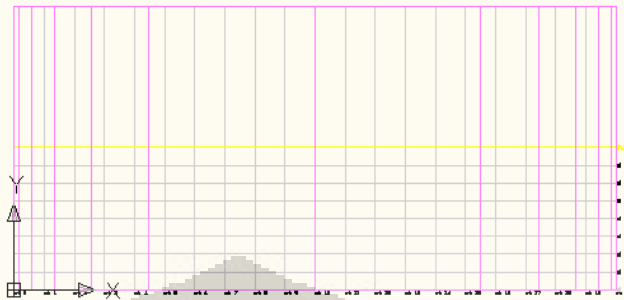
$$\Delta = \pi r^2 t \times \gamma_c$$

$$\Delta = \pi \cdot 9^2 \cdot 4 \times 1.032 = 1049.91552 \text{ ton}$$

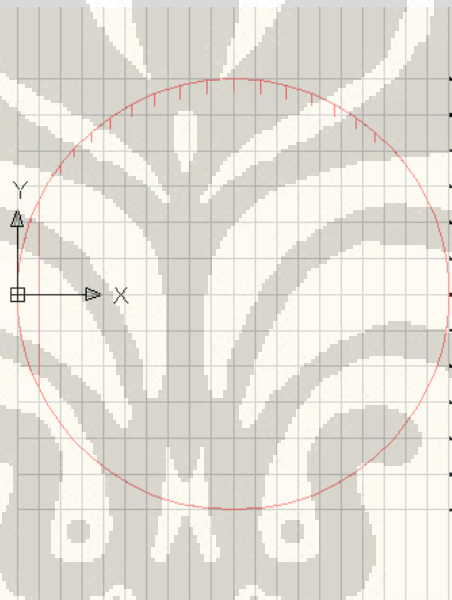
Pembuatan rencana garis dilakukan dengan menggunakan software Maxsurf Pro. Gading Cottage terapung dibuat dari gading 0 hingga gading 20. Dengan jumlah buttock line 0-6 dan garis waterline 0-8. Dari pendefinisian tersebut didapatkan *Body Plan* yang merupakan proyeksi potongan dengan bidang-bidang vertikal melintang (gambar 3.1), *Sheer Plan* yang merupakan proyeksi potongan dengan bidang-bidang vertikal memanjang (gambar 3.2), dan *Half Breadth Plan* yang merupakan proyeksi potongan dengan bidang-bidang horizontal (gambar 3.3).



**Gambar 3.3** *Body Plan* Cottage terapung



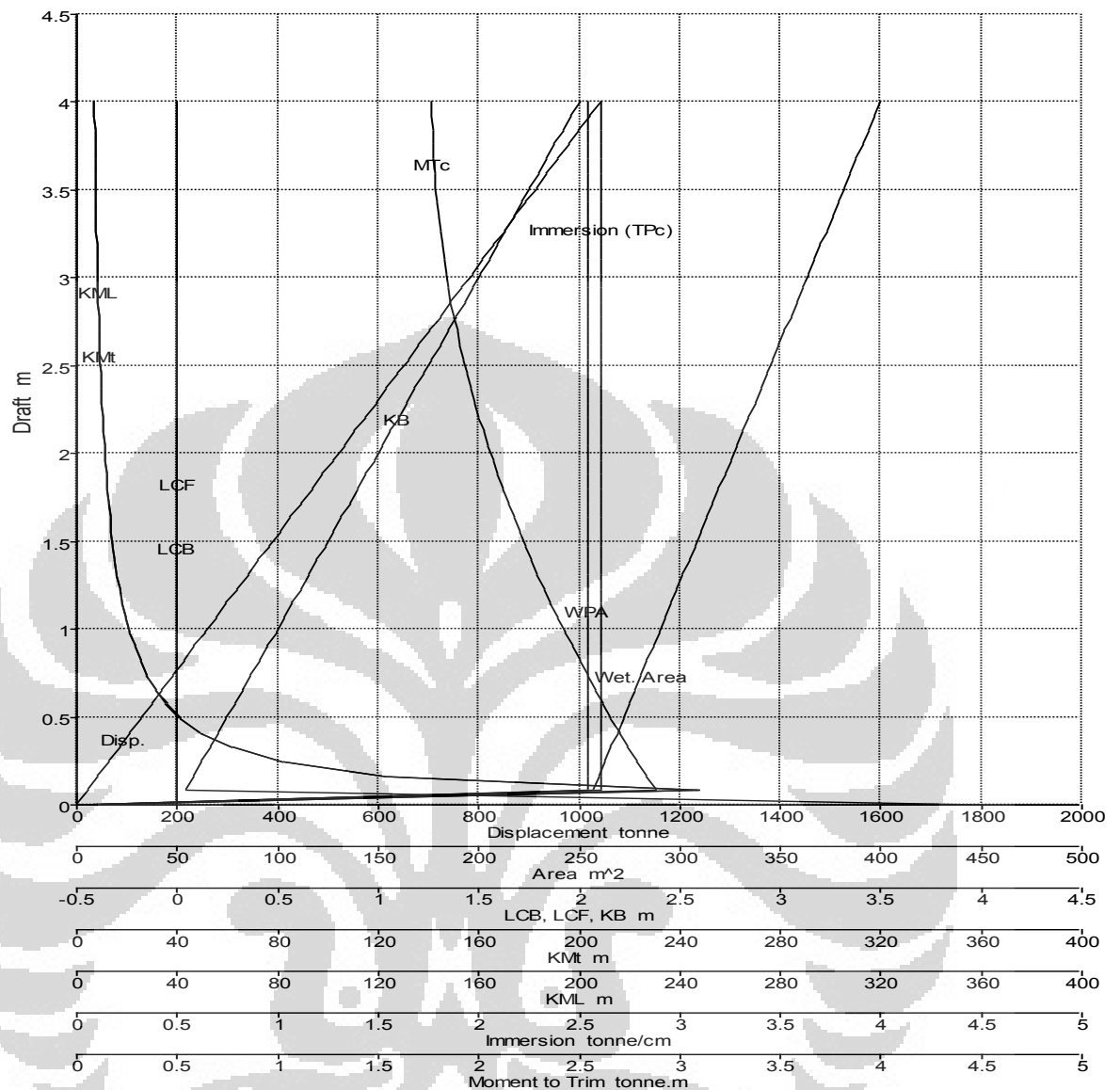
**Gambar 3.4** *Sheer Plan* Cottage terapung



**Gambar 3.5** *Half Breadth Plan* Cottage terapung

### 3.3 Stabilitas Awal

Karakteristik lambung di bawah air dari bangunan terapung dapat dilihat dari kurva hidrostatis yang dibuat dengan bantuan software *Hydromax Pro* 11.12.



Gambar 3.6 Hydrostatic Curve

Dari kurva hidrostatis diketahui bahwa nilai displacement naik seiring semakin tingginya sarat air bangunan. Luas bangunan di tiap ketinggian air sama besarnya karena lambung memiliki bentuk yang sama dari bawah hingga batas sarat air. Titik tekan dan titik berat garis air memiliki posisi yang sama di tiap kenaikan garis air, hal ini dikarenakan nilai koefisien blok dan koefisien garis air di tiap sarat air memiliki nilai yang sama.

Dalam perancangan awal maka diperlukan perhitungan stabilitas awal dari Cottage terapung agar dapat diketahui kemampuan Cottage terapung kembali ke keadaan semula ketika terjadi gangguan pada sudut-sudut kecil. Dalam menentukan stabilitas awal maka dibutuhkan perhitungan titik-titik penting yang berpengaruh terhadap perhitungan seperti titik berat, titik tekan, titik berat garis air dan periode rolling.

Titik berat (KG), titik tekan (KB), titik berat garis air (BM), tinggi metasentra melintang terhadap lunas kapal (KM), dan tinggi metasentra melintang (MG) Cottage terapung ini sebesar:

$$KG = 0.65 \cdot H \quad (3.3.1)$$

$$KG = 0.65 \times 7.982 = 5.1883 \text{ m}$$

$$KB = T \left[ \frac{5}{6} - \frac{C_b}{3 \cdot C_{WP}} \right] \quad (NORMAND) \quad (3.3.2)$$

$$KB = 4 \left[ \frac{5}{6} - \frac{0.785}{3 \cdot 0.785} \right] = 2 \text{ m}$$

$$BM = (0.008 + 0.745 C_w^2) \cdot \frac{B_{wl}^2}{T \cdot C_B} \quad (NORMAND) \quad (3.3.3)$$

$$BM = (0.008 + 0.745 \times (0.745^2)) \frac{18^2}{4 \times 0.745} = 5.563 \text{ m}$$

$$KM = KB + BM \quad (3.3.4)$$

$$KM = 2 + 5.563 = 7.563 \text{ m}$$

$$GM = KM - KG \quad (3.3.5)$$

$$GM = 7.563 - 5.1883 = 2.374 \text{ m}$$

Setelah didapatkan nilai titik titik penting dalam stabilitas bangunan, selanjutnya menentukan stabilitas Cottage terapung dengan metode prohaska. Mencari stabilitas dengan menggunakan prohaska akan ditemukan nilai h ataupun



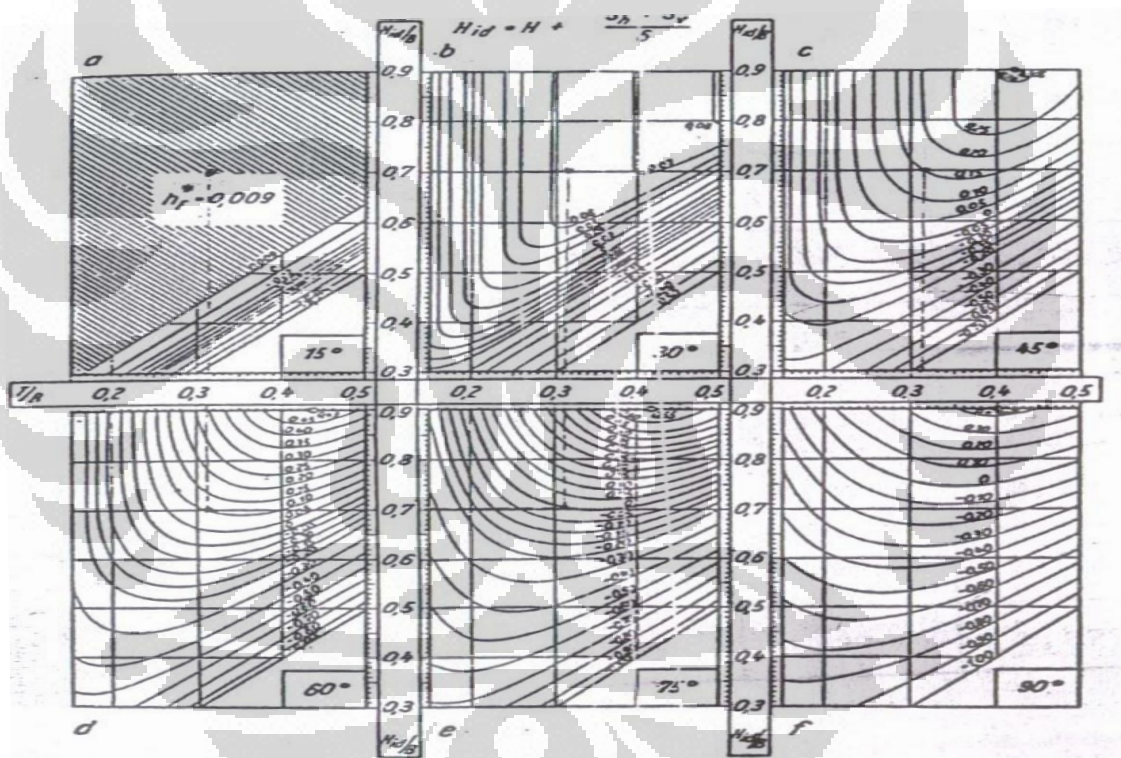
momen kopel. Agar mengetahui nilai  $h$  maka diperlukan nilai  $h_f$  dari kurva prohaska. Berikut merupakan perhitungan stabilitas awal Cottage terapung;

$$S_a = \frac{25x\left(\frac{L_{pp}}{3}+10\right)}{1000} \quad (3.3.6)$$

$$S_a = \frac{25x\left(\frac{18}{3}+10\right)}{1000} = 0.4 \text{ m}$$

$$S_f = \frac{50x\left(\frac{L_{pp}}{3}+10\right)}{1000} \quad (3.3.7)$$

$$S_a = \frac{50x\left(\frac{18}{3}+10\right)}{1000} = 0.8 \text{ m}$$



Gambar 3.7 Grafik Prohaska

$$H_{id} = H + \left(\frac{S_a + S_f}{6}\right) \quad (3.3.8)$$

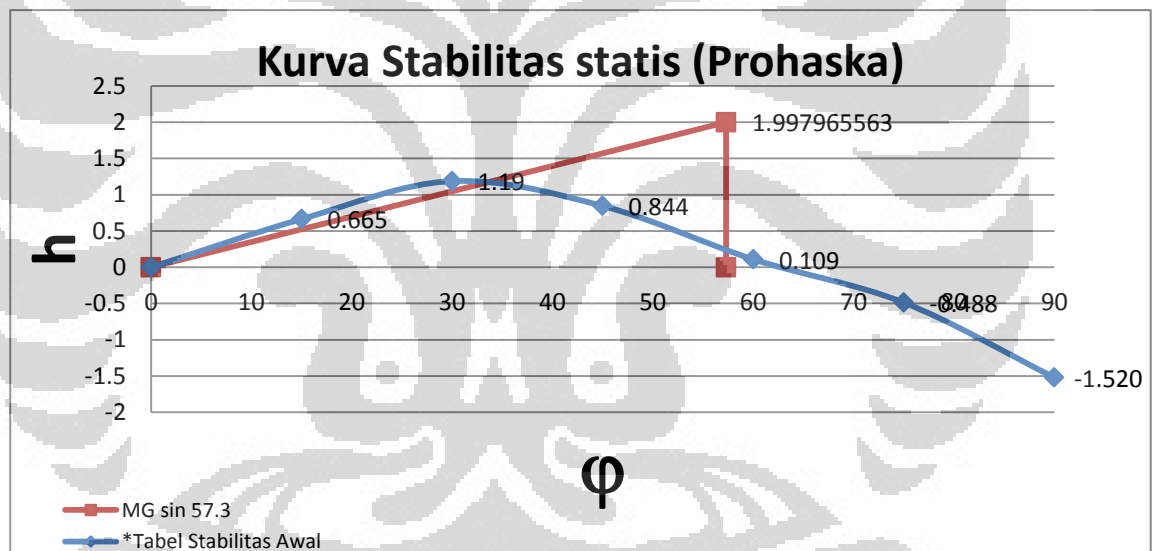
$$H_{id} = 7.982 + \left(\frac{0.4 + 0.8}{6}\right) = 8.182 \text{ m}$$

Dengan nilai koordinat di sumbu Y yaitu  $\frac{H_{id}}{B} = 0.45$  dan sumbu X yaitu  $\frac{T}{B} = 0.22$  maka akan didapatkan nilai  $h_f$  untuk  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ , dan  $90^\circ$ .

Nilai  $h_f$  kemudian akan dikalikan dengan  $MG \sin \sigma$  untuk mendapatkan nilai  $h$ . Nilai lengan momen untuk derajat lainnya jika dibutuhkan dapat dicari dengan cara interpolasi dari derajat-derajat yang sudah ada. Dari hasil pembacaan grafik prohaska maka didapatkan nilai  $h$  dan kurva stabilitas statis.

**Tabel 3.1** nilai  $h$  hasil pembacaan grafik prohaska

NO	$\sigma$	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1	$\sin \sigma$	0	0.259	0.500	0.707	0.866	0.966	1.000
2	$H_f$	0	0.009	0.000	-0.150	-0.350	-0.500	-0.700
3	$H_f \times BM$	0	0.050	0.000	-0.834	-1.947	-2.781	-3.894
4	$GM \sin \sigma$	0	0.615	1.187	1.679	2.056	2.294	2.374
5	$h = [3] + [4]$	0	0.665	1.19	0.844	0.109	-0.488	-1.520



**Gambar 3.8** Kurva stabilitas statis dengan Prohaska

Dengan nilai Stabilitas statis yang telah didapatkan kemudian di verifikasi dengan kriteria IMO Recommendation. Kriteria IMO membahas mengenai ketinggian  $h$ , luasan kurva stabilita statis dari  $0^0-30^0$   $0^0-40^0$   $30^0-40^0$ , dan nilai  $MG$ . Berikut merupakan perhitungan luasan kurva dengan menggunakan metode simpson :

**Tabel 3.2** Perhitungan luas kurva stabilitas statis

$\sigma$	$h$	$f_s$	$GK \times f_s$	$f_m$	$GK \times f_m$	$f_m$	$GK \times f_m$
----------	-----	-------	-----------------	-------	-----------------	-------	-----------------

0	0	1	0			1	0
5	0.222	4	0.886661914			4	0.886662
10	0.443	2	0.886661914			2	0.886662
15	0.665	4	2.659985742			4	2.659986
20	0.839	2	1.678081983			1	0.839041
25	1.013	4	4.05234219			4	4.052342
30	1.187	1	1.187130104	1	1.187130104	2	2.37426
35	1.072826047	0	0	4	4.29130419	4	4.291304
40	0.958521991	0	0	1	0.958521991	1	0.958522
45	0.844	$S_1 =$	11.351	$S_2 =$	6.436956285	$S_3 =$	16.94878

Maka luasan  $Ah 0^\circ - 30^\circ = 0.0291 \times S_1$

$$= 0.0291 \times 11.351 = 0.3303 \text{ m. rad}$$

$Ah 30^\circ - 40^\circ = 0.0291 \times S_2$

$$= 0.0291 \times 6.4369 = 0.1873 \text{ m. rad}$$

$Ah 0^\circ - 40^\circ = 0.0291 \times S_3$

$$= 0.0291 \times 16.9487 = 0.4932 \text{ m. rad}$$

Koreksi perhitungan stabilitas rancangan dengan Standar IMO Recommendation :

**Tabel 3.3** koreksi stabilitas statis dengan kriteria IMO recommendation

Criteria IMO			Didapat
GM(m)	$\geq$	0.15	2.374
$h 30^\circ$ (m)	$\geq$	0.2	1.187
$\emptyset h \text{ max}$ ( $^\circ$ )	$\geq$	25	30
$\emptyset \text{ range}$ ( $^\circ$ )	$\geq$	60	70
$Ah 30^\circ$ (m.rad)	$\geq$	0.055	0.330
$Ah 40^\circ$ (m.rad)	$\geq$	0.09	0.493
$Ah 30^\circ - 40^\circ$ (m.rad)	$\geq$	0.03	0.187

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan jika stabilitas awal Cottage terapung telah memenuhi syarat dari standar IMO Recommendation. Selain kurva stabilitas statis, perhitungan stabilitas awal juga mencakup pada

**Universitas Indonesia**

periode rolling bangunan kapal. Nilai  $\overline{MG}$  yang besar membuat periode rolling kapal lebih cepat dan mengakibatkan penumpang kapal digetarkan kurang enak atau kapal menjadi kaku, sebaliknya nilai  $\overline{MG}$  yang kecil mengakibatkan periode rolling lebih lambat tetapi kurang dapat menjamin keselamatan kapal. Untuk Cottage terapung ini periode rolling yang diizinkan antara 8-14 detik. Perhitungan periode rolling yaitu sebagai berikut :

$$R = T_R = \frac{2\pi i}{\sqrt{g \cdot \overline{MG}}} \quad \text{dengan } i=0.35B \quad (2.4.7)$$

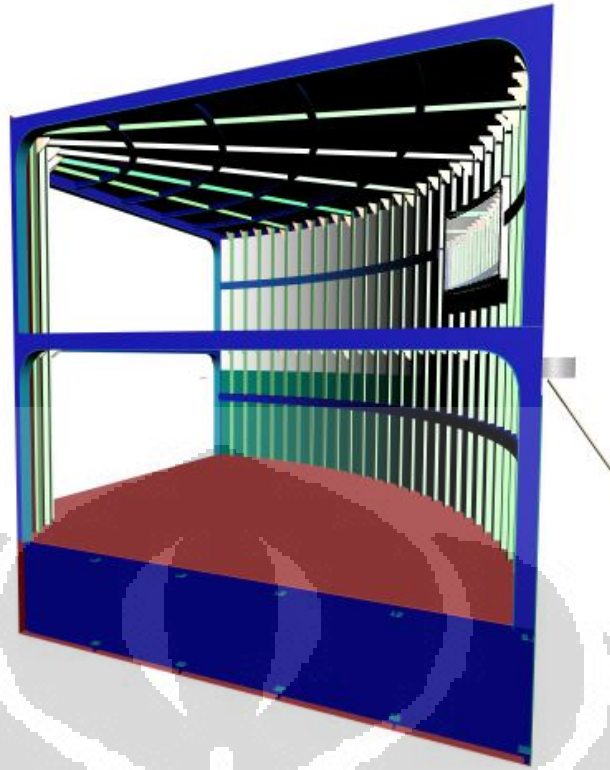
$$R = T_R = \frac{2 \times 3,14 \times 0.35 \times 18}{\sqrt{9.81 \times 2.374}} = 8.20 \text{ detik}$$

Sehingga Cottage terapung memiliki periode rolling yang sesuai dengan ketentuan sehingga nyaman untuk penumpang didalamnya.

### 3.4 SISTEM KONSTRUKSI

Konstruksi yang digunakan untuk Cottage terapung ini menggunakan sistem konstruksi silindris. Jenis sistem konstruksi yang digunakan yaitu konstruksi memanjang, membujur, dan melingkar atau struktur kombinasi. Hal ini dapat ditandai dengan adanya penguat yang melingkari bangunan secara melintang dan membujur. Sistem konstruksi tiap lantai dapat berbeda-beda sesuai dengan perkiraan kekuatan yang dibutuhkan, dan dari perkiraan konstruksi membernya selanjutnya akan dihitung kekuatannya pada bab Kekuatan.

Sistem konstruksi dibuat sama untuk setiap  $\frac{1}{4}$  bagian silinder. Konstruksi Member yang digunakan yaitu pelat, *primary structure*, dan *secondary structure*.



**Gambar 3.9** Konstruksi Penampang Melintang lambung Bangunan

### 3.4.1 Plating

Profil pelat yang digunakan memiliki karakteristik sebagai berikut :

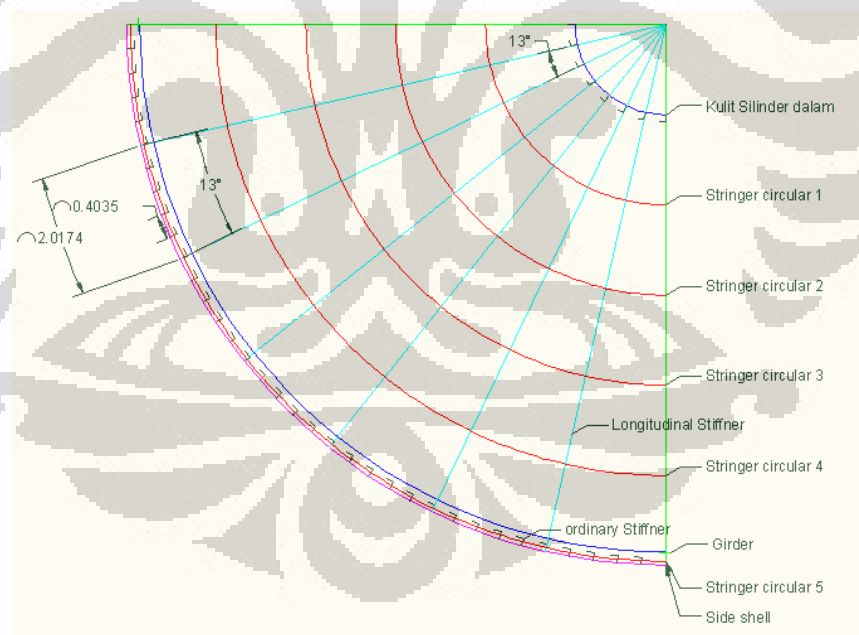
Jenis	Profil	Ukuran (mm)	Keterangan
Pelat 	Bottom Shell	5000x3000x12	Hot strength shipbuilding AH36
	Deck Lambung	5000x3000x12	
	Deck Superstructure	3500x1500x12	
	Side Shell	3500x1500x12	
	Kulit silinder dalam	3000x1000x5	

Pelat yang membuat bangunan tetap terapung dan berfungsi melindungi struktur dari bagian luar. Selain itu, tekanan statis dan dinamis yang terjadi pada bangunan juga mengalir dari pelat menuju struktur kedua dan struktur utama, sehingga pelat harus memiliki dimensi yang tepat.

### 3.4.2 Primary Structure

Struktur utama pada Cottage terapung ini terdiri dari *Girder* dan *stringer*. Girder terdapat pada lambung bangunan dan tiap lantainya memiliki 4 girder yang jarak antar girdernya sama besar. Untuk menjaga struktur deck, *bottom shell*, dan *Side shell* dari deformasi berlebih maka digunakan *stringer* yang memiliki bentuk melingkar. Stringer circular memiliki perbedaan jari-jari sebesar 1.5 m. Hal ini untuk mengantisipasi besarnya gaya tekan dari samping yang terjadi.

Jenis	Profil	Ukuran (mm)
Primary tructure	Girder Web	2000 x 10 x 3000
	Girder Flange	2000 x 10 x 3000
	Stringer web	1200 x 10 x 3000
	Stringer flange	1200 x 10 x 3000



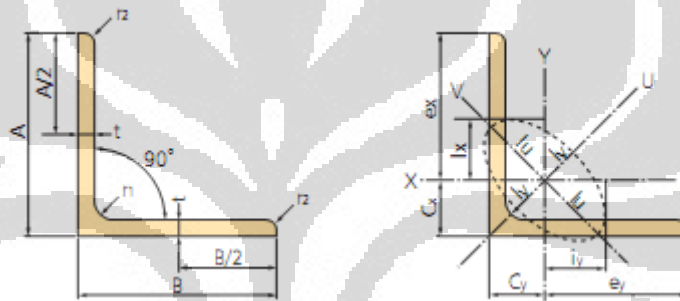
**Gambar 3.10** Konstruksi member lambung bangunan .

### 3.4.3 Secondary Structure

Selain struktur utama, terdapat struktur tambahan atau *secondary structure* yang berfungsi sebagai penguat tambahan dari tekanan lateral. *Secondary structure* terdiri dari Ordinary stiffner, longitudinal stiffner, dan Bracket.

#### a. Ordinary Stiffner dan Longitudinal Stiffner

Jenis dari kedua penegar ini yaitu *Equal leg Angle Bar*. keduanya memiliki profil yang sama.



Gambar 3.11 Equal Leg Angle Bar.

- A x B (mm) : 1200 x 1200
- t (mm) : 10
- l (mm) : 6000
- r1 (mm) : 12
- r2 (mm) : 6
- Center of gravity (Cx=Cy) : 3.32
- $I_x=I_y$  (cm<sup>4</sup>) : 314

Jarak antara ordinary stiffner yaitu sebesar 0.4 m sedangkan jarak antara longitudinal stiffner sebesar 2 m. Jarak yang besar pada longitudinal stiffner disebabkan oleh bentuk bangunan yang silindris sehingga semakin ke bagian dalam radiusnya semakin mengecil.

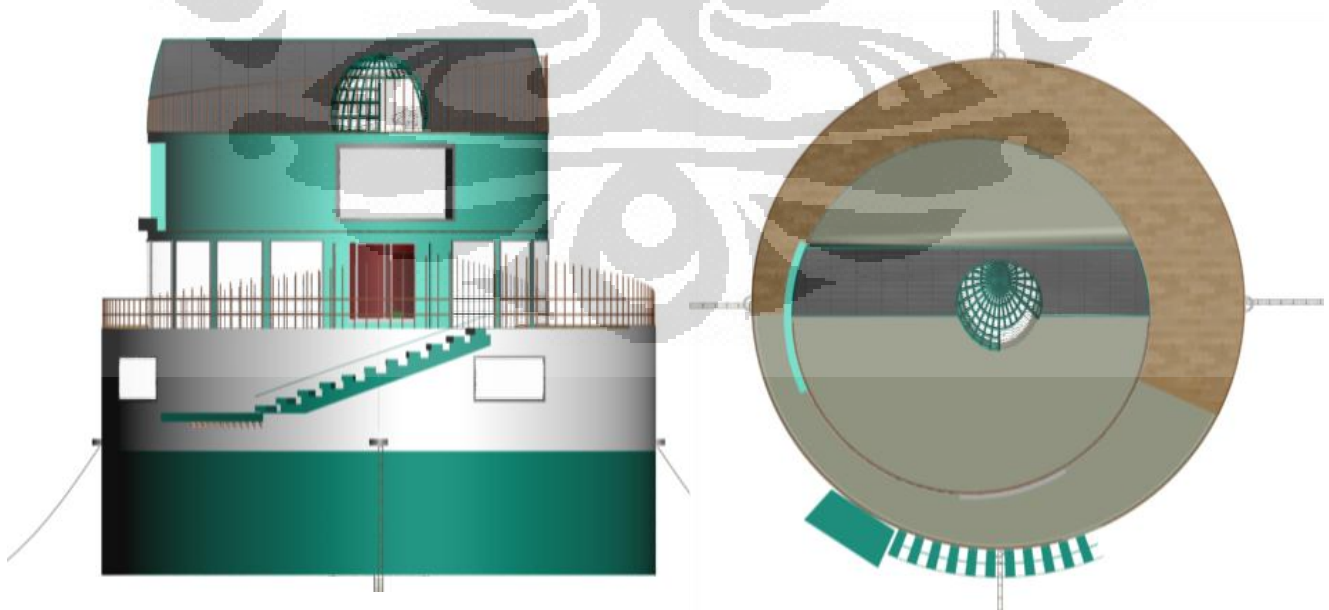
#### b. Bracket

Penguat tambahan lainnya yang digunakan yaitu bracket, bracket berfungsi sebagai penguat dari stiffner. Bracket dipasang di pertemuan antara ordinary stiffner dan longitudinal stiffner. Dimensi dari baracket yaitu 240 x 240 x 10 mm.

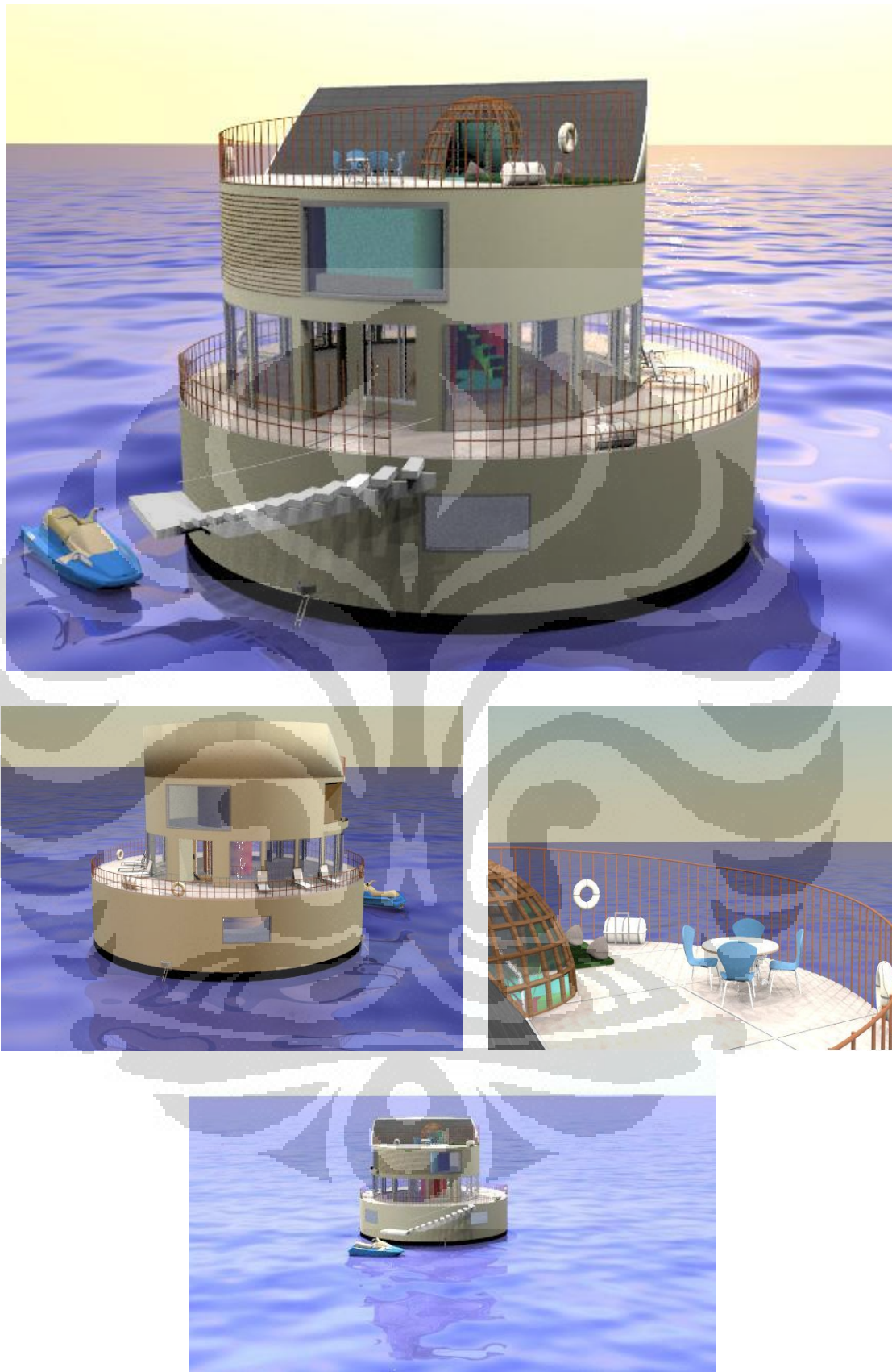
### 3.5 Rencana Umum (General Arrangement)

*General arrangement* Cottage terapung dapat didefinisikan sebagai penentuan dari ruangan kapal untuk segala kegiatan(fungsi) dan peralatan yang dibutuhkan. Rencana Umum dibuat sesuai dengan kesesuaian rencana garis yang telah dibuat, kesesuaian dengan DWT, dan kapasitas yang dibutuhkan. Pembuatan general arrangement berfungsi untuk membuat kalkulasi awal biaya pembangunan bangunan, perkiraan berat bangunan sebenarnya dan sebagai dasar untuk membuat detail drawing.

Cottage terapung terdiri atas 5 lantai dan didalam rencana umum desain Cottage terapung yang akan dibahas mencakup rencana susunan ABK dan penumpang, pembagian rungan utama bangunan, perlengkapan keselamatan, perlengkapan tambat, dan perhitungan berat kapal keseluruhan.







**Gambar 3.12** Cottage terapung dilihat dari berbagai sisi

### 3.5.1 Susunan ABK

Cottage terapung diciptakan sebagai sebuah hunian. Akan terdapat beberapa *crew* yang bertugas mengatur dan melayani penghuni Cottage terapung. Komposisi dari ABK yang akan melaksanakan tugasnya di Cottage terapung yaitu sebagai berikut;

**Tabel 3.4** Komposisi *Crew* Cottage terapung

Service Departemen	Jumlah	Engine Departemen	Jumlah
Chief Cook	1	Electrician	1
2 <sup>nd</sup> Cooker	1	Oilman	1
Servant	3	Pumpman	1

Crew ini akan bertugas melayani para penghuni Cottage terapung. Beberapa jabatan penting pada kapal seperti Nahkoda, Chief Engineer, dan Chief Officer tidak terdapat di Cottage terapung karena Cottage terapung tidak akan berpindah-pindah dan tidak memiliki mesin penggerak sehingga jabatan tersebut tidak diperlukan. Selain dengan jumlah crew, Cottage terapung sendiri dapat dihuni oleh 12-25 Orang.

### 3.5.2 Pembagian Ruang Utama Bangunan

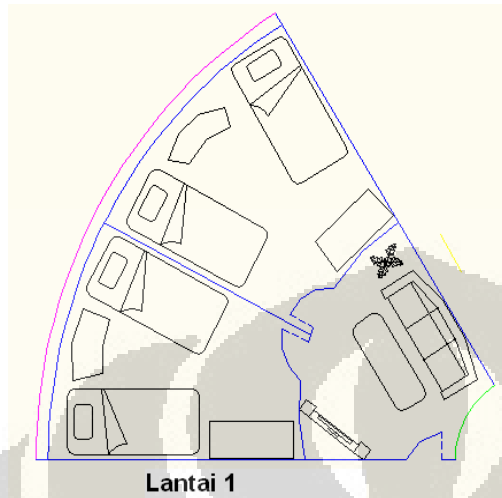
Ruang-ruang utama dibedakan menjadi ruang akomodasi yang terdiri dari ruang tidur dan ruang konsumsi, tangki-tangi, ruang pompa, dan ruang lainnya. Ruangan-ruangan ini akan rencanakan sesuai dengan kebutuhan, luas Cottage terapung, dan jumlah crew serta penumpang yang ada.

#### a. Ruang Tidur (Cabin)

Ruang tidur tersebar di lantai 1,2, dan 4 dan berjumlah 8 kamar. Berikut merupakan pembagian ruang tidur pada Cottage terapung:

##### 1. Ruang Tidur Crew

Ruang tidur di lantai 1 digunakan untuk 8 orang crew. Terdapat 2 ruang tidur dengan ruang sebelah kiri memiliki luas 13.2492 m<sup>2</sup> dan

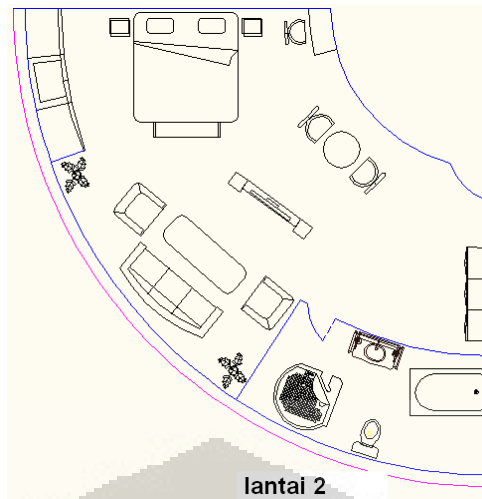


sebelah kanan 13.9770 m<sup>2</sup> dan tinggi 3 m. Fasilitas yang dimiliki tiap ruang tidur yaitu, 4 Tempat tidur dengan ukuran 2,3 x 1,1 m, 1 buah lemari dan 1 buah meja. Jarak tempat tidur bawahn dengan lantai yaitu 40 cm , sedangkan jarak tempat tidur atasnya dengan langit-langit sebesar 1 m.

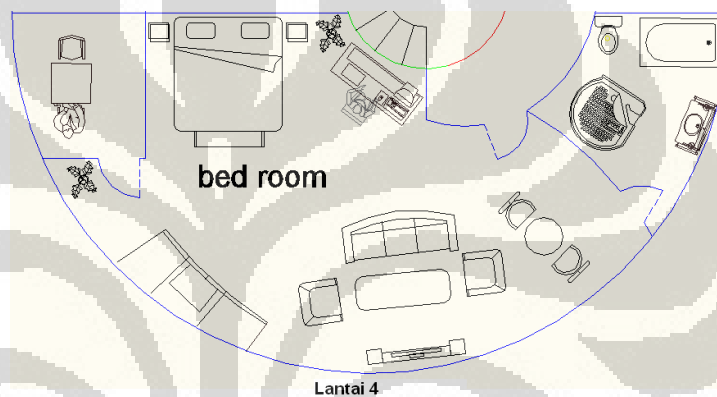
**Gambar 3.13** Denah Ruang Tidur Crew

## 2. Ruang Tidur Penumpang

Ruang tidur penumpang yang tersedia berjumlah 6 ruang. 4 ruang berada di lantai 2 dan 2 ruang lagi berada di lantai 4. Ruang tidur yang terletak di lantai 2 memiliki luas 40.9535 m<sup>2</sup>, sedangkan yang berada di lantai 4 memiliki luas 38.1364 m<sup>2</sup> dan keduanya memiliki tinggi 3 m. semua ruangan memiliki fasilitas yang sama, fasilitas yang tersedia yaitu tempat tidur dengan ukuran 2 x 2 m, lemari pakaian, lemari pendingin, sofa set, tv set, meja makan, meja kerja, dan pendingin ruangan. Ruang tidur yang berada di lantai 4 memiliki akses ke balkon luar.



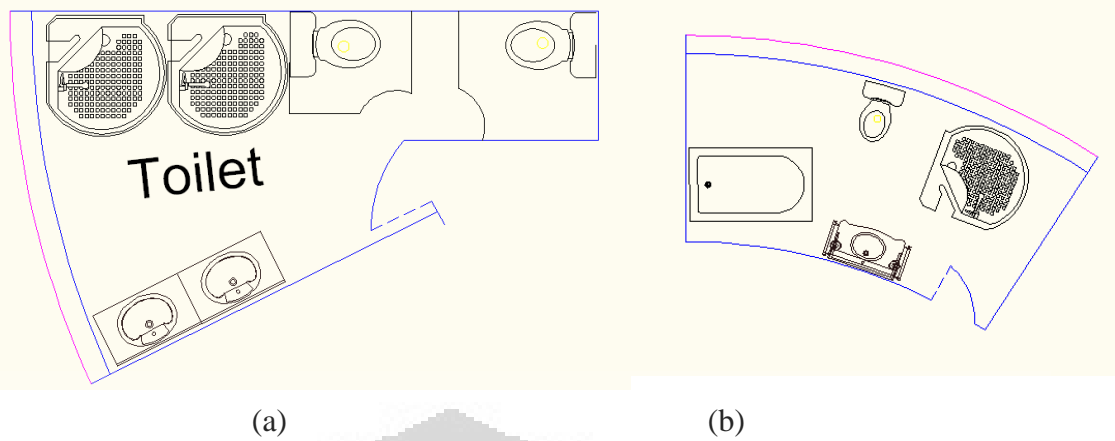
**Gambar 3.14** Denah Ruang Tidur Penumpang di Lantai 2



**Gambar 3.15** Denah Ruang Tidur Penumpang di Lantai 4

### b. Ruang Sanitari

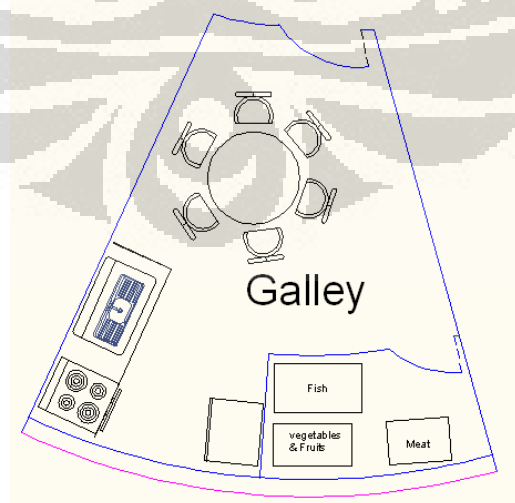
Ruang sanitari yang terdapat di Cottage terapung berjumlah 7 buah yang terdiri dari 1 buah ruang sanitari publik, dan 6 ruang sanitari privat. Ruang sanitari publik di sediakan untuk para crew dengan luas 13.2197 m<sup>2</sup> dan fasilitas 2 buah *shower room*, 2 buah WC, dan 2 buah wastafel. Sedangkan ruang sanitari privat berada di tiap kamar para penumpang dengan luas 9.5468 m<sup>2</sup> dan fasilitas 1 buah *shower room*, 1 buah *bath tube*, 1 buah Wc , dan 1 buah wastafel.



**Gambar 3.16** Denah Toilet (a) Toilet Publik (b) Toilet Privat

### c. Ruang Konsumsi

Ruang konsumsi terdiri dari ruang penyimpanan, dapur, dan ruang makan. Pada Cottage terapung ini Ruang penyimpanan makanan menyatu dengan dapur dan tempat makan para crew di lantai 1. Total keseluruhan luas ruangan tersebut yaitu 23.6488 m<sup>2</sup>. Ruang penyimpanan bahan makanan dilengkapi dengan *dry provision room* dan *Cold storage* untuk menyimpan sayur, buah, daging, dll agar bertahan lama. Dapur dilengkapi dengan kompor, *exhaust fan*, wastafel dan lemari pendingin kecil. Sedangkan ruang makan crew hanya terdiri dari 1 meja dan 5 kursi. Ruang makan untuk para penumpang berada di lantai 3, terdapat 4 meja makan dengan masing-masing meja memiliki 4 kursi, selain itu di lantai 3 terdapat mini bar.



**Gambar 3.17** Denah Ruang konsumsi di Lantai 2

#### d. Pintu,Jendela,Lorong, dan Tangga

##### 1. Jendela

Jendela yang dibuat pada bangunan ini berbentuk persegi panjang. Karakteristik tiap jendela berbeda-beda untuk tiap lantainya. Untuk lantai 2, jendela luar (gambar 3.6).difungsikan agar kedap cuaca dan kedap air dengan ukuran 2.484 x 1.35 m. Jendela di lantai 3 hanya memiliki fungsi kedap cuaca dan memiliki ukuran 1.7 x 2.8 m. sedangkan jendela di lantai 4 memiliki ukuran 3.68 x 2.458 m dan berfungsi sebagai jendela kedap cuaca.

##### 2. Pintu

Pintu yang terdapat di bangunan terapung terdiri dari pintu kedap cuaca dan pintu dalam ruangan. Pintu kedap cuaca berada di lantai 3/dek pertama dengan lebar 2 m dan tinggi 2.5 m dan ambang pintu 300 mm. pintu didalam ruangan memiliki lebar 1.6 m dan tinggi 2.5 m.

##### 3. Lorong

Lorong harus dipastikan untuk mudah dilewati, lebar lorong minimum yaitu 80 mm. Cottage terapung memiliki lebar lorong yang berbeda-beda tiap lantainya. Dengan lebar minimum lorong 1.5 m dan maksimum 1.6 m.

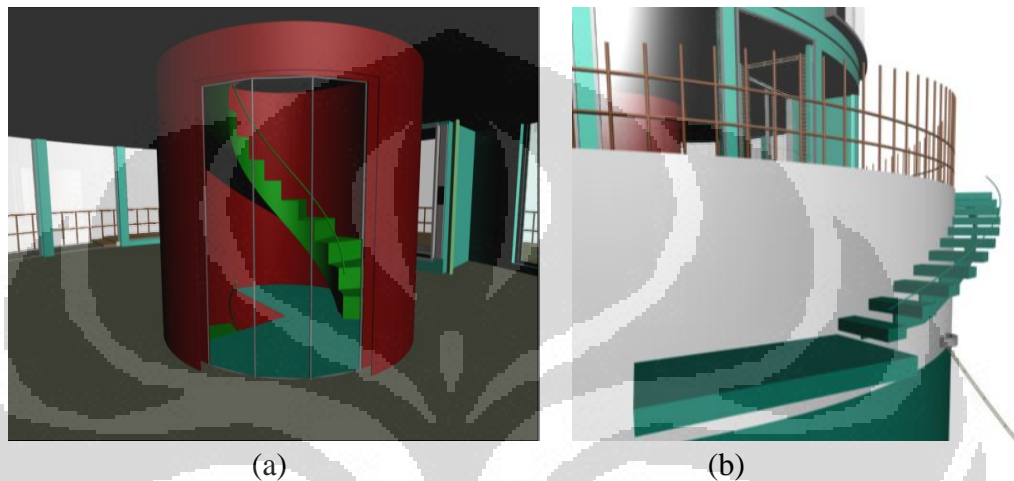
##### 4. Tangga

- *Accomodation Ladder*

Tangga ini terletak dibagian paling luar dan berfungsi sebagai jalannya para penumpang menaiki Cottage terapung. Dimensi dari tangga ini yang direncanakan yaitu lebar tangga 1000 mm, jarak langkah 357 mm, dan tinggi rel tangan yaitu 1000 mm.

- *Steel Deck Ladder*

Tangga ini berfungsi sebagai penghubung antara lantai. Bentuk dari tangga ini melingkar. Tangga digunakan bersamaan untuk naik dan turun. Dimensi dari tangga ini yang direncanakan yaitu lebar tangga 718 mm, jarak langkah 317 mm, dan tinggi rel tangan yaitu 1000 mm.

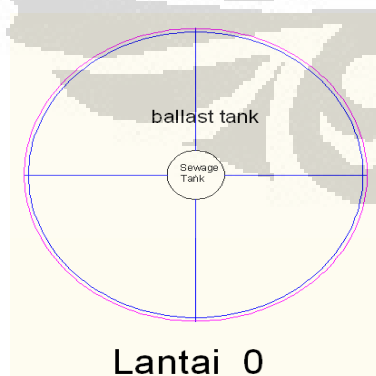


**Gambar 3.18** Tangga (a) *Steel deck ladder* (b) *Accommodation Lader*

#### e. Perhitungan Volume Tangki-tangki

Tangki yang terdapat di Cottage terapung ini yaitu *Ballast tank*, *Sewage Tank*, *Fresh Water Tank*, dan *Fuel Oil Tank*.

##### 1. *Ballast Tank*



Ballast tank berfungsi sebagai tempat air laut yang dimasukkan dari *sea chest* untuk membantu menyeimbangkan keadaan Cottage terapung. Tangki ini berada di lantai 0 berdekatan dengan *Sewage tank*. Volume dari tangki ini yaitu:

$$V = (\pi r_1^2 - \pi r_2^2)t$$

**Gambar 3.19** *Ballast Tank dan Sewage Tank*

$$V = (\pi 9^2 - \pi 1.5^2) 1.5 =$$

$$V = 370.9125 \text{ m}^3$$

## 2. Sewage Tank

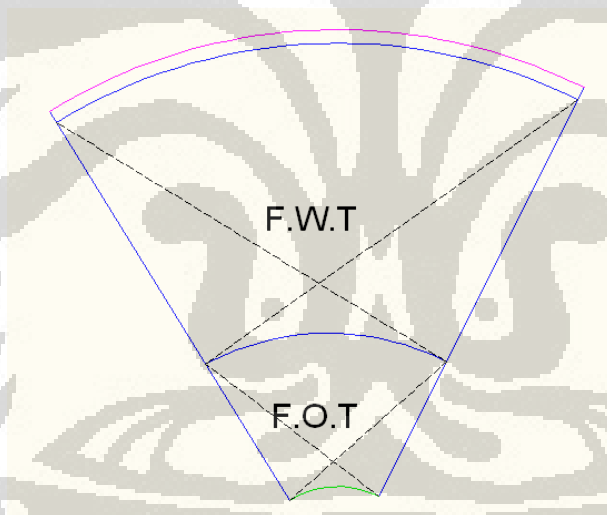
Sewage tank berguna untuk menyimpan air kotor bekas penggunaan para abk dan penumpang Cottage terapung. Volume dari tangki ini yaitu:

$$V = \pi r^2 t$$

$$V = (\pi 1.5^2) 1.5 = 10.5975 \text{ m}^3$$

## 3. Fresh Water Tank

Tangki air minum berfungsi sebagai tempat penyimpanan air bersih keperluan sanitari dan konsumsi. Tangki ini terletak di lantai 1 berdekatan dengan fuel oil tank. Volume dari tangki ini yaitu;



**Gambar 3.20** Fresh Water Tank dan Fuel oil tank

$$V = \text{luas} \times t$$

$$V = 24.7803 \times 3 = 74.3409 \text{ m}^3$$

## 4. Fuel Oil Tank

Tangki bahan bakar ini berfungsi untuk menyimpan bahan bakar minyak untuk penggerak generator agar ketersediaan listrik di Cottage terapung ini dapat terpenuhi.



$$V = \text{luas} \times t$$

$$V = 69425 \times 3 = 20.83275 \text{ m}^3$$

#### f. Ruang Pompa

Ruang pompa memiliki luas 33.1835 m<sup>2</sup> dan tinggi ruangan 3 m. Didalam ruang pompa ini terdapat 3 pompa yaitu pompa *Ballast*, *Fresh Water Pump*, *Fire Pump* dan *Sewage Pump*.

Kapasitas masing-masing pompa yaitu :

##### 1. Pompa Ballast

- Kapasitas Pompa : 74.1825 m<sup>3</sup>/jam
- Tenaga Pompa : 3.7 kW
- Diameter Pipa : 4.5 inch

##### 2. Pompa Fresh Water

- Kapasitas Pompa : 20.49 m<sup>3</sup>/jam
- Tenaga Pompa : 1 kW
- Diameter Pipa : 4.5 inch

##### 3. Pompa Pemadam Kebakaran

Menurut SOLAS regulation Chapter II-2 regulasi 10 tentang *fire fighting*, kapasitas pompa pemadam kebakaran tidak boleh kurang dari 2/3 kapasitas pompa bilga. Dan kapasitas tiap pompa pemadam pada kondisi tertentu tidak boleh kurang dari 25 m<sup>3</sup>/jam Menurut peraturan minimal ada 1 pompa yang difungsikan sebagai pompa pemadam kebakaran. Cottage terapung ini memiliki 1 pompa yang berfungsi sebagai pompa pemadam kebakaran.

- Kapasitas Pompa : 25.00 m<sup>3</sup>/jam
- Tenaga Pompa : 1.8 kW

- Diameter Pipa : 4.5 inch

#### g. Ruang CO<sup>2</sup>

Ruang CO<sup>2</sup> pada Cottage terapung ini terletak di lantai 1. Ruang CO<sup>2</sup> berfungsi untuk mengalirkan gas CO<sup>2</sup> ketika terjadi kebakaran pada suatu ruangan. Pada Cottage terapung ini ruangan yang paling rentan terjadi kebakaran yaitu di dapur dan ruang generator, sehingga diputuskan ruangan CO<sup>2</sup> diletakan di lantai 1 dengan luas 2.9177 m<sup>2</sup> dan tinggi 3 m.

#### h. Ruang Sumber Listrik

Generator digunakan sebagai salah satu sumber listrik di Cottage terapung. Selain sumber listrik terdapat panel surya yang energinya akan disimpan kedalam aki kemudian dialirkan ke peralatan elektronik setelah di lakukan perubahan arus AC dengan bantuan inventer. Generator diletakan terpisah dengan ruang penyimpanan aki. Hal tersebut dikarenakan runang tersebut juga berfungsi sebagai *Emergency Source of Electrical Power*. Kedua ruangan tersebut berada di lantai 5 atau lantai paling atas dari Cottage terapung. Total luas kedua ruangan ini yaitu 56.4145 m<sup>2</sup>.

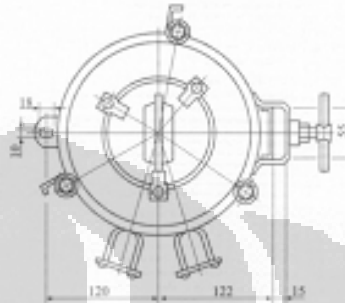
### 3.5.3 Perlengkapan Keselamatan

Perlengkapan keselamatan yang berhubungan dengan Cottage terapung ini melingkupi perlengkapan keselamatan lampu navigasi, perlengkapan penyelamat jiwa, dan perlengkapan pemadam kebakaran. Semua peraturan ini mengacu pada COLREG(*International Regulations for Preventing Collision at Sea*) dan SOLAS(*International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974*).

#### a. Perlengkapan lampu navigasi

Lampu navigasi dipasang sesuai dengan peraturan COLREG dan berguna sebagai petunjuk adanya Cottage terapung di dalam kondisi yang gelap. Karena bentuk bangunan yang silendris, tidak memiliki kemampuan bergerak, dan tidak memiliki mesin induk. Maka lampu navigasi yang

akan digunakan yaitu lampu samping kiri dan kanan (*PS and SB light*) saja. Rencananya lampu navigasi ini akan dipasang di keempat sisi Cottage terapung.



**Gambar 3.21** Lampu navigasi samping

#### b. Perlengkapan Penyelamat Jiwa

Peraturan mengenai perlengkapan penyelamat jiwa terdapat di SOLAS chapter III tentang *Life Saving-appliances and arrangements*. Di Cottage terapung ini perlengkapan keselamatan disesuaikan dengan kebutuhan. Perlengkapan keselamatan yang ada disesuaikan dengan banyaknya awak dan penumpang. Berikut rincian perlengkapan keselamatan yang ada di Cottage terapung :

- Jaket Pelampung (*life jacket*) : 35 buah
- Ban Pelampung (*Lifebuoys*) : 8 buah, 4 dilengkapi lampu, 2 dilengkapi smoke signal, 2 dilengkapi tali.
- Alat pelempar tali (*Line Throwing appliances*) : 2 buah
- Rakit Penolong Kembang (*inflatable liferaft*) : 3 buah dengan kapasitas maksimum 10 orang.

#### c. Perlengkapan Pemadam Kebakaran

Peraturan mengenai perlengkapan pemadam kebakaran terdapat di SOLAS chapter II tentang *Fire Fighting*. Rencananya Cottage terapung ini akan dilengkapi oleh sistem pemadam kebakaran tetap dan jinjing. Sistem pemadam kebakaran tetap yang digunakan yaitu Instalasi CO<sup>2</sup> untuk ruang

dapur dan generator, dan Instalasi pipa dan suplai air laut. Instalasi Pipa dan suplai air laut dilengkapi oleh pompa pemadam dengan kapasitas 25 m<sup>3</sup>/jam, 1 buah hidran yang terletak di main deck/lantai 3 dengan tekanan 0.25 N/mm<sup>2</sup>, Selang/*Hoses* dengan panjang 15 m dan *nozzle* ukuran 12 mm. Untuk sistem pemadam kebakaran tidak tetap akan digunakan *Portable Fire Extinguishing* yang berjumlah 1 untuk masing-masing lantai, dan 1 set *Fireman's Outfit*.

### 3.5.4 Perlengkapan Tambat

Perlengkapan tambat yang digunakan untuk Cottage terapung ini yaitu jangkar dan tali. Tali yang akan digunakan yaitu tali baja atau *Steel wire ropes*. Perhitungan mengenai perlengkapan tambat ini mengacu pada peraturan kelas, kelas yang digunakan untuk melakukan perhitungan yaitu BKI Vol.II. Berikut ini merupakan perhitungan peralatan tambat

Penentuan jangkar bergantung pada nilai *Z/equipment number*.

$$Z = D^{2/3} + 2 \cdot h \cdot B + \frac{A}{10}$$

Dimana, D= displacement kapal

B= lebar kapal

h= Lambung timbul-(Jumlah bangunan atas x tinggi)

A= luas penampang membuju bangunan atas dari *center line*.

$$Z = 1053.0652^{2/3} + 2 \times 13.2 \times 18 + \frac{84.59224}{10} = 587.1663$$

Dari nilai z yang didapatkan maka didapatkan karakteristik perlengkapan tambat dengan perkiraan nilai z 550-600 berdasarkan peraturan kelas.

- Jumlah Jangkar :2

- Berat masing-masing jangkar : 1740 kg
- Jumlah tali tambat : 4
- Panjang tali tambat : 160 m
- Beban putus tali tambat : 130 kN

### 3.5.5 Perhitungan Berat Cottage terapung

Dari rencana umum dan sistem konstruksi yang telah dibuat, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan berat Cottage terapung seluruhnya. Berat Cottage terapung terdiri dari Berat kosong Cottage terapung dan berat mati bangunan.

#### a. Berat kosong Cottage terapung

Perhitungan berat kosong Cottage terapung ini mencakup berat konstruksi, berat mesin bantu, dan berat *outfitting* dan akomodasi.

#### 1. Berat konstruksi lambung Cottage terapung

**Tabel 3.5** Berat konstruksi lambung Cottage terapung

Konstruksi Member	Bagian	Jumlah	Berat (kg)
Side Shell	Kulit Luar	1	35396.95
	Silinder dalam	1	12201.26
Deck	Deck Utama	4	139759.8
	Silender dalam	4	4658.661
Stiffner	Vertical	42	23323.77
	Horizontal	144	42929.88
	Vertical silinder dalam	36	11190.96
Bracket	Bracket	576	5208.883
Stringer (Melingkar)	1	4	228.3408

	2	4	341.3808
	3	4	454.4208
	4	4	567.4608
	5	4	675.0749
Girder	Lt 1&2	8	33660.8
	Lt 0	4	16579.2
Tangga	Accommodation	1	1570
	Deck	2	3905.375
Total		332652.2406 Kg	
		332.6522406 ton	

## 2. Berat Konstruksi Superstructure

**Tabel 3.6** Berat konstruksi Superstructure

Konstruksi Member	Bagian	Jumlah	Berat (kg)
Side Shell	Kulit Luar lt.3&4	2	20507.968
	Kulit Luar lt.5	1	5126.992
	Sphere	1	18486.75
Deck	Deck	3	52071.0125
	Deck lt.3 tambahan	1	19102.975
Stiffner	Vertical	51	5304.15708
	Horizontal	41	5692.11036
Bracket	Bracket	49	5538.96
Stringer (Melingkar)	1	3	204.2256
	2	3	273.51912
	3	2	198.9504

	4	2	243.33744
Pelat tambahan	lt.3	2	1710.672
	lt.4	2	1866.676934
Pintu	lt.3	2	2637.6
	lt.4	2	1905.1008
Tiang	Tiang railing lt.3 dan 5	-	1035.258
Total		143132.94 Kg	
		143.13294 ton	

### 3. Berat akomodasi

Tabel 3.7 Berat Akomodasi tiap lantai

<b>Lantai 1</b>				
	item	jumlah	berat @	total
bed	single bed	4	40	160
	nakas	2	5	10
	lemari	2	50	100
	triple sofa	1	70	70
	coffe table	1	10	10
	rak Tv	1	50	50
	TV	1	20	20
toilet	shower	2	5	10
	wastafel	3	15	45
	toilet	2	35	70
laundry room	dryer	2	25.5	51
	mesin cuci	3	65	195

galley	kompore + oven set	1	100	100
	sink	1	4.5	4.5
	kursi	6	10	60
	beja bundar besar	1	20	20
	kulkas	1	91	91
	storage room	1	35	35
GYMnasium	angkat beban	1	2500	2500
	threadmill	1	169.5	169.5
medroom	kursi	3	10	30
	meja	1	20	20
	cabinet	1	20	20
	exam bed	1	35	35
<b>TOTAL</b>				<b>3876 Kg</b>

<b>lantai 2 dan lantai 4</b>			
item	jumlah	berat @	total
tempat tidur queen	6	100	600
sofa triple	6	70	420
sofa single	16	15	240
rak TV	6	30	180
TV LCD	6	20	120
nakas	12	5	60
meja rias	6	25	150
coffe table	6	10	60
table	6	5	30
mini buffet	6	30	180
lemari	6	50	300



toilet	6	35	210
bathtub	6	200	1200
wastafel	6	15	90
Total			3840 Kg

<b>lantai 3</b>			
item	jumlah	berat @	total
dining table	4	15	60
dining chair	16	10	160
sofa triple	2	70	140
sofa single	2	15	30
coffee table	2	15	30
rak tv	1	30	30
TV LCD	1	20	20
kursi jemur	4	15	60
pool table	1	50	50
piano	1	200	200
kursi piano	1	10	10
Bar furniture	1	100	100
bar stools	5	5	25
Total			915 Kg

<b>Lantai 5</b>			
Item	Berat (kg)	Jumlah	berat total
Panel Surya	12	18	216
Power Storage	29	2	58

**Universitas Indonesia**

Inverter	10	2	20
Generator Set	3500	2	7000
			7294 Kg

Maka total berat kosong Cottage terapung yaitu

$$LWT = \text{Berat konstruksi} + \text{Berat akomodasi}$$

$$LWT = (332.6 + 143.13) + 15.925 = 496.23 \text{ Ton}$$

Didalam perhitungan ini terdapat kemungkinan ada bagian konstruksi ataupun akomodasi yang tidak terhitung dengan baik. Oleh karena itu dari nilai LWT yang didapatkan, perlu ditambahkan faktor berat lain-lain yang besarnya 3-5 %. Untuk Cottage terapung ini digunakan faktor lain-lain sebesar 3%. Sehingga berat LWT menjadi 511.12 Ton

b. Berat Mati Cottage terapung (DWT)

Berat mati Cottage terapung / *Dead Weight Tonnage* terdiri dari berat isi tangki, berat makanan, berat para abk dan penumpang beserta barang bawaan. Berat mati dihitung tiap lantai.

**Tabel 3.8** Berat Mati tiap lantai

<b>Lantai 0</b>	
a. Berat ballast (ton)	380.1853125
Luas	247.275
H	1.5
Density (kg/m <sup>3</sup> )	1025
Volume	370.9125

b. Sewage tank	20.37546
Luas	28.26
H (m)	1
Density (kg/m <sup>3</sup> )	721
Volume	28.26
TOTAL (Ton)	400.5607725

<b>Lantai 1</b>	
a. Berat Bahan Bakar (ton)	13.042288
Luas	7.0882
H	2
Density (kg/m <sup>3</sup> )	920
Volume	14.1764
b. Berat Minyak Pelumas (4 drums)	4.075732158
Luas	1.168394
H (m)	0.88
Density (kg/m <sup>3</sup> )	991
Volume	1.02818672
c. Berat air tawar	83.22291
Luas	30.8233
H (m)	2.7
Density (kg/m <sup>3</sup> )	1000
Volume	83.22291

d. Berat Makanan	9.9
Crew & visitors	30
10 kg/orang/hari untuk persediaan 30 hari	
Wf	9.9
e.Crew + Luggage	0.675
crew(5 orang)	0.375
75 Kg/org	
Luggage	0.3
60 Kg/org	
TOTAL(Ton)	110.9159302

<b>Lantai 2</b>	
a.Visitors + Luggage	1.35
Visitors (10 orang)	0.75
75 Kg/org	
Luggage	0.6
60 Kg/org	
TOTAL(Ton)	1.35

<b>Lantai 3</b>	
a.Visitors + Luggage	1.215
Visitors (9 orang)	0.675
75 Kg/org	
Luggage	0.54

60 Kg/org	
TOTAL (Ton)	1.215

<b>Lantai 4</b>	
a.Visitors + Luggage	0.81
Visitors (6 orang)	0.45
75 Kg/org	
Luggage	0.36
60 Kg/org	
TOTAL (Ton)	0.81

Maka total DWT Cottage terapung yaitu 530.29 Ton

Setelah nilai LWT dan DWT diketahui, maka akan didapatkan berat kapal keseluruhan

$$\Delta = LWT + DWT$$

$$\Delta = 511.12 + 530.29 = 1041.41 \text{ Ton}$$

Sehingga presentase perbandingan displacement rancangan dengan displacement aktual sebesar ;

$$\text{perbandingan } \Delta = \frac{1053,065 - 1041.41}{1053,065} = 1,11 \%$$

Perbandingan yang baik yaitu kurang dari 1%. Nilai displacement yang didapatkan memiliki selisih sekitar 12 ton, nilai ini masih dapat ditoleransi untuk mengatasi adanya tambahan muatan yang belum dapat terhitung di perencanaan.

### 3.5.6 Sistem Kelistrikan

Kebutuhan listrik tiap lantai dapat dijabarkan sebagai berikut

**Tabel 3.9** Kebutuhan Listrik tiap lantai

Lantai 1				
ruangan	item	jumlah	daya (Watt)	daya total
bedroom	lampu tidur	8	5	40
	lampu ruang	8	18	144
	lampu tv	5	18	90
	TV LCD	1	40	40
	AC	3	1000	3000
	other appliances	1	2000	2000
toilet	lampu	6	18	108
	hairdyer	1	60	60
	other appliances	1	1000	1000
	hand dryer	1	650	650
laundry room	mesin cuci	3	360	1080
	dryer	2	1000	2000
	Exhaust	2	50	100
	lampu	5	18	90
	other appliances	1	2000	2000
co2 room	lampu	4	18	72
galley	ruangan pendingin	1	500	500
	lampu	10	18	180
	cooking appliances	10	100	1000
	dispenser	1	100	100
	Gym	lampu	6	18

	AC	2	1000	2000
	dispenser	1	100	100
	Gym Appliances	3	1500	4500
medical room	lampu	6	18	108
	AC	1	1000	1000
	medical appliances	1	2000	2000
pump room	pompa ballast	2	2000	4000
	fresh water pump	2	2000	4000
	sewage pump	2	2000	4000
hallway	lampu	15	18	270
	etc	1	1000	1000
<b>TOTAL</b>				<b>37340 Watt</b>

Lantai 2					
ruangan	item	jumlah	daya (Watt)	daya total	4 kamar
bedroom	lampu tidur	8	5	40	160
	lampu ruang	8	18	144	576
	lampu tv	5	18	90	360
	TV LCD	1	40	40	160
	AC	3	1000	3000	12000
	other appliances	1	2000	2000	8000
toilet	lampu	6	18	108	432
	hairdyer	1	60	60	240
	hand dryer	1	650	650	2600
	other appliances	1	2000	2000	8000
hallway	lampu	15	18	270	1080

	other appliances	1	2000	2000	8000
<b>TOTAL</b>					<b>41608 Watt</b>

Lantai 3					
ruangan	item	jumlah	daya (Watt)	daya total	
living room	lampu	30	18	540	
	other	1	3000	3000	
	AC	2	6000	12000	
outdoor	jacuzzi	1	2000	2000	
	lampu	25	18	450	
<b>TOTAL</b>					<b>17990 Watt</b>

Lantai 4					
ruangan	item	jumlah	daya (Watt)	daya total	2 kamar
bedroom	lampu tidur	8	5	40	80
	lampu ruang	8	18	144	288
	lampu tv	5	18	90	180
	TV LCD	1	40	40	80
	AC	3	1000	3000	6000
	other appliances	1	2000	2000	4000
toilet	lampu	6	18	108	216
	hairdyer	1	60	60	120
	hand dryer	1	650	650	1300
	other appliances	1	2000	2000	4000



hallway	lampu	15	18	270	540
	other appliances	1	2000	2000	4000
<b>TOTAL</b>					<b>20804 Watt</b>

Sehingga total kebutuhan listrik yaitu sebesar 117.742 kW

### 3.6 Sistem Proteksi dan Perbaikan

Dalam konsep desain, proteksi dan perbaikan terhadap suatu struktur terapan haruslah direncanakan dengan baik. Semakin umum cara proteksi dan perbaikan bangunan akan semakin mempermudah proses dan juga akan menghemat biaya.

Sistem proteksi yang dilakukan yaitu dengan cara melakukan pengecatan pada bagian lambung dan pemasangan zinc anode untuk menghindari kerusakan pada lambung akibat korosi. Berikut ini merupakan formula untuk menghitung luas area pengecatan yang akan dilakukan untuk lambung kapal bagian luar dan jumlah zinc anoda yang akan dipasang :

- Area pengecatan di bawah air

$$\text{Area} = [(0.5 \times BM) + LPP] \times 2 \times \text{tinggi daerah dibawah air}$$

$$\text{Area} = [(0.5 \times 18) + 18] \times 2 \times 4 = 216 \text{ m}^2$$

- Area pengecatan diatas air

$$\text{Area} = [LOA + (0.5 \times BM)] \times 2 \times \text{tinggi daerah diatas air}$$

$$\text{Area} = [18 + (0.5 \times 18)] \times 2 \times 4 = 216 \text{ m}^2$$

- Jumlah Zinc Anode yang dibutuhkan

$$\text{Weight zinc Anode} = \frac{\text{Current amps} \times \text{design life (years)} \times K}{\text{Capacity of material (amp} \frac{\text{hours}}{\text{kg}})}$$

$$\text{Dengan; Current amps} = \frac{\text{Underwater area} \times \text{current density}(20)}{1000} = 4.32 \text{ mA}$$

$$\text{Design life} = \text{siklus tahun untuk melakukan dry docking} = 3$$

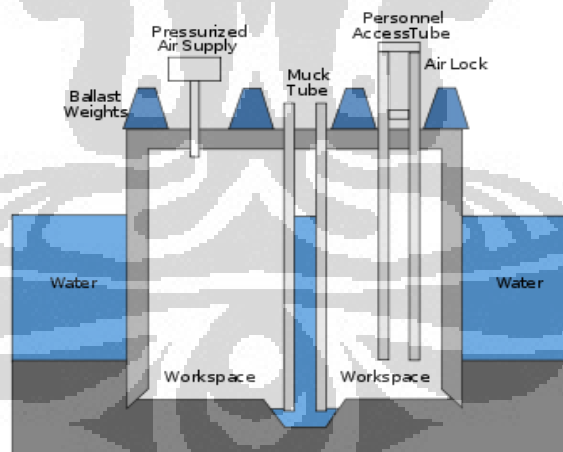
$K$  = Jumlah jam pertahun

Maka berat zinc anoda yang dibutuhkan yaitu

$$\text{Weight zinc Anode} = \frac{4.32 \times 3 \times 8760}{781} = 145.36 \text{ kg}$$

Waktu pengecekan kerusakan yang mungkin terjadi pada konstruksi bangunan dilakukan hampir menyerupai dengan waktu pengecekan konstruksi kapal. Untuk bagian-bagian diatas air pengecekan dilakukan setiap tahun, sedangkan untuk bagian dibawah air dilakukan proses pengecekan dengan *dry docking* dengan periode 3 tahun sekali.

Cottage terapung ini tidak memiliki mesin penggerak, sehingga jika terjadi kerusakan di bagian yang terletak di bawah air harus melakukan proses *dry docking* yang berada di galangan dengan cara menariknya dengan tug boat. Hal ini sangatlah menyulitkan. Terdapat satu alternatif melakukan *dry docking* tanpa harus membawa bangunan ke galangan yaitu dengan menggunakan sistem repair *cassion*. Cassion merupakan *floating dry dock*. Cassion dirancang agar air dapat dipompa keluar, sehingga lingkungan kerja tetap kering. Instalasi Cassion dilakukan dengan cara membawa turun cassion hingga melalui lumpur lunak sampai bahan dasar yang sesuai ditemui.



Gambar 3.22 Caisson

### 3.7 Estimasi Awal Biaya

Estimasi biaya yang akan ditampilkan merupakan biaya bangunan diluar biaya furniture. Perhitungan estimasi biaya dilakukan untuk mengetahui tingkat

kelayakan Cottage terapung ini untuk dibangun. Berdasarkan data Iperindo, komponen biaya pembangunan satu unit kapal baru mencakup biaya pengadaan mesin dan konstruksi badan kapal yang masing-masing menelan sekitar 50% dari total harga kapal. Sementara itu, biaya jasa konstruksi kapal berkisar 20% dari total biaya konstruksi badan kapal atau 10% dari total harga kapal. Jadi besarnya PPh adalah 6% dari nilai 10% harga kapal tersebut.

**Tabel 3.10** Rincian Komponen Harga Bangunan

No	Nama	Jumlah	harga satuan	Total
<b>Konstruksi member</b>				
1	Side Sheel	73.23316496	\$500/ton	Rp366,165,824.80
2	Deck	61.3883345	\$500/ton	Rp306,941,672.50
3	Bracket	625	\$3/piece	Rp18,750,000.00
4	Stringer	3.18671064	\$500/ton	Rp15,933,553.20
5	Girder	50.24	\$500/ton	Rp251,200,000.00
6	Stiffner	88.44087576	\$500/Ton	Rp442,204,378.80
7	Stairs	5.475375	\$853/ton	Rp46,704,948.75
8	Jangkar (Set)	6.96	\$1700/ton	Rp118,320,000.00
9	Rantai Jangkar (Set)	2.3	\$1000/ton	Rp23,000,000.00
10	Railing	1.035258	\$500/ton	Rp5,176,290.00
<b>Ventilasi,Jendela,Pintu</b>				
1	Windows	22	\$100/unit	Rp22,000,000.00
2	Exhaust Fan	10	\$200/unit	Rp20,000,000.00
3	Air Conditioning	10	\$350/units	Rp35,000,000.00
4	Sky Light	3	\$250/units	Rp7,500,000.00
5	Pintu Kedap Air	4	\$1000/units	Rp40,000,000.00
6	Pintu	12	\$150/unit	Rp18,000,000.00
<b>Perlindungan Karat</b>				

1	Cat			
	- Cat primer	1000	Rp 45,000	Rp45,000,000.00
	- Cat Anti Karat (AC)	500	Rp 95,000	Rp47,500,000.00
	- Cat And Fouling (AF)	150	Rp 115,000	Rp17,250,000.00
	- Cat Bottom	300	Rp 85,000	Rp25,500,000.00
	- Cat Akhir (Finish)	450	Rp 55,000	Rp24,750,000.00
	- Cat Geladak (Deck)	150	Rp 65,000	Rp9,750,000.00
	- Epoxy	75	Rp 85,000	Rp6,375,000.00
	- Tar Epoxy	50	Rp 85,000	Rp4,250,000.00
	-Thinner	875	Rp 40,000	Rp35,000,000.00
2	Zinc Anode / Cathode Protection	150	Rp 65,000	Rp9,750,000.00
<b>Kelengkapan Alat SAR</b>				
1	Breathing Apparatus	3	Rp 1,500,000	Rp4,500,000.00
2	Oxigen Deman Valve	3	Rp 2,500,000	Rp7,500,000.00
3	Neck Coller	3	Rp 1,000,000	Rp3,000,000.00
4	Sea Survival Kit	4	Rp 2,500,000	Rp10,000,000.00
5	Folding Strecher	3	Rp 3,500,000	Rp10,500,000.00
6	Medical Trauma Kit	2	Rp 1,500,000	Rp3,000,000.00
7	Inflatable Life Raft Cap. 25 Persen	3	Rp 25,000,000	Rp75,000,000.00
8	Life Jacket Standart Standart SOLAS	40	Rp 80,000	Rp3,200,000.00
9	Life Bouy + Lampu + Tali	3	Rp 100,000	Rp300,000.00

10	Kotak P3K	3	Rp 100,000	Rp300,000.00
11	Parachute Signal	2	Rp 500,000	Rp1,000,000.00
12	Line Towing Appliances	2	Rp 150,000	Rp300,000.00
13	Red Hand Flare	5	Rp 200,000	Rp1,000,000.00
14	Smoke Signal	5	Rp 100,000	Rp500,000.00
<b>Pertengkapan Kebakaran</b>				
1	Hidran Selang dan Nozzle	1	Rp 2,000,000	Rp2,000,000.00
2	Portable Fire Extinguisher	5	Rp 300,000	Rp1,500,000.00
3	Tabung Pemadan CO2	5	Rp 1,500,000	Rp7,500,000.00
4	Fireman's Outfit	1	Rp 5,000,000	Rp5,000,000.00
<b>Mesin Bantu</b>				
1	Generator 500 Kw	2	Rp 10,000,000	Rp20,000,000.00
2	Pompa air laut	1	Rp 25,000,000	Rp25,000,000.00
3	Pompa Bilge / Got	1	Rp 25,000,000	Rp25,000,000.00
4	Pompa Air Tawar	1	Rp 25,000,000	Rp25,000,000.00
5	Pompa dinas Umum	1	Rp 25,000,000	Rp25,000,000.00
6	Pompa sewage	1	Rp 25,000,000	Rp25,000,000.00
<b>Perpipaan</b>				
1	System Pipa Duga & udara	1	Rp 30,000,000	Rp30,000,000.00
2	Sistem Air Tawar - Pipa	1	Rp 30,000,000	Rp30,000,000.00
	- KatupBola2Arah			
	- PompaTangan			
	- Filter			
	- KeranAir			
3	Sistem Bilga. Ballast &	1	Rp 40,000,000	Rp40,000,000.00

	Pendingin Air Laut			
	- Pipa			
	- Katup Bete 2 Arah			
	- Katup Sudut			
	- Filter			
	- Katup Boia 1 Arah			
4	Sistem Pemadam Kebakaran - Pipa Pemadam air Laut	1	Rp 30,000,000	Rp30,000,000.00
	- Pipa Pemadam C02 & Foam			
	- Katup Sola 2 Arah			
	- Katup Bola 1 Arah			
	- Hidran			
	- Corong Pemadam C02			
5	Sistem Sanitasi - Pipa	1	Rp 30,000,000	Rp30,000,000.00
	- Katup Bola 2 Arah			
	- Katup Bola 1 Arah			
	- Keran Air			
6	Sistem Pengeringan Geladak	1	Rp 30,000,000	Rp30,000,000.00
	- Pipa			
	- KatupBdalArahotomatis			
	- Katup Bob 1Arah manual			

7	Sistem Pembuangan Air Kotor	1	Rp 30,000,000	Rp30,000,000.00
	-Pipa			
	- KatupBola1 Arah			
	Sistem Bahan Bakar			
	-Pipa			
	- KatupBola 2 Arah			
	- PompaTangan			
	-Filter			
8	Sistem Minyak Lumas -Pipa	1	Rp 30,000,000	Rp30,000,000.00
	- Katup Sola 2 Arah			
	- Filter			
<b>Perlengkapan Listrik</b>				
1	Panel Surya	5,000	Rp 10,000/wats	Rp50,000,000.00
2	Inverter	1	Rp 5,000,000	Rp5,000,000.00
3	Pertengkanan Sumber dan Panel Hubung			
	- Baterei charger	3	Rp2,500,000	Rp7,500,000.00
	- Panel Hubung Utama(MSB)	1	Rp50,000,000	Rp50,000,000.00
	- Panel Hubung Darurat (Emergency switch Board)	1	Rp35,000,000	Rp35,000,000.00
	- Panel Hubung ke Darat (Shore Connecton)	1	Rp25,000,000	Rp25,000,000.00
	- Panel Distribusi Lampu Penerangan	1	Rp25,000,000	Rp25,000,000.00

	- Panel Lampu Navigasi	1	Rp25,000,000	Rp25,000,000.00
	- Panel Komunikasi	1	Rp25,000,000	Rp25,000,000.00
4	Kabel & fittings	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000.00
5	Lampu-lampu	1	Rp20,000,000	Rp20,000,000.00
<b>Jasa Galangan</b>		20% dari biaya konstruksi	Rp1,962,021,668.05	Rp392,404,333.61
<b>Jasa Pihak Ketiga</b>		1	Rp200,000,000	Rp200,000,000.00
<b>Ppn</b>		6%	Rp1,962,021,668.05	Rp117,721,300.08
<b>Total Harga Keseluruhan</b>				<b>Rp3,480,747,301.74</b>

Perkiraan harga kotor dari bangunan ini yaitu sebesar Rp3,480,747,301.74 . Harga ini tidaklah berbeda jauh dengan harga jual rumah yang berada di daratan, sehingga bangunan ini masih mungkin untuk dibangun untuk kalangan masyarakat Indonesia.



## BAB 4

### ANALISA KEKUATAN STRUKTUR COTTAGE TERAPUNG

#### 4.1 Kekuatan Memanjang

Ketika berada di laut, Cottage Terapung harus menghadapi kondisi laut yang bermacam-macam. Kondisi laut baik dalam keadaan tenang maupun dalam keadaan bergelombang akan memberi beban terhadap struktur Cottage Terapung. Apabila struktur tidak mampu menahan beban luar tersebut, maka bangunan akan memiliki tegangan yang lebih besar dari pada tegangan ijin material dan menyebabkan kerusakan yang dapat berakibat fatal. Selain itu, pembebanan yang tidak merata sepanjang lambung akan menyebabkan terjadinya tekukan/*Bending* karena struktur merupakan struktur yang elastis. Tekukan tersebut akan terjadi secara keseluruhan lambung bangunan. Untuk itu diperlukan perhitungan kekuatan lambung bangunan secara memanjang untuk mengetahui besar momen tekuk yang terjadi hingga dapat diketahui tegangan terbesar yang bekerja pada keseluruhan struktur. Nilai tegangan tersebut tidak boleh melebihi nilai tegangan material yang digunakan. Untuk dapat menghitung besarnya tegangan yang terjadi, maka harus diketahui terlebih dahulu jenis dan nilai beban yang bekerja. Dalam air yang tenang, beban yang terjadi akibat gravitasi dan air laut yaitu berat dan gaya apung. Selanjutnya dapat dihitung total pembebanan, gaya geser, dan moment bending.

##### 4.1.1 Distribusi Berat

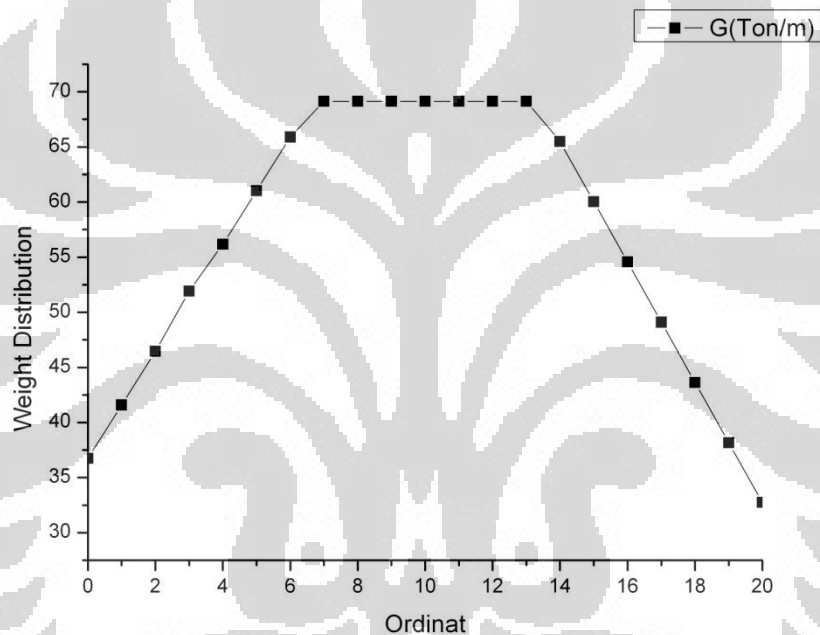
Distiribusi berat secara longitudinal dilakukan dengan membagi panjang bangunan menjadi 20 bagian yang sama besar. Berat kapal seluruhnya dihitung dengan menggunakan metode Biles agar diketahui distribusi berat lambung kapal. Dari metode Biles ordinat yang dapat diketahui beratnya secara langsung yaitu ordinat AP, FP dan  $2/3 L$ . Berat kapal keseluruhan yaitu sebesar 1041.41 ton. Dengan metode Biles maka nilai berat pada ordinat tersebut yaitu :

$$AP = 0.635 \frac{W}{L} = 0.56 \frac{1041.41}{18} = 36.73 \text{ ton/m} \quad (4.1.1)$$

$$\frac{2}{3}L = 1.195 \frac{W}{L} = 1.195 \frac{1041.41}{18} = 69.13 \text{ ton/m} \quad (4.1.2)$$

$$FP = 0.566 \frac{W}{L} = 0.566 \frac{1041.41}{18} = 32.476 \text{ ton/m} \quad (4.1.3)$$

Dari nilai-nilai diatas,selanjutnya dilakukan penggambaran untuk mengetahui nilai di tiap ordinat. Penggambaran dilakukan sesuai dengan gambar 4.1 dan hasil untuk tiap ordinat didapatkan sesuai dengan tabel 4.1



**Gambar 4.1** Kurva Distribusi berat Cottage Terapung

Dari kurva distribusi berat didapatkan bahwa berat terbesar terjadi pada ordinat 8 hingga ordinat 13. Hal ini dikarenakan pada ordinat tersebut terdapat bangunan atas yang menyebabkan berat pada ordinat tersebut menjadi tinggi. Berat maksimum yang terjadi pada strktur yaitu sebesar 69,1380 t/m. Sedangkan untuk ordinat lain nilai beratnya menjadi turun karena tidak terkena beban bangunan atas dan beban semakin kecil di bagian ujung-ujung bangunan.

**Tabel 4.1** nilai distribusi berat tiap ordinat

Ordinat	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G (ton/m)	36.7	41.5	46.4	54.3	56.1	61.0	65.90	69.14	69.14	69.14	69.14

Ordinat	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
G (ton/m)	69.14	69.14	69.14	65.49	60.03	54.56	49.10	43.63	38.17	32.75

#### 4.1.2 Gaya Apung

Besarnya gaya apung merupakan besaran dari gaya gelombang yang mengenai struktur bangunan. Terdapat dua kondisi gelombang yang terjadi pada struktur, gelombang tersebut yaitu gelombang sagging dan gelombang hogging. Kondisi Hogging memiliki karakteristik puncak gelombang berada di tengah kapal dan lembah gelombang berada di buritan dan haluan kapal. Sedangkan Kondisi Sagging memiliki puncak gelombang di buritan dan haluan kapal dan lembah gelombang berada di tengah kapal. Untuk perhitungan kekuatan memanjang Cottage Terapung, jenis gelombang yang akan digunakan yaitu gelombang hogging. Kondisi gelombang hogging mempunyai titik puncak pada bagian tengahnya yang membuat kapal ibarat sebuah balok yang ditekuk ke bawah, sehingga pada akhirnya bagian tengah kapal (midship) inilah yang akan mengalami tegangan paling besar yang berpotensi mengalami regangan berlebih hingga akhirnya struktur patah.

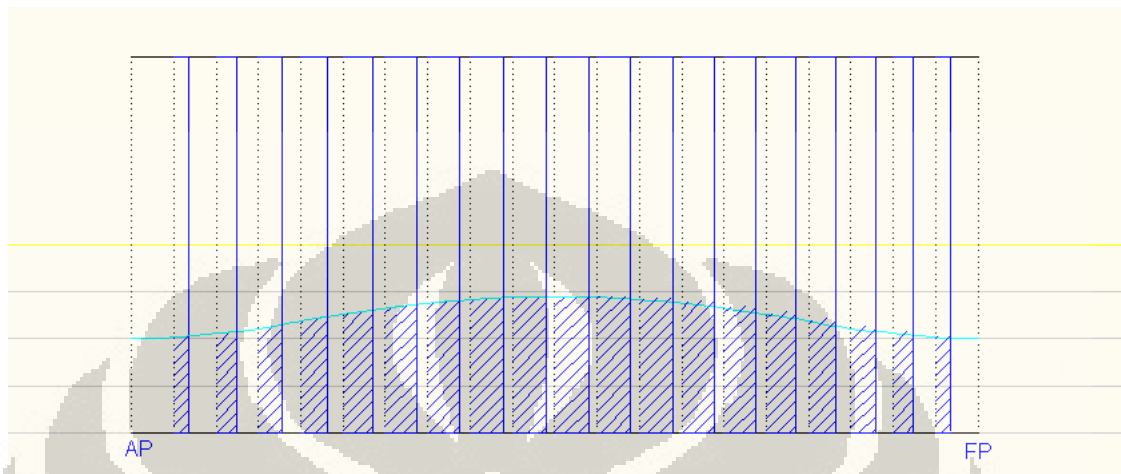
Untuk mengetahui besar gaya yang disebabkan oleh gelombang hogging, hal yang harus dilakukan yaitu membuat ordinat gelombang. Ordinat gelombang yang terjadi untuk Cottage Terapung dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$Y = \frac{LPP}{20} F(H) \quad (4.1.4)$$

**Tabel 4.2** Koordinat gelombang tiap interval x

<b>Faktor</b>	AP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>F(H)</b>	0	0.034	0.128	0.226	0.421	0.577	0.72	0.839	0.927	0.982	1
<b>Y</b>	0	0.030	0.115	0.203	0.378	0.519	0.64	0.755	0.834	0.883	0.9

Nilai  $Y$  dari kondisi gelombang hogging selanjutnya dimasukkan kedalam bonjean curve. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya pemindahan air akibat gelombang. Karena lambung berbentuk silindris, maka luas bonjen yang



terpengaruh oleh gelombang hogging akan bernilai sama di tiap ketinggian air. Displacement yang ditimbulkan akibat gelombang hogging ini bernilai 1041.432 ton, tidak berebeda jauh dengan displacement Cottage Terapung.

**Gambar 4.2** Gelombang Hogging yang mengenai luasan bidang air bangunan

Dari luasan sebenarnya, ordinat buoyancy  $B(x)$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$B(x) = Lxc \quad (4.1.4)$$

Dimana :

$L$  = luasan gading pada poros sebenarnya

$c$  =  $1.03 \text{ ton/m}^3$

Dari pengurangan besarnya gaya apung dengan berat bangunan ditiap ordinat maka didapatkan besar beban vertikal yang bekerja pada Cottage Terapung. Besarnya beban vertikal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

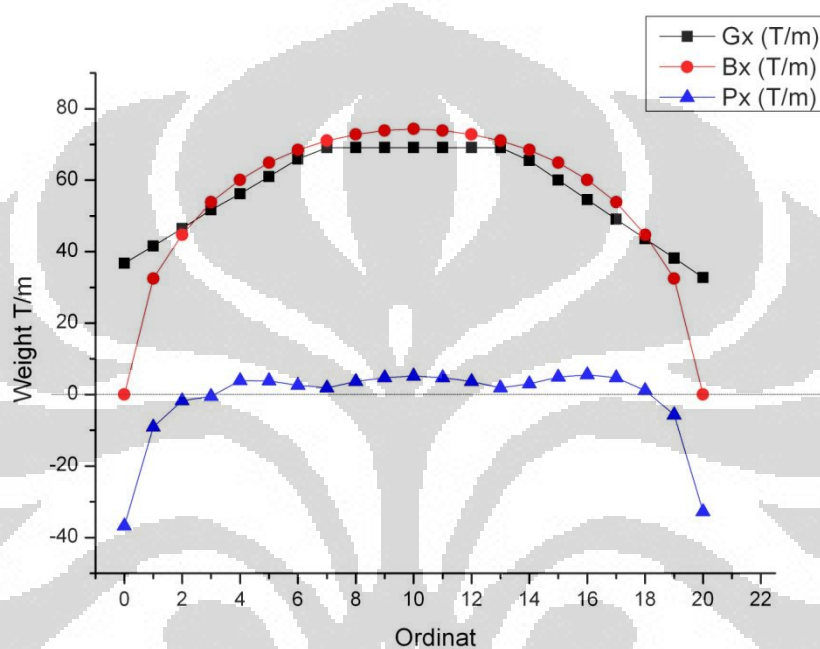
$$P(x) = B(x) - G(x) \quad (4.1.5)$$

**Tabel 4.3** Nilai gaya apung tiap ordinat

Ordinat	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

<b>B (ton/m)</b>	0	32.49	44.75	53.8	60.0	64.9	68.5	71.0	72.8	73.8	74.3
<b>P (ton/m)</b>	-36.7	-9.1	-1.7	-0.47	3.9	3.87	2.60	1.90	3.66	4.73	5.19

<b>Ordinat</b>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>B (ton/m)</b>	73.8	72.8	71.0	68.5	64.9	60.0	53.8	44.7	32.5	0
<b>P (ton/m)</b>	4.73	3.66	1.90	3.00	4.87	5.53	4.74	1.12	-5.68	-32.75



**Gambar 4.3** Kurva distribusi berat, gaya apung, dan beban vertikal tiap ordinat

Gaya apung terbesar akibat gelombang hogging terletak pada ordinat 10 yang merupakan *midship section* dari bangunan. Hal ini dikarenakan faktor hogging pada ordinat 10 bernilai 1 atau maksimum sehingga nilai ordinat gelombangnya sebesar 0.9 m atau sama dengan jarak interval ordinat bangunan. Selain hal tersebut, pada ordinat 10 luasan bidang bonjean bernilai maksimum, sehingga menimbulkan gaya tekan keatas atau gaya apung yang maksimum pula.

#### 4.1.3 Gaya Geser dan Momen tekuk

Besarnya gaya geser yang bekerja pada struktur dapat diketahui dengan cara mengintegrasikan besarnya beban vertikal yang terjadi. Setelah gaya geser

diketahui, maka selanjutnya nilai momen tekuk yang terjadi akibat beban struktur dan gelombang dapat diketahui dengan mengintegrasikan nilai gaya geser.

$$S(x) = \int P(x) \quad (4.1.6)$$

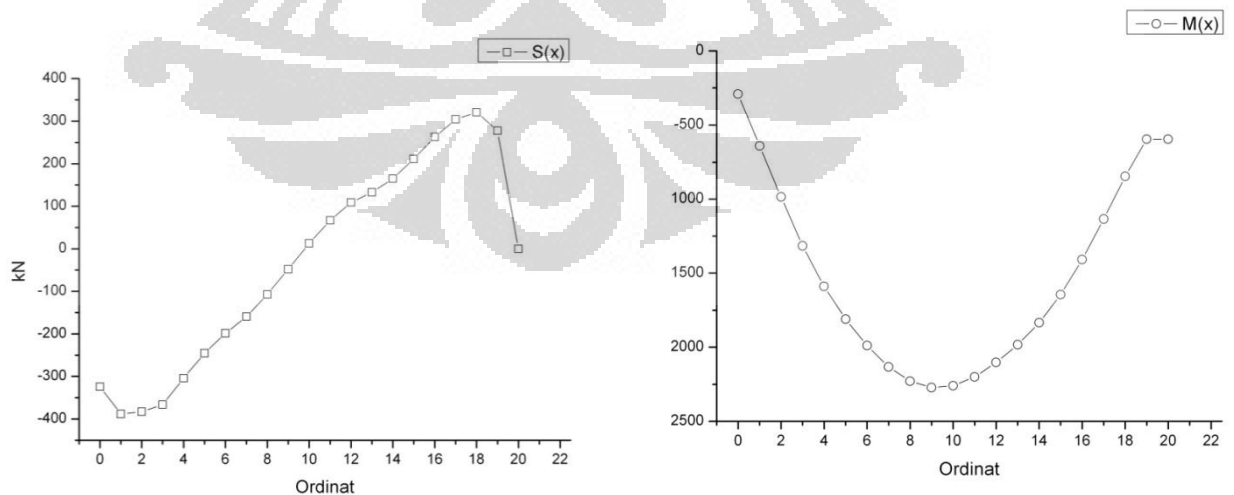
$$M(x) = \int S(x) \quad (4.1.7)$$

**Tabel 4.4** Nilai gaya geser dan moment tiap ordinat

Ordinat	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Shear Force (ton)	-33	-39	-39	-37	-31	-25	-20	-16	-11	-4.9	1.3
Moment (T.m)	-29	-65	-100	-134	-162	-184	-202	-217	-227	-231	-230

Ordinat	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Shear Force (ton)	7	11	14	17	22	27	31	33	28	0
Moment (T.m)	-225	-215	-202	-187	-168	-144	-116	-86	-61	-61

Nilai momen tekuk bergantung dengan besarnya gaya geser yang terjadi. Momen tekuk terbesar berada pada ordinat 9 yang merupakan daerah sekitar tengah bangunan. Hal ini terjadi karena beban vertikal bernilai yang bernilai besar melawan beban gelombang hogging yang maksimum sehingga momen tekuk yang terjadi sangat besar dibagian tengah bangunan. Momen tekuk yang terbesar bernilai -231 T.m. nilai moment tekuk terbesar ini selanjutnya akan digunakan sebagai acuan untuk menghitung tegangan pada struktur secara longitudinal.



**Gambar 4.4** Kurva gaya geser dan moment tiap ordinat

Universitas Indonesia

#### 4.1.4 Modulus Penampang Bangunan

Untuk menghitung besarnya modulus penampang bangunan, profil yang digunakan yaitu profil tengah dari bangunan. Setiap profil dihitung momen inersianya terhadap garis dasar bangunan ( $I$ ), dan jarak titik beratnya terhadap garis dasar bangunan ( $Z_i$ ).

Inersia tiap profil dapat dihitung :

$$I = \frac{a \times b^3}{12} \quad (4.1.8)$$

Dengan a= Lebar profil

b= Tinggi profil

Profil yang dihitung merupakan profil di bagian bawah hingga profil di geladak cuaca di *startboard* dan *portside*. Berikut ini merupakan perhitungan untuk profil di bagian *startboard*. Untuk profil bagian *portside* nilai untuk masing-masing profil sama dengan bagian *startboard*. Dari hasil perhitungan profil *portside* dan *startboard* ini maka didapatkan sumbu netral untuk penampang tengah.

Tabel 4.5 Karakteristik dan Inersia profil Startboard

Bagian	No.	Member/Part	Width(a) (cm)	Height(b) (cm)	Fi (cm <sup>2</sup> )	Zi	Fi.Zi (cm <sup>3</sup> )	Fi.Zi <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	I=axb <sup>3</sup> :12	I = Fi.Zi <sup>2</sup> +i
Bottom	1	Plate Bottom	900	1.2	1080	0.6	648	388.8	129.6	518.4
	2	Circular stiffner Web 5	1	12	12	7.2	86.4	622.08	1	623.08
		Circular stiffner Flange 5	12	1	12	13.7	164.4	2252.28	1	2253.28
	3	Circular stiffner Web 4	1	12	12	7.2	86.4	622.08	1	623.08
		Circular stiffner Flange 4	12	1	12	13.7	164.4	2252.28	1	2253.28
	4	Circular stiffner Web 3	1	12	12	7.2	86.4	622.08	1	623.08
		Circular stiffner Flange 3	12	1	12	13.7	164.4	2252.28	1	2253.28
	5	Circular stiffner Web 2	1	12	12	7.2	86.4	622.08	1	623.08
		Circular stiffner Flange 2	12	1	12	13.7	164.4	2252.28	1	2253.28
	6	Circular stiffner Web 1	1	12	12	7.2	86.4	622.08	1	623.08
	Circular stiffner Flange 1	12	1	12	13.7	164.4	2252.28	1	2253.28	
Deck 1	7	Circular stiffner Flange 5	12	1	12	138.5	1662	230187	1	230188
		Circular stiffner Web 5	1	12	12	145	1740	252300	1	252301
	8	Circular stiffner Flange 4	12	1	12	138.5	1662	230187	1	230188
		Circular stiffner Web 4	1	12	12	145	1740	252300	1	252301
	9	Circular stiffner Flange 3	12	1	12	138.5	1662	230187	1	230188
		Circular stiffner Web 3	1	12	12	145	1740	252300	1	252301
	10	Circular stiffner Flange 2	12	1	12	138.5	1662	230187	1	230188
	Circular stiffner Web 2	1	12	12	145	1740	252300	1	252301	



	11	Circular stiffner Flange 1	12	1	12	138.5	1662	230187	1	230188
		Circular stiffner Web 1	1	12	12	145	1740	252300	1	252301
	12	Plate Deck 1	900	1	900	151.5	136350	20657025	75	20657100
Deck 2	14	Side Stringer Web	1	20	20	300	6000	1800000	1.6667	1800001.67
		Side Stringer Flange	20	1	20	310.5	6210	1928205	1.66667	1928206.67
	15	Circular stiffner Flange 5	12	1	12	458.5	5502	2522667	1	2522668
		Circular stiffner Web 5	1	12	12	465	5580	2594700	1	2594701
	16	Circular stiffner Flange 4	12	1	12	458.5	5502	2522667	1	2522668
		Circular stiffner Web 4	1	12	12	465	5580	2594700	1	2594701
	17	Circular stiffner Flange 3	12	1	12	458.5	5502	2522667	1	2522668
		Circular stiffner Web 3	1	12	12	465	5580	2594700	1	2594701
	18	Circular stiffner Flange 2	12	1	12	458.5	5502	2522667	1	2522668
		Circular stiffner Web 2	1	12	12	465	5580	2594700	1	2594701
	19	Circular stiffner Flange 1	12	1	12	458.5	5502	2522667	1	2522668
		Circular stiffner Web 1	1	12	12	465	5580	2594700	1	2594701
	20	Plate Deck 2	900	1	900	471.5	424350	200081025	75	200081100
Deck 3	22	Side Stringer Web	1	20	20	620	12400	7688000	1.666667	7688001.67
		Side Stringer Flange	20	1	20	630.5	12610	7950605	1.66667	7950606.67
	23	Circular stiffner Flange 5	12	1	12	788.5	9462	7460787	1	7460788
		Circular stiffner Web 5	1	12	12	795	9540	7584300	1	7584301
	24	Circular stiffner Flange 4	12	1	12	788.5	9462	7460787	1	7460788
		Circular stiffner Web 4	1	12	12	795	9540	7584300	1	7584301
	25	Circular stiffner Flange 3	12	1	12	788.5	9462	7460787	1	7460788
		Circular stiffner Web 3	1	12	12	795	9540	7584300	1	7584301
	26	Circular stiffner Flange 2	12	1	12	788.5	9462	7460787	1	7460788

		Circular stiffner Web 2	1	12	12	795	9540	7584300	1	7584301
	27	Circular stiffner Flange 1	12	1	12	788.5	9462	7460787	1	7460788
		Circular stiffner Web 1	1	12	12	795	9540	7584300	1	7584301
	28	Plate Deck 2	900	1	900	801.5	721350	578162025	75	578162100
Deck 4	29	Circular stiffner Flange 4	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 4	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	30	Circular stiffner Flange 3	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 3	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	31	Circular stiffner Flange 2	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 2	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	32	Circular stiffner Flange 1	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 1	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
Deck 5	33	Circular stiffner Flange 4	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 4	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	34	Circular stiffner Flange 3	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 3	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	35	Circular stiffner Flange 2	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 2	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	36	Circular stiffner Flange 1	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 1	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
Deck 6	37	Circular stiffner Flange 4	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 4	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	39	Circular stiffner Flange 3	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 3	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
	40	Circular stiffner Flange 2	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764

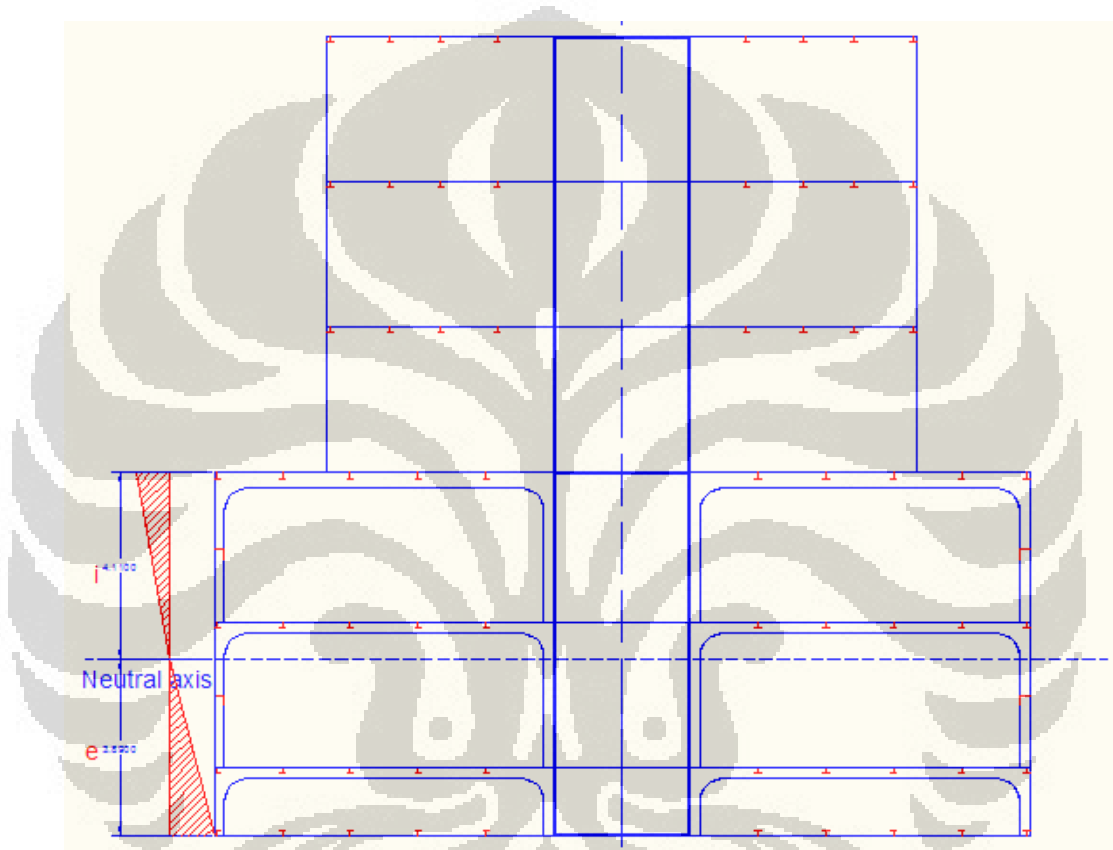
		Circular stiffner Web 2	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
41		Circular stiffner Flange 1	12	1	12	1080.5	12966	14009763	1	14009764
		Circular stiffner Web 1	1	12	12	1087	13044	14178828	1	14178829
Total profil <i>Starboard</i> dan <i>Portside</i>				Σ0	9256	Σ1	3601444		Σ2	2519539736

Sumbu netral dapat dihitung dengan

$$e = \frac{\sum F_i x z_i}{\sum F_i} = \frac{3601444}{9256} = 389.09 \text{ cm} = 3.89 \text{ m} \quad (4.1.9)$$

Sehingga

$$i = H - e = 800 \text{ cm} - 389.09 \text{ cm} = 410.9 \text{ cm} = 4.11 \text{ m} \quad (4.1.10)$$



**Gambar 4.5** Modulus penampang *midship section*

Penampang terbagi menjadi dua setelah sumbu netral diketahui. Sumbu netral tidak berada tepat di penguat samping dari bangunan, hal ini sedikit mengkhawatirkan dikarenakan momen maksimum akan terjadi pada sumbu netral, untuk itu dilakukan perbaikan letak stringer di lantai 2. Selanjutnya modulus untuk tiap-tiap bagian dapat dihitung dengan :

$$We = \frac{\sum (F_i x z_i^2) + I}{e} = \frac{2519539736}{389.09} = 6475419.247 \text{ cm}^3 \quad (4.1.11)$$

$$W_i = \frac{\sum((F_i \times Z_i^2) + I)}{i} = \frac{2519539736}{410.9} = 6131653.149 \text{ cm}^3 \quad (4.1.12)$$

Tegangan yang diizinkan untuk bagian diatas dan dibawah sumbu netral tidak boleh melebihi dari tegangan material yang digunakan ( $1100 \text{ kg/cm}^3$ ). Nilai tegangan dihitung dengan menggunakan nilai moment maksimum sebagai acuan. Sehingga perhitungan menjadi :

$$\tau_e = \frac{M_{max}}{W_e} = \frac{23186493.58}{6475419.247} = 3.58 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.1.13)$$

$$\tau_i = \frac{M_{max}}{W_i} = \frac{23186493.58}{6131653.149} = 3.78 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.1.14)$$

Nilai tegangan penampang tengah tidak melebihi dari tegangan yang diizinkan. Sehingga dapat diketahui bahwa struktur memiliki ketahanan untuk menghadapi beban gelombang secara longitudinal

Jika dibandingkan dengan tegangan yang dimiliki material maka faktor keselamatan yang diperoleh untuk tegangan di bagian bawah dan atas yaitu sebesar;

$$\text{safety factor} = \frac{\tau}{\tau_e} = \frac{1100}{3.58} = 307.2$$

$$\text{safety factor} = \frac{\tau}{\tau_i} = \frac{1100}{3.78} = 290.8$$

Nilai safety factor yang didapatkan sangatlah besar, hal ini mengartikan bangunan ini memiliki tingkat keamanan yang sangat tinggi. Akan tetapi safety factor yang biasa digunakan industri bernilai 2, sehingga untuk selanjutnya safety factor dapat diperkecil. Agar nilai safety factor yang didapat menjadi kecil, maka dimensi dari profil struktur dapat dikurangi besarnya. Memperkecil nilai safety factor dalam kasus ini bisa mendatangkan beberapa keuntungan seperti mengurangi biaya dan berat dari konstruksi kapal.

## 4.2 Kekuatan Melintang

Selain kekuatan memanjang, hal yang harus diketahui yaitu kekuatan melintang struktur. Perhitungan Kekuatan melintang struktur dimaksudkan untuk mengetahui nilai tegangan yang terjadi pada konstruksi melintang. Beban yang diterima oleh konstruksi melintang diakibatkan oleh beban pada geladak dan tekanan hidrostatis sehingga timbulah perbedaan moment untuk tiap-tiap profil. Perhitungan kekuatan melintang akan menghasilkan nilai tegangan untuk tiap-tiap profil melintang. Langkah pertama perhitungan yaitu menentukan jenis dan besarnya beban yang bekerja pada struktur, selanjutnya dilakukan perhitungan modulus profil melintang. Setelah nilai modulus penampang diketahui, selanjutnya melakukan perhitungan distribusi momen dengan menggunakan metode cross. Nilai momen yang didapatkan selanjutnya dibagi dengan nilai modulus sehingga didapatkan nilai tegangan tiap profil.

### 4.2.1 Perhitungan Beban

Beban yang mempengaruhi struktur melintang diantaranya yaitu beban geladak cuaca, beban samping, beban alas bawah, dan beban internal. Beban-beban ini dihitung pada kondisi air dalam keadaan tenang. Hal ini dikarenakan beban pada saat air bergelombang lebih mempengaruhi struktur memanjang bangunan. Perhitungan beban yang bekerja pada struktur mengacu pada peraturan badan klasifikasi *Bureau Veritas*.

#### a. Beban Geladak

Beban geladak utama bernilai

$$Pd = 10 \varphi_1 \varphi_2 \quad (4.2.1)$$

Dengan  $F_d$  = merupakan beban geladak ( $\text{Kn/m}^2$ )

$\varphi_1$  = Koeffisien tekanan geladak, dengan nilai 0.75 untuk geladak bangunan atas.

$\varphi_2$  = Koeffisien tekanan geladak, dengan nilai  $L/20$  untuk struktur dengan  $L < 120$

$$Pd = 10 \times 0.75 \times \left(\frac{9}{20}\right) = 3.375 \frac{kN}{m^2} = 0.345 \frac{t}{m^2} \times 1 m = 0.345 t/m$$

b. Beban Samping dan alas bangunan

Tekanan eksternal yang berasal dari air laut akan menjadi beban bagi struktur lambung Cottage Terapung. Tekanan eksternal yang terjadi pada bagian samping dan bawah bangunan dapat dihitung dengan formula sebagai berikut

$$P_S = \rho g(T_1 - z) \quad (4.2.2)$$

Dengan  $\rho$  = Massa jenis air laut  $1,025 t/m^3$   
 $T_1$  = Tinggi draft di midship  
 $z$  = z-kordinat

$$P_S = 1,025 \times 9,81 \times (4 - 0) = 40.221 kN.m^2 \times 1 m = 4.10 t/m$$

c. Beban Alas Dalam

Selain tekanan dari luar, bangunan juga mengalami tekanan dari fluida cair dari dalam. Seperti cairan di tangki ballast, dan cairan di tangki-tangki lainnya. Perhitungan tekanan internal fluida di ballast dihitung dengan formula sebagai berikut :

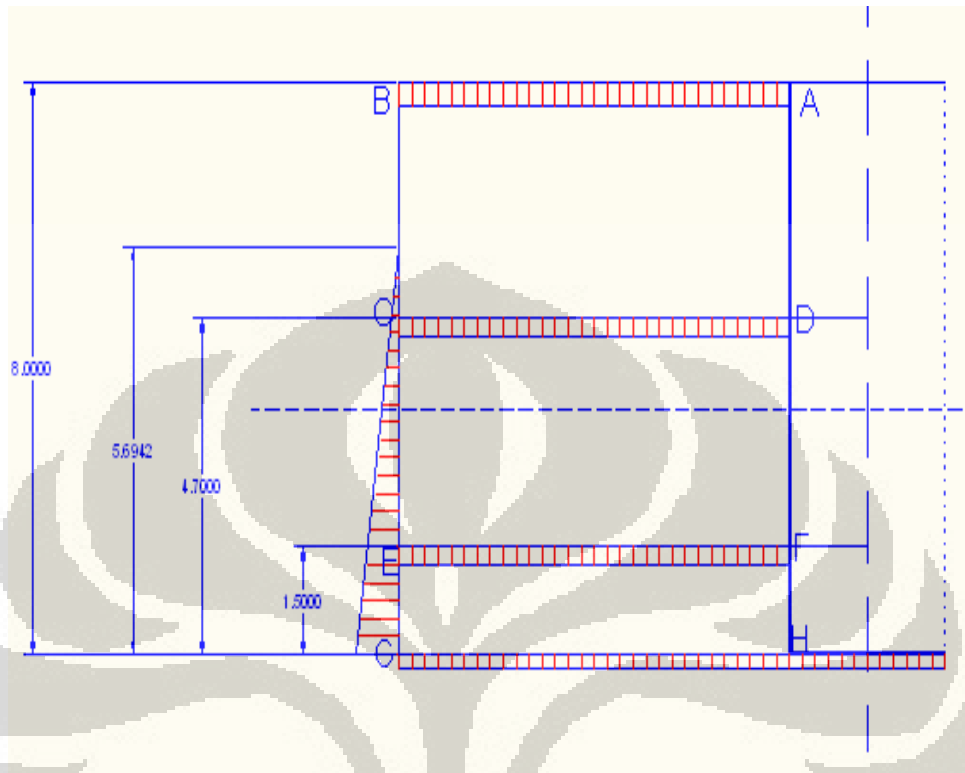
$$P_{SD} = \rho g(Z_L - z) \quad (4.2.3)$$

Dengan  $Z_L$  = z-kordinat dari point tertinggi liquid

$$P_{SD} = 1,025 \times 9,81 \times (1.4 - 0)$$

$$P_{SD} = 14.07 kN/m^2$$

#### 4.2.2 Modulus Penampang Melintang



**Gambar 4.6** Sketsa pembebanan kekuatan melintang bangunan

Modulus penampang untuk setiap profil melintang bangunan dapat dihitung dengan cara yang sama seperti menghitung modulus penampang kekuatan memanjang. Pada kekuatan melintang terdapat beberapa profil yang memiliki karakteristik yang sama, sehingga modulus yang didapatkan akan sama.

##### a. Penumpu Melintang $AB=CD=EF=GH$

Profil	1	2	3	$1 \times 2 = 4$	$3 \times 4 = 5$	$3 \times 5 = 6$	$(1/12) \times 1 \times 2^3 = 7$	$8=7+6$
BC( 12 x 1)	b	h	$z_i$	$F_i$	$F \times a$	$F \times z_i^2$	$I = (1/12) \times b \times h^3$	$I+6$
Luas I	12	1	0.5	12	6	3	1	4
Luas II	1	12	7	12	84	588	1	589
Luas III	150	1	13.5	150	2025	27338	13	27350
			<b>Total</b>	174	2115	27929	15	27943

Sehingga nilai



$$e = \frac{\sum F_i \times Z_i}{\sum F_i} = \frac{2115}{174} = 12 \text{ cm}$$

$$We = \frac{\sum((F_i \times Z_i^2) + I)}{e} = \frac{27943}{12} = 2299 \text{ cm}^3$$

**b. Penumpu Melintang BC=CE=EG**

Profil	1	2	3	1 x 2 = 4	3 x 4 = 5	3 x 5 = 6	(1/12) x 1 x 2 <sup>3</sup> = 7	8=7+6
BC( 12 x 1)	b	h	z <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>	F x a	F x z <sub>i</sub> <sup>2</sup>	I = (1/12) x b x h <sup>3</sup>	I+6
Luas I	20	1	0.5	20	10	5	1.66	6.67
Luas II	1	22	12	22	264	3168	1.83	3169.8
Luas II	20	1	23.5	20	470	11045	666.67	11711.6
			<b>Total</b>	62	744	14218	670.16	14888.1

Sehingga nilai

$$e = \frac{\sum F_i \times Z_i}{\sum F_i} = \frac{744}{62} = 12 \text{ cm}$$

$$We = \frac{\sum((F_i \times Z_i^2) + I)}{e} = \frac{14888.1}{12} = 1240.68 \text{ cm}^3$$

### 4.2.3 Distribusi Momen dengan Metode Cross

Untuk dapat menghitung momen yang bekerja pada tiap profil, maka salah satu cara yang dilakukan yaitu menggunakan metode distribusi momen Cross. Untuk dapat menghitung distribusi momen hal pertama yang harus dilakukan yaitu menghitung nilai kekakuan tiap profil, menghitung angka distribusi, dan menghitung momen primer yang bekerja.

**a. Faktor Kekakuan**

Faktor kekakuan merupakan kekakuan yang terjadi pada profil yang dihitung per satuan panjang profil.

$$K_{AB} = K_{CD} = K_{EF} = K_{GH} = \frac{I}{L} = \frac{2794/100}{9} = 31.04 \quad (4.2.4)$$

$$K_{BC} = K_{CE} = K_{EG} = \frac{I}{L} = \frac{14888.1/100}{9} = 46.52$$

**b. Faktor Distribusi**

$$V_{AB} = \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{BC}} = \frac{31.04}{31.04 + 46.52} = 0.40$$

$$V_{BC} = \frac{K_{BC}}{K_{AB} + K_{BC}} = \frac{46.52}{31.04 + 46.52} = 0.599$$

$$V_{CB} = \frac{K_{CB}}{K_{BC} + K_{cd} + K_{ce}} = \frac{46.52}{46.52 + 31.04 + 46.52} = 0.37$$

$$V_{CD} = \frac{K_{CD}}{K_{BC} + K_{cd} + K_{ce}} = \frac{31.04}{46.52 + 31.04 + 46.52} = 0.25$$

$$V_{CE} = \frac{K_{CE}}{K_{BC} + K_{cd} + K_{ce}} = \frac{46.52}{46.52 + 31.04 + 46.52} = 0.37$$

$$V_{EC} = \frac{K_{CE}}{K_{CE} + K_{EF} + K_{EG}} = \frac{46.52}{46.52 + 31.04 + 46.52} = 0.37$$

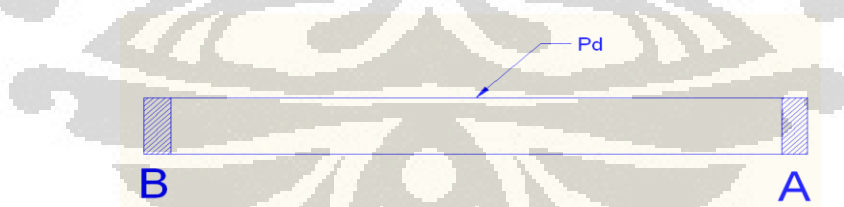
$$V_{EF} = \frac{K_{EF}}{K_{CE} + K_{EF} + K_{EG}} = \frac{31.04}{46.52 + 31.04 + 46.52} = 0.25$$

$$V_{EG} = \frac{K_{EG}}{K_{CE} + K_{EF} + K_{EG}} = \frac{46.52}{46.52 + 31.04 + 46.52} = 0.37$$

$$V_{GE} = \frac{K_{EG}}{K_{EG} + K_{GH}} = \frac{46.52}{31.04 + 46.52} = 0.599$$

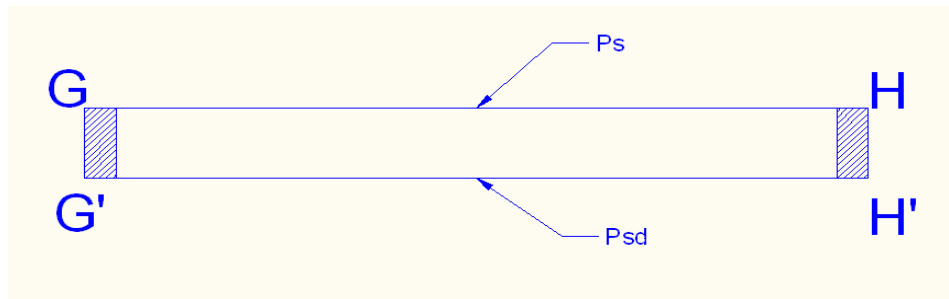
$$V_{GH} = \frac{K_{GH}}{K_{EG} + K_{GH}} = \frac{31.04}{31.04 + 46.52} = 0.40$$

c. Distribusi Momen Primer



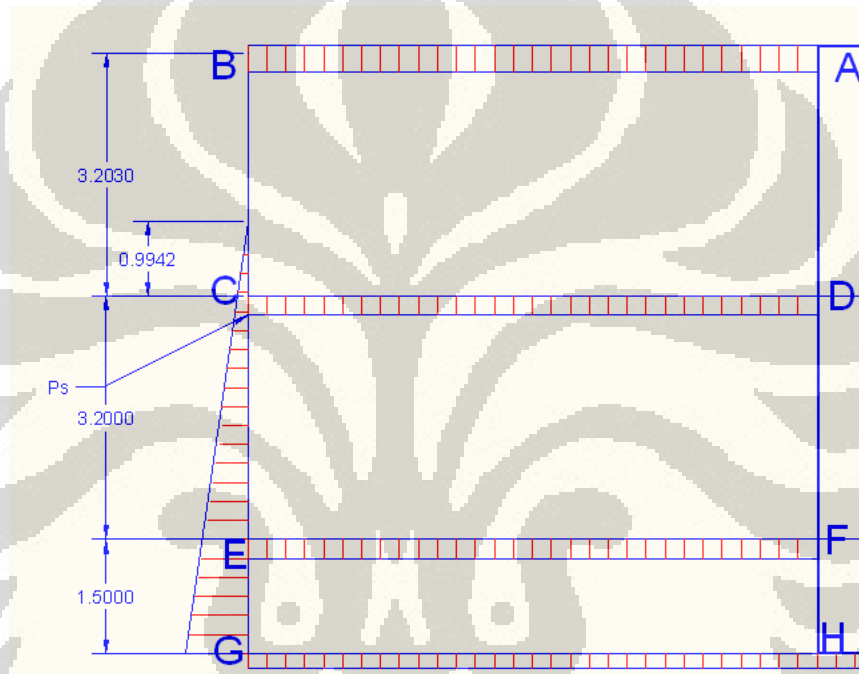
Gambar 4.7 Momen Primer penampang AB

$$M_{BA} = M_{CD} = M_{EF} = \frac{P_d \times L^2}{12} = \frac{0.34 \times 9^2}{12} = 2.32$$



Gambar 4.8 Momen Primer penampang GH

$$M_{GH} = M_{CD} = M_{EF} = \frac{(P_{sd} - P_s) \times L^2}{12} = \frac{2.6672 \times 9^2}{12} = 2.00$$



Gambar 4.9 Momen Primer penampang BCEG

$$M_{BC} = -\frac{(P_s x a^2)}{60} \times \left( \left( 5 \times \frac{a}{l} \right) - \left( 3 \times \frac{a^2}{l^2} \right) \right) \quad (4.2.5)$$

$$\begin{aligned} M_{BC} &= -\frac{(4.1 \times 0.9942^2)}{60} \times \left( \left( 5 \times \frac{0.9942}{3.2} \right) - \left( 3 \times \frac{0.9942^2}{3.2^2} \right) \right) \\ &= -0.085 \end{aligned}$$

$$M_{CB} = -\frac{(P_s x a^2)}{60} \times \left( 10 - \left( 10 \times \frac{a}{l} \right) + \left( 3 \times \frac{a^2}{l^2} \right) \right) \quad (4.2.6)$$

$$M_{CB} = -\frac{(4.1 \times 0.9942^2)}{60} x \left( 10 - \left( 10 x \frac{0.9942}{3.2} \right) + \left( 3 x \frac{0.9942^2}{3.2^2} \right) \right) = -0.48$$

$$M_{CE} = M_{EG} = -\frac{(P_s x a^2)}{12} - \frac{(P_s x a^2)}{30} \quad (4.2.7)$$

$$M_{CE} = -\frac{(4.1 \times 3.2^2)}{12} - \frac{(4.1 \times 3.2^2)}{30} = -4.9$$

$$M_{EG} = -\frac{(4.1 \times 31.5^2)}{12} - \frac{(4.1 \times 1.5^2)}{30} = -1.07$$

$$M_{EC} = M_{GE} = -\frac{(P_s x a^2)}{12} - \frac{(P_s x a^2)}{20} \quad (4.2.8)$$

$$M_{EC} = -\frac{(4.1 \times 3.2^2)}{12} - \frac{(4.1 \times 3.2^2)}{20} = -5.6$$

$$M_{GE} = -\frac{(4.1 \times 31.5^2)}{12} - \frac{(4.1 \times 1.5^2)}{20} = -1.23$$

Pada perhitungan distribusi moment cross, dilakukan perhitungan moment pada tiap titik simpul. Di baris pertama dimasukan nilai faktor distribusi tiap titik simpul yang telah dihitung, sedangkan di baris kedua nilai moment primer tiap titik yang dimasukan. Perhitungan akan berhenti dilakukan jika nilai penjumlahan moment di titik simpul memiliki kesamaan nilai dengan nilai momen di titik simpul lainnya. banyak Berikut merupakan keterangan untuk dapat menghitung moment pada titik simpul

Tabel 4.6 Perhitungan momen titik simpul

A	<b>a 0.400</b>	B	<b>b 0.600</b>	<b>0.375</b>	C	<b>0.375</b>	<b>0.375</b>	E	<b>0.375</b>	<b>0.600</b>	G	<b>0.400</b>	H
	<b>c 2.325</b>		<b>d -0.085</b>	<b>-0.486</b>		<b>-4.903</b>	<b>-5.604</b>		<b>-1.077</b>	<b>-1.231</b>		<b>2.001</b>	
	(2) -0.896	(1) 2.239	(3) -1.343	e 2.020	-5.38	2.020	2.505	-6.681	2.505	-0.462	0.770	-0.308	
	(4) 0.448		(5) 1.010	(6) -0.67		1.252	1.010		-0.231	1.252		0.154	
	-0.584	1.458	-0.875	-0.218	0.581	-0.218	-0.292	0.779	-0.292	-0.843	1.406	-0.563	
	0.292		-0.109	-0.437		-0.146	-0.109		-0.422	-0.146		0.281	
	-0.073	0.183	-0.110	0.219	-0.583	0.219	0.199	-0.531	0.199	-0.081	0.135	-0.054	
Total	<b>1.511</b>		<b>-1.511</b>	<b>0.427</b>		<b>-1.776</b>	<b>-2.291</b>		<b>0.682</b>	<b>-1.511</b>		<b>1.511</b>	Total

a & b = Faktor Distribusi

c & d = Moment Primer

$$(1) = c+d$$

$$(4) = 0.5 \times (2)$$

$$(2) = (1) \times a$$

$$(5) = 0.5 \times e$$

$$(3) = (1) \times b$$

$$(6) = 0.5 \times (3)$$

#### 4.2.4 Bidang Momen dan Tegangan Struktur

Perhitungan momen di tiap titik simpul telah dilakukan. Langkah selanjutnya yaitu menghitung momen terbesar yang bekerja pada setiap struktur

$$R = p x \frac{l}{2} \quad (4.2.9)$$

Dan persamaan momen menjadi,

$$M_0(x) = Rx - p \frac{x^2}{2} + M_{(x+1)} + \frac{x}{l}(M_{(x)} - M_{(x+1)}) \quad (4.2.10)$$

X adalah moment terbesar yang terjadi pada profil, untuk mendapatkan nilai tersebut dapat dicari ketika turunan pertama dan Mo bernilai 0.

$$\frac{dM_0(x)}{dx} = 0 \quad (4.2.11)$$

a. Batang A-B

$$R = 0.34 x \frac{9}{2}$$

Persamaan momen menjadi :

$$M_{AB}(x) = 1.54x - 0.34 \frac{x^2}{2} + (-1.511) + \frac{x}{9}(1.511 - (-1.511))$$

$$M_{AB}(x) = 1.54x - (-0.17x^2) + (-1.511) + 0.335x$$

Ketika turunan pertama dari M sama dengan nol, maka nilai x :

$$-0.344x + 1.88 = 0$$

$$x = 5.47$$

Nilai x dimasukan ke persamaan  $M_{AB}$  sehingga momen terbesar pada profil AB sebesar 3.65 t.m atau 365072,12 kg.cm. Tegangan pada saat moment maksimum dari profil AB didapatkan dengan;

$$\tau_{AB} = \frac{Mmax}{Wab} = \frac{365072,12}{2299} = 158.8 \text{ kg/cm}^2$$

Rencana konstruksi AB masih aman karena tegangan material bernilai 1100 kg/cm<sup>2</sup>. Faktor keselamatan atau *Safety factor* yang terjadi pada batang BC yaitu sebesar

$$safety \ factor = \frac{\tau}{\tau_{AB}} = \frac{1100}{158.8} = 6.92$$

Besarnya nilai safety factor lebih dari 2, hal ini memungkinkan kedepannya terjadi pengurangan besar dimensi dari profil konstruksi di batang AB., untuk mengurangi biaya pengadaan bagian konstruksi.

b. Batang B-C

$$R = 4.1 x \frac{3.2}{2}$$

Persamaan momen menjadi :

$$M_{BC}(x) = 6.56x - 4.1 \frac{x^2}{2} + 0.426 + \frac{x}{3.2} (-1.511 - 0.426)$$

$$M_{BC}(x) = 6.56x - 2.05x^2 + 0.426 + (-0.6057)x$$

Ketika turunan pertama dari M sama dengan nol, maka nilai x :  $4.10x + 5.96 = 0$   
 $x = -1.452$

Nilai x dimasukan ke persamaan  $M_{BC}$  sehingga momen terbesar pada profil BC sebesar 3.90 t.m atau 390210 kg.cm. Tegangan pada saat moment maksimum dari profil AB didapatkan dengan;

$$\tau_{BC} = \frac{M_{max}}{W_{BC}} = \frac{390210}{1240.68} = 314.513 \text{ kg/cm}^2$$

Rencana konstruksi BC masih aman karena tegangan material bernilai  $1100 \text{ kg/cm}^2$ . Faktor keselamatan atau *Safety factor* yang terjadi pada batang BC yaitu sebesar

$$\text{safety factor} = \frac{\tau}{\tau_{BC}} = \frac{1100}{314.513} = 3.497$$

Besarnya nilai safety factor lebih dari 2, hal ini memungkinkan kedepannya terjadi pengurangan besar dimensi dari profil konstruksi di batang BC., untuk mengurangi biaya pengadaan bagian konstruksi.

c. Batang C-D

$$R = 0.34 x \frac{9}{2}$$

Persamaan momen menjadi :

$$M_{CD}(x) = 1.54x - 0.34 \frac{x^2}{2} + (-1.34) + \frac{x}{9}(0.426 - (-1.34))$$

$$M_{CD}(x) = 1.54x - (-0.17x^2) + (-1.34) + 0.19x$$

Ketika turunan pertama dari M sama dengan nol, maka nilai x :

$$-0.344x + 1.74 = 0$$

$$x = 5.072$$

Nilai x dimasukan ke persamaan  $M_{CD}$  sehingga momen terbesar pada profil CD sebesar 3.082 t.m atau 308243 kg.cm. Tegangan pada saat moment maksimum dari profil AB didapatkan dengan;

$$\tau_{CD} = \frac{Mmax}{WCD} = \frac{308243}{2299} = 134.085 \text{ kg/cm}^2$$

Rencana konstruksi CD masih aman karena tegangan material bernilai 1100 kg/cm<sup>2</sup>. Faktor keselamatan atau *Safety factor* yang terjadi pada batang BC yaitu sebesar

$$safety\ factor = \frac{\tau}{\tau_{CD}} = \frac{1100}{134.085} = 8.203$$

Besarnya nilai safety factor lebih dari 2, hal ini memungkinkan kedepannya terjadi pengurangan besar dimensi dari profil konstruksi di batang CD., untuk mengurangi biaya pengadaan bagian konstruksi.

d. Batang C-E

$$R = 4.1 \times \frac{3.2}{2}$$

Persamaan momen menjadi :

$$M_{CE}(x) = 6.56x - 4.1 \frac{x^2}{2} + (-2.29) + \frac{x}{3.2}(-1.77 - (-2.29))$$

$$M_{CE}(x) = 6.56x - 2.05x^2 + (-2.29) + 0.16x$$

Ketika turunan pertama dari M sama dengan nol, maka nilai x :  $4.10x +$

$$6.72 = 0$$

$$x = -1.63$$



Nilai  $x$  dimasukan ke persamaan  $M_{CE}$  sehingga momen terbesar pada profil CE sebesar 7.80 t.m atau 780498 kg.cm. Tegangan pada saat moment maksimum dari profil AB didapatkan dengan;

$$\tau_{CE} = \frac{M_{max}}{W_{CE}} = \frac{780498}{1240.68} = 629.088 \text{ kg/cm}^2$$

Rencana konstruksi CE masih aman karena tegangan material bernilai 1100 kg/cm<sup>2</sup>. Faktor keselamatan atau *Safety factor* yang terjadi pada batang BC yaitu sebesar

$$\text{safety factor} = \frac{\tau}{\tau_{CE}} = \frac{1100}{629.088} = 1.75$$

Besarnya nilai safety factor kurang dari 2, hal ini memungkinkan kedepannya terjadi penambahan besar dimensi dari profil konstruksi di batang CE sehingga safety factor yang dimiliki minimal bernilai 2. Besarnya nilai tegangan di batang ini diakibatkan batang ini harus menerima pembebanan sisi secara keseluruhan, sehingga besarnya dimensi di batang ini sudah sewajarnya lebih besar dibandingkan dengan batang CB.

e. Batang E-F

$$R = 0.34 \times \frac{9}{2}$$

Persamaan momen menjadi :

$$M_{EF}(x) = 1.54x - 0.34 \frac{x^2}{2} + (-1.609) + \frac{x}{9}(-2.29 - (-1.609))$$

$$M_{EF}(x) = 1.54x - (-0.17x^2) + (-1.609) + (-0.075)x$$

Ketika turunan pertama dari  $M$  sama dengan nol, maka nilai  $x$  :

$$-0.344x + 1.474 = 0$$

$$x = 4.28$$

Nilai  $x$  dimasukan ke persamaan  $M_{EF}$  sehingga momen terbesar pada profil EF sebesar 1.54 t.m atau 154521 kg.cm. Tegangan pada saat moment maksimum dari profil EF didapatkan dengan;

$$\tau_{EF} = \frac{M_{max}}{W_{EF}} = \frac{154521}{2299} = 67.2163 \text{ kg/cm}^2$$

Rencana konstruksi EF masih aman karena tegangan material bernilai  $1100 \text{ kg/cm}^2$ . Faktor keselamatan atau *Safety factor* yang terjadi pada batang BC yaitu sebesar

$$\text{safety factor} = \frac{\tau}{\tau_{EF}} = \frac{1100}{67.2163} = 16.365$$

Besarnya nilai safety factor lebih dari 2, hal ini memungkinkan kedepannya terjadi pengurangan besar dimensi dari profil konstruksi di batang EF., untuk mengurangi biaya pengadaan bagian konstruksi.

f. Batang E-G

$$R = 4.1 \times \frac{1.5}{2}$$

Persamaan momen menjadi :

$$M_{EG}(x) = 3.07x - 4.1 \frac{x^2}{2} + (-1.51) + \frac{x}{1.5} (0.68 - (-1.51))$$

$$M_{EG}(x) = 3.07x - 2.05x^2 + (-1.51) + 1.46x$$

Ketika turunan pertama dari M sama dengan nol, maka nilai x :  $4.10x + 454 = 0$   
 $x = -1.106$

Nilai x dimasukan ke persamaan  $M_{EG}$  sehingga momen terbesar pada profil EG sebesar 4.02 t.m atau 402223 kg.cm. Tegangan pada saat moment maksimum dari profil AB didapatkan dengan;

$$\tau_{EG} = \frac{M_{max}}{W_{EG}} = \frac{402223}{1240.68} = 325.195 \text{ kg/cm}^2$$

Rencana konstruksi EG masih aman karena tegangan material bernilai  $1100 \text{ kg/cm}^2$ . Faktor keselamatan atau *Safety factor* yang terjadi pada batang BC yaitu sebesar

$$\text{safety factor} = \frac{\tau}{\tau_{EG}} = \frac{1100}{325.195} = 3.38$$

Besarnya nilai safety factor lebih dari 2, hal ini memungkinkan kedepannya terjadi pengurangan besar dimensi dari profil konstruksi di batang EC., untuk mengurangi biaya pengadaan bagian konstruksi.

g. Batang G-H

$$R = (4.10 - 1.436) x \frac{9}{2}$$

Persamaan momen menjadi :

$$M_{GH}(x) = 12.0x - 2.667 \frac{x^2}{2} + 1.511 + \frac{x}{9}(-1.511 - 1.511)$$

$$M_{GH}(x) = 12.0x - (1.33x^2) + 1.511 + (-0.33)x$$

Ketika turunan pertama dari M sama dengan nol, maka nilai x :  $2.66x + 11.668 = 0$   
 $x = -4.374$

Nilai x dimasukkan ke persamaan  $M_{GH}$  sehingga momen terbesar pada profil GH sebesar 24.009 t.m atau 2400943 kg.cm. Tegangan pada saat moment maksimum dari profil EF didapatkan dengan;

$$\tau_{GH} = \frac{M_{max}}{W_{GH}} = \frac{2400943}{2299} = 1044.41 \text{ kg/cm}^2$$

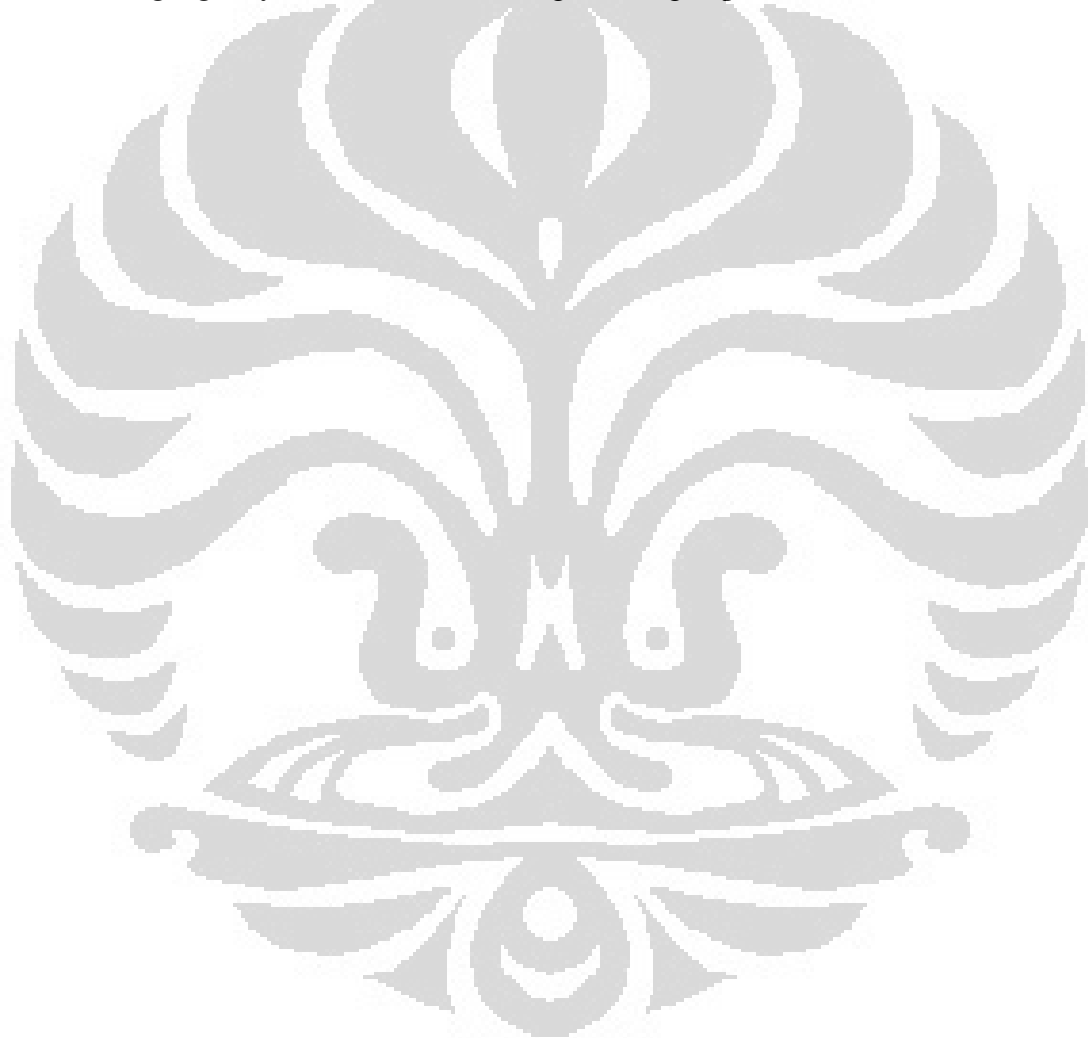
Rencana konstruksi GH masih aman karena tegangan material bernilai  $1100 \text{ kg/cm}^2$ . Faktor keselamatan atau *Safety factor* yang terjadi pada batang BC yaitu sebesar

$$\text{safety factor} = \frac{\tau}{\tau_{GH}} = \frac{1100}{1044.41} = 1.05$$

Besarnya nilai safety factor kurang dari 2, hal ini memungkinkan kedepannya terjadi penambahan besar dimensi dari profil konstruksi di batang GH sehingga safety factor yang dimiliki minimal bernilai 2. Besarnya nilai tegangan di batang ini diakibatkan batang ini harus menerima pembebanan dari bagian bawah secara langsung yang berasal dari tekanan air laut dan pembebanan yang berasal dari fluida di tanki dasar, sehingga besarnya dimensi di batang ini sudah sewajarnya lebih besar dibandingkan dengan batang EF.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, tegangan struktur terbesar terjadi pada profil GH, hal ini disebabkan karena profil berada dibagian bawah (*bottom*) bangunan yang menyebabkan beban yang diterima berasal dari tekanan

air laut dan tekanan dari air di tanki *ballast*. Akan tetapi tegangan yang dihasilkan tidak melebihi tegangan dari material sehingga dapat dikategorikan masih berada di batas aman. Profil AB, CD, dan EF memiliki fungsi yang sama, yaitu sebagai penguat deck, nilai tegangan yang berbeda di bagian ini diakibatkan perbedaan beban yang diterima. Profil AB menerima secara langsung beban cuaca sehingga tegangan yang terjadi lebih besar dibanding profil CD dan EF. Pada profil BC beban hidrostatis untuk sisi kapal hanya terjadi pada sebagian profil, sehingga nilai tegangannya lebih kecil dibandingkan dengan profil CE dan EG.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

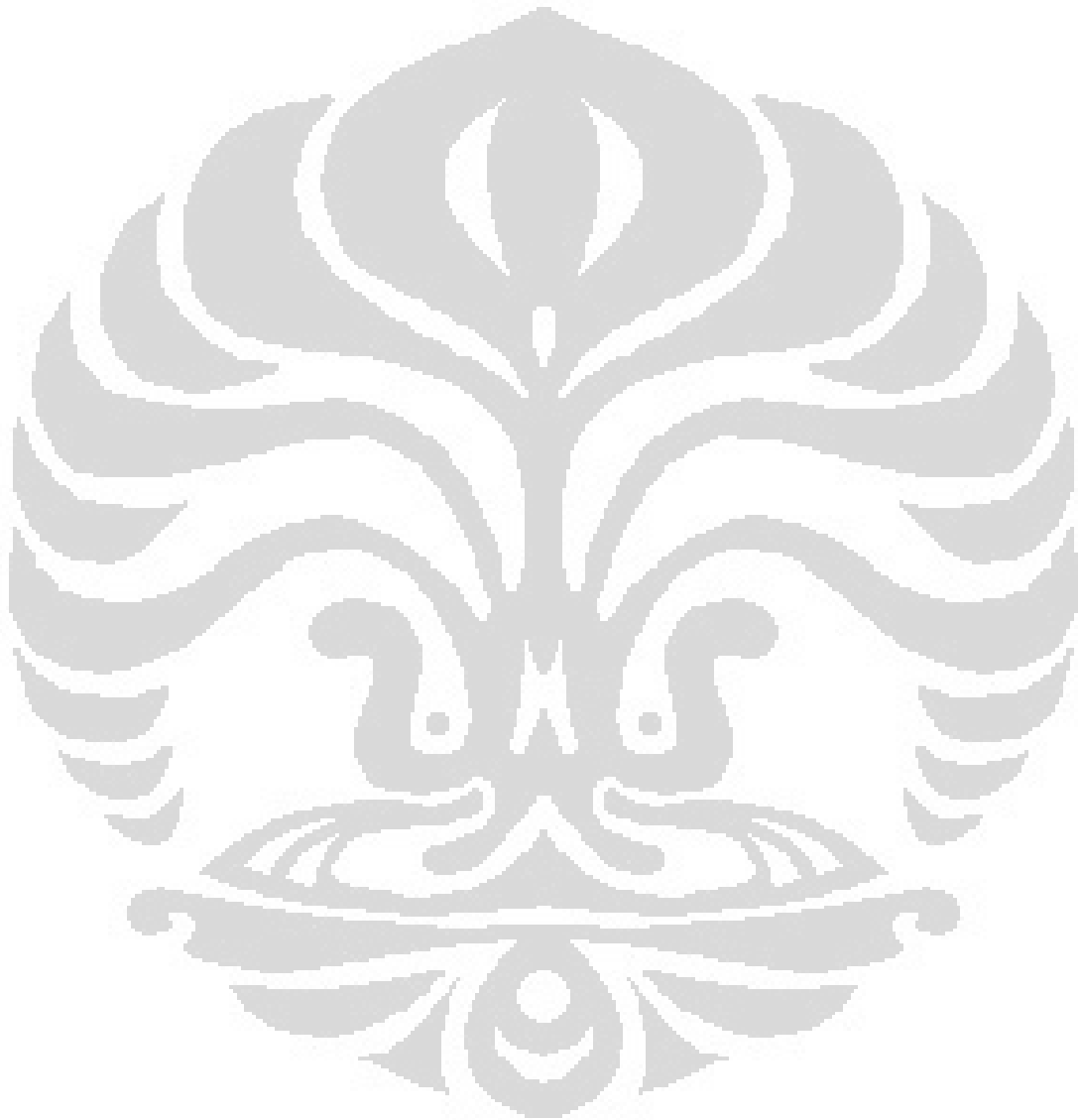
#### 5.1 Kesimpulan

Dalam tahap konsep desain, Cottage terapung memiliki stabilitas yang baik sesuai dengan kondisi laut daerah kepulauan seribu. Stabilitas yang baik dibuktikan dengan sesuainya nilai stabilitas dengan persyaratan IMO. Selain itu periode rolling bernilai 8.2 detik. Jenis konstruksi yang digunakan yaitu konstruksi memanjang, membujur, dan melingkar. Perbandingan *displacement* antara perhitungan analitik dan perhitungan berat kosong dan berat mati bangunan yaitu 1,11 %. Cottage terapung membutuhkan kurang lebih penggunaan listrik sebesar 117.74 kW. *Floating Dry dock* dengan sistem *Caisson* menjadi alternatif fasilitas perbaikan bangunan. Dan dari perhitungan biaya pembangunan tanpa mengikutsertakan interior, biaya untuk membangun cottage terapung ini kurang lebih sebesar Rp3,480,747,301.74 .

Untuk Kekuatan Memanjang, moment terbesar yang terjadi akibat beban inersia dan gelombang hogging berada di ordinat 9 dengan nilai 231 T.m. momen yang terjadi menyebabkan sumbu netral sebesar 3.89 m dari *baseline*. Sehingga tegangan tarik yang terjadi di bagian atas dan bawah sumbu netral masing-masing sebesar  $3.78 \text{ kg/cm}^2$  dan  $3.58 \text{ kg/cm}^2$ . Untuk kekuatan melintang, tegangan tarik terbesar terjadi pada batang bagian *bottom* dengan nilai sebesar  $1044.41 \text{ kg/cm}^2$ . Seluruh nilai tegangan yang didapatkan masih dalam kategori aman karena tegangan material bernilai  $1100 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil ini dapat menjadi acuan untuk tahap *contract design* sebagai referensi penghematan biaya konstruksi dengan mengurangi besarnya dimensi profil tanpa melewati faktor keselamatan yang ditetapkan.

## 1.2 Saran

Analisa struktur sebaiknya dilengkapi dengan percobaan eksperimen. Selain itu Perencanaan sebaiknya juga dilakukan dalam tahap desain kontrak, agar hasil yang didapatkan menjadi optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

Bai, Yong (2003), *Marine Structural Design*. Elsevier., Oxford.

Derret, D.R. (1999). *Ship Stability for Masters and Mates*. Butterworth-Heinemann. Oxford

Douglas, Bruce C. (1997). *A Global Sea Rise : A Redetermination*. Springer Netherlands, Vol.18 Issue.2

D'Archangelo, *A Guide to Sound Ship Structures* (Cornell Maritime Press, 1966).

Ir. M.A. Talahatu M.T. 1978. *Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin FTUI: Depok.

Ir. M.A. Talahatu M.T. *Hydromekanika Kapal 1 dan 2*. Departemen Teknik Mesin FTUI: Depok.

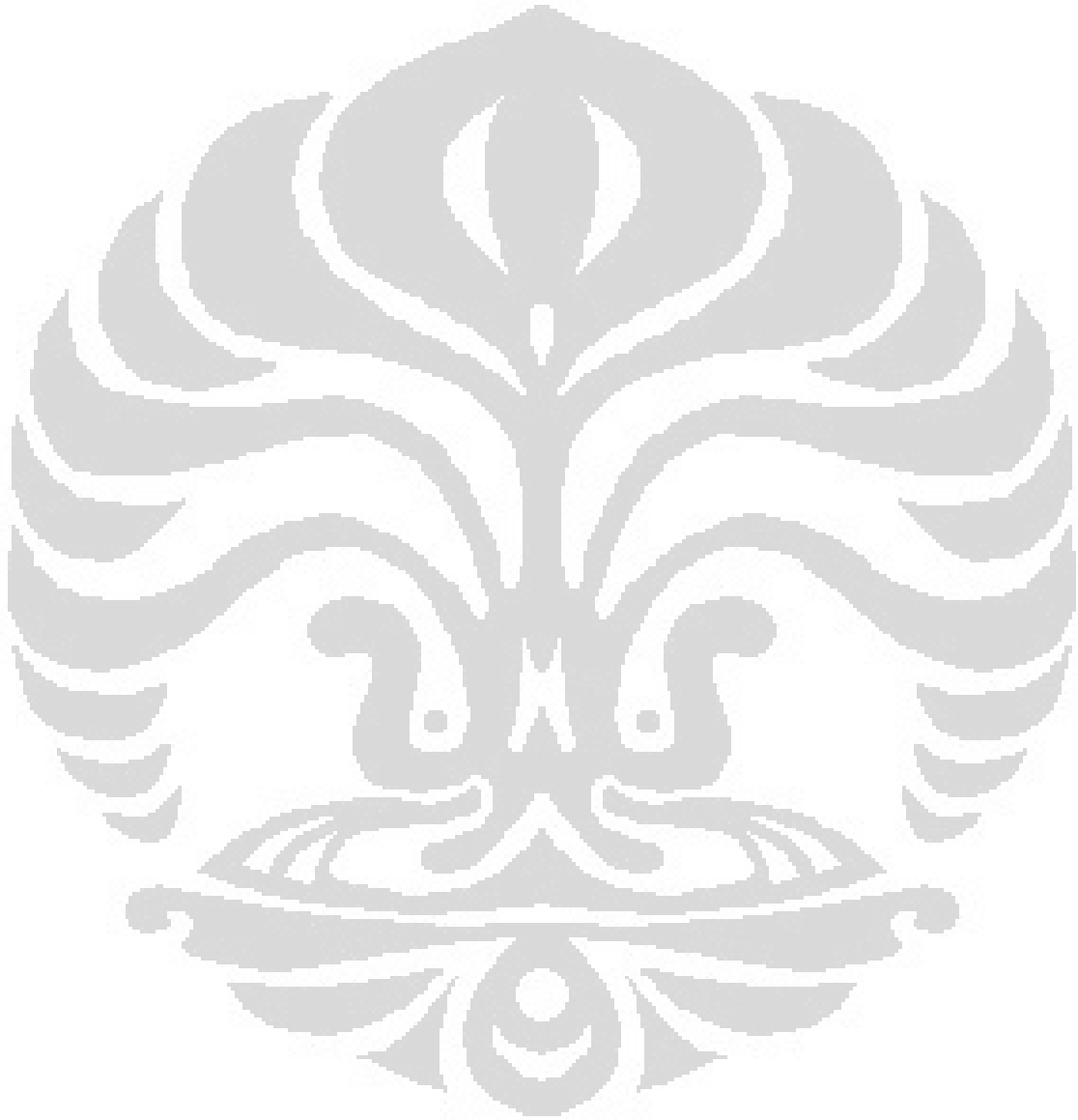
Molland, A.F. (2008). *A Guide to Ship Design, Construction and Operation*. The Maritime Engineering Reference Book, Butterworth-Heinemann, Elsevier.

Prof. B. Boon, *Lokakarya 40 jam, Rancang Bangun Anjungan Lepas Pantai. Kampus UI Depok 3 s/d 8 Oktober 1988*. (FTUI 1988)

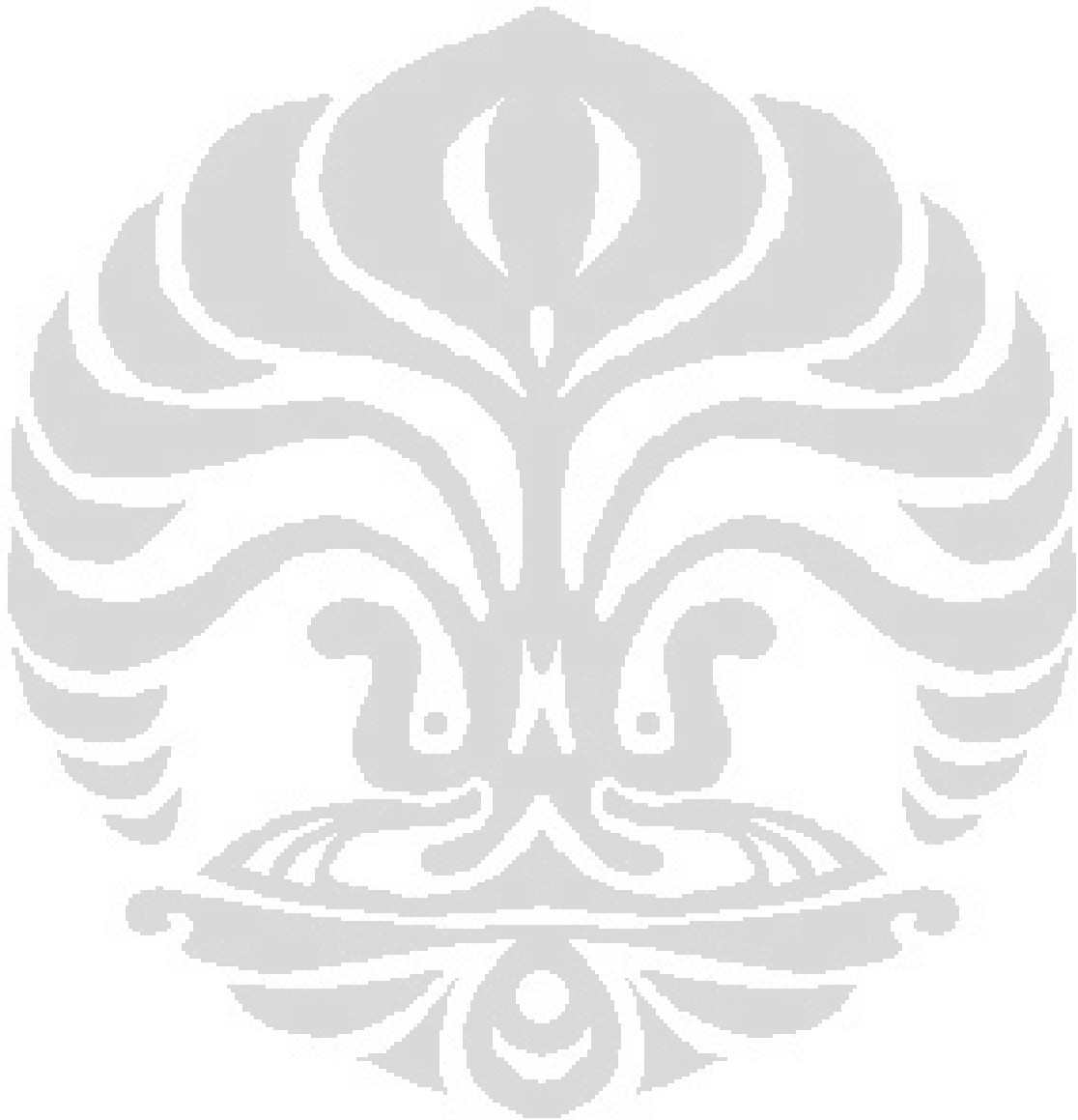
Rules for Classification and Construction, Bureau Veritas

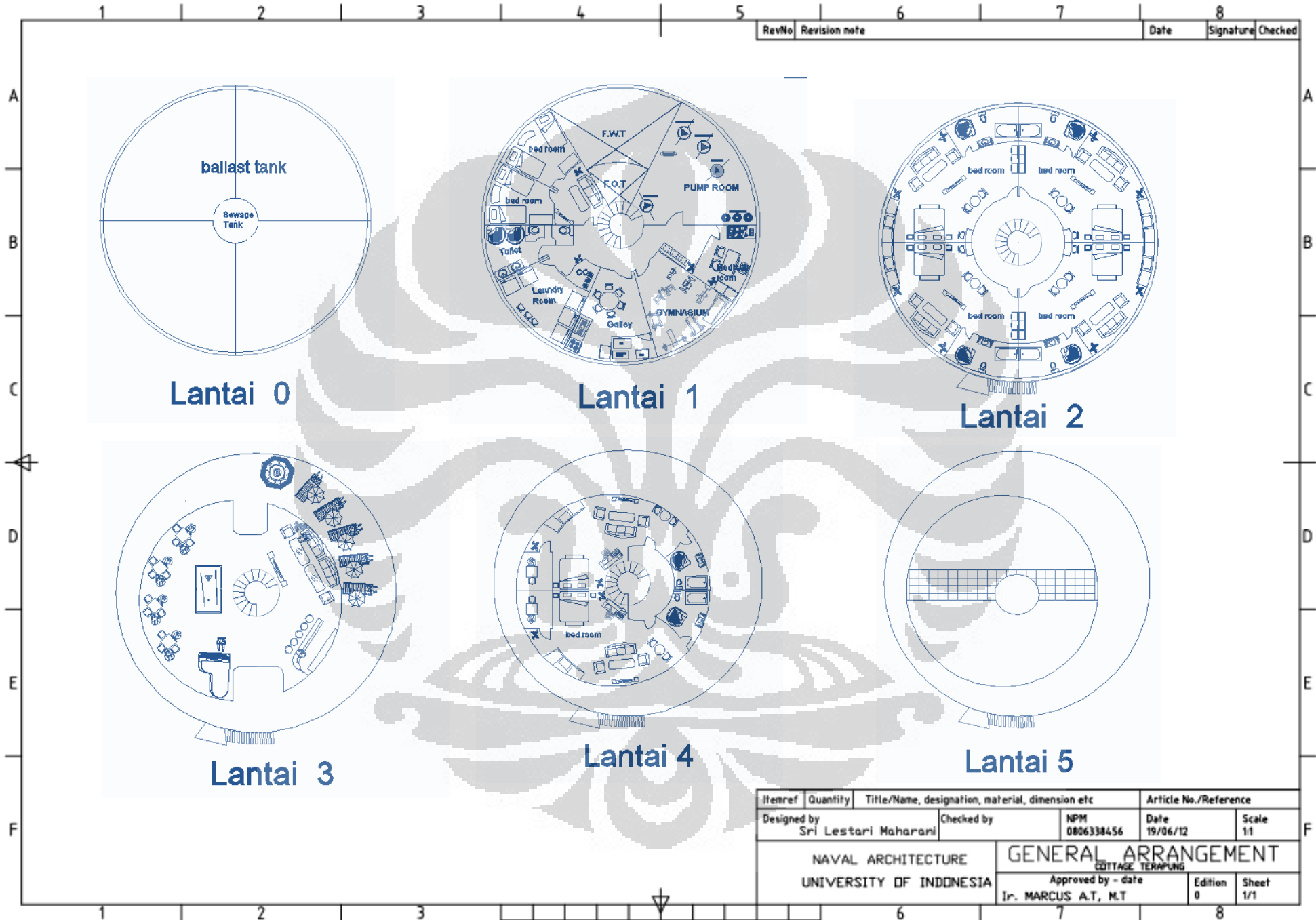
Rules for Classification and Construction, Badan Klasifikasi Indonesia

## LAMPIRAN

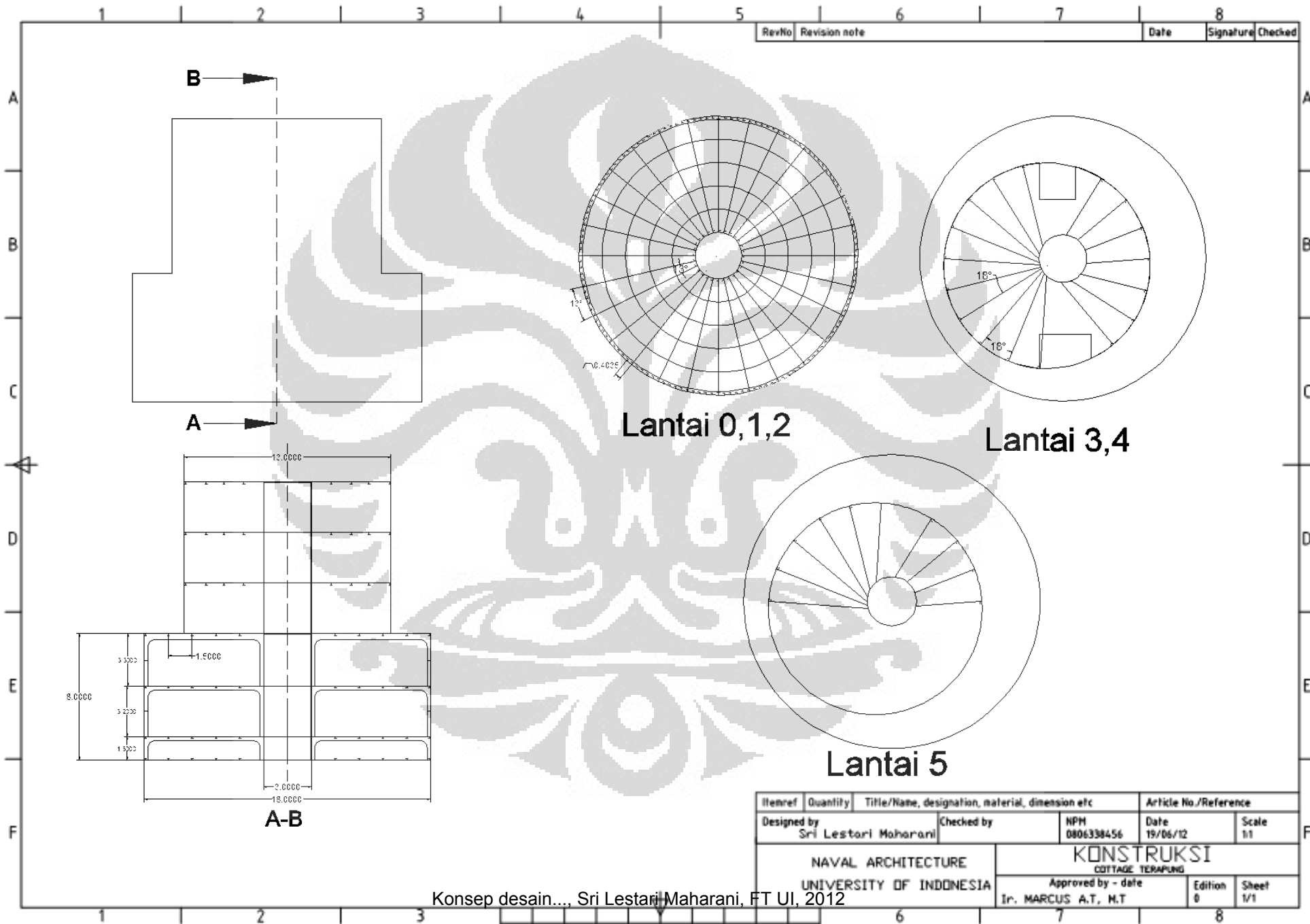








Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc	Article No./Reference		
Designed by	Sri Lestari Maharani		Checked by	NPM	Date
				0806338456	19/06/12
NAVAL ARCHITECTURE			<b>GENERAL ARRANGEMENT</b>		
UNIVERSITY OF INDONESIA			COTTAGE TERAMPUNG		
Approved by - date				Edition	Sheet
Ir. MARCUS A.T, M.T				0	1/1



RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked

Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc	Article No./Reference		
Designed by	Sri Lestari Maharani	Checked by	NPM 0806338456	Date	Scale
NAVAL ARCHITECTURE		KONSTRUKSI			
UNIVERSITY OF INDONESIA		COTTAGE TERAPUNG			
Approved by - date	Ir. MARCUS A.T, M.T	Edition	0	Sheet	1/1

