



TUGAS AKHIR - MN091382

**DESAIN ULANG KAPAL PERINTIS 200 DWT UNTUK
MENINGKATKAN PERFORMA KAPAL**

GALIH ANDANNIYO
NRP. 4110 100 065

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

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014



FINAL PROJECT - MN091382

REDESIGN SHIP COASTER 200 DWT TO IMPROVE SHIP PERFORMANCE

GALIH ANDANNIYO

NRP. 4110 100 065

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

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2014

DESAIN ULANG KAPAL PERINTIS 200 DWT UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA KAPAL

Nama Mahasiswa : Galih Andanniyo
NRP : 4110 100 065
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Kapal perintis 200 DWT merupakan kapal penumpang barang yang digunakan untuk melayani transportasi di daerah terpencil. Dalam pengoperasiannya kapal ini melayani rute di kawasan Indonesia Timur. Setelah selesai dibangun dan diuji kemiringan (*inclining test*) kapal perintis 200 DWT memiliki stabilitas labil, kondisi ini mengharuskan upaya penambahan *ballast* tetap agar kapal dapat beroperasi dalam keadaan stabilitas stabil. Upaya penambahan *ballast* tetap berdampak berkurangnya daya muat kapal dalam memuat muatan bersih (*payload*). Upaya ini tidak dapat diteruskan, perlu upaya jangka panjang agar kapal yang akan dibangun di masa mendatang dapat beroperasi dengan baik dan tanpa harus mengalami kekurangan daya muat. Pada Tugas Akhir ini telah dilakukan modifikasi ukuran utama kapal *eksisting*. Dalam hal ini telah dibuat beberapa model modifikasi dari ukuran utama kapal *eksisting* dengan cara menambah tinggi dan atau menambah lebar kapal lalu diperiksa performa stabilitas, hambatan, periode oleng dan dipilih model modifikasi yang terbaik. Dari hasil analisis model modifikasi terbaik adalah model IV dengan LOA = 44.30 m, B = 10.50 m, H = 3.60 m dan T = 2.30 m.

Kata kunci: desain ulang, kapal perintis, stabilitas, ukuran utama.

REDESIGN COASTER SHIP 200 TDW TO IMPROVE SHIP PERFORMANCE

Author : Galih Andanniyo

ID No : 4110 100 065

Dept./Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology

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

ABSTRACT

Coaster ship 200 TDW is a ship that transports cargo and passengers which serves transportation in remote areas. In operation this ship serves in east Indonesia. Upon completion and in the inclining test the coaster ship 200 TDW has unstabil stability condition, this condition requires additional ballast to enable the ship operate in steady stability condition. Effort to additional ballast reduced payload and this effort cannot be sustained, long-term effort is needed to keep the ship which built in the future operate properly and without having payload shortages. Therefore, in this final project will be modification of existing ship main dimension. In this case the model will be made in some modifications base on existing ship main dimensions by adding height and or adding width of the ship then examined the performance of stability refer to IS Code, ship resistance, rolling period and selected the best model of modification. Main dimension of selected modification model is LOA = 44.30 m, B = 10.50 m, H = 3.60 m and T = 2.30 m.

Keywords: redesign, coaster ship, stability, main dimension.

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN ULANG KAPAL PERINTIS 200 DWT UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA KAPAL

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

GALIH ANDANNIYO
NRP. 4110 100 065

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



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

NIP. 19640210 198903 1 001

SURABAYA, JULI 2014

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr, Wb.

Alhamdulillah, puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta anugerah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Desain Ulang Kapal Perintis 200 DWT untuk Meningkatkan Performa Kapal”. Tak lupa shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW yang senantiasa memberi petunjuk arah jalan kebenaran dan kebaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberi dukungan dan saran baik moral maupun spiritual. Tanpa bantuan dari semuanya Tugas Akhir ini tidak mungkin bisa terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir. Terimakasih atas segala bimbingan, ilmu, waktu, dan kesabaran dalam mengarahkan dan memberi nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama M.Sc., Ph.D. dan Bapak Dony Setyawan, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS.
3. Bapak Dony Setyawan, S.T., M.Eng., Dosen Wali penulis yang senantiasa memberikan masukan dan nasehat demi lemlancaran selama kuliah di Teknik Perkapalan FTK ITS.
4. Bapak Habibi, Bapak Didik dan Bapak Lukito serta semua pihak PT. SMES yang turut membantu memberikan arahan dan data untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS, terima kasih saya haturkan atas bimbingan, ilmu dan nasehat yang telah diberikan selama di bangku perkuliahan.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR REVISI	v
HALAMAN PERUNTUKAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GRAFIK	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Maksud dan Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Hipotesis	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Angkutan Perintis	5
2.2. Teori Stabilitas	6
2.2.1. Letak titik berat kapal (<i>Centre of Gravity</i>) terhadap Keel (KG)	10
2.2.2. Titik tekan gaya ke atas terhadap keel (KB)	10
2.2.3. Jari-jari metasenter (MB)	10
2.2.4. Stabilitas Statis	11

2.2.5. Stabilitas Dinamis.....	15
2.2.6. Pertimbangan stabilitas kapal dengan persyaratan menurut IMO – Intact Stability Code.....	18
2.3. Macam Metode Desain Kapal	18
2.4. Teori Perencanaan Kapal	20
2.4.1. Design Statement.....	20
2.4.2. Design Spiral (Evans, 1959).....	20
2.4.3. Set Based Design.....	23
2.5. Rencana Garis	23
2.6. Rencana Umum.....	24
2.6.1. Definisi	24
2.6.2. Langkah – langkah dalam melaksanakan rencana umum:	24
2.7. Perhitungan Hambatan	25
2.7.1. Perhitungan Koefisien Hambatan Gelombang (R_w/W).....	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1. Gambaran Umum	29
3.2. Diagram Alur.....	30
3.3. Tahapan Penelitian Tugas Akhir	31
3.4. Tahap Studi Literatur	31
3.5. Tahap Pengumpulan Data	31
3.6. Tahap Menentukan Ratio Ukuran Utama.....	31
3.7. Menentukan Ukuran Utama	32
3.8. Menghitung Titik Berat Kapal	32
3.9. Pembuatan Model.....	32
3.10. Analisis Stabilitas, Hambatan dan Periode Oleng Kapal	32
3.11. Pembuatan <i>General Arrangement</i>	33
3.12. Kesimpulan dan Saran.....	33

BAB 4. KONDISI <i>EKSISTING</i> KAPAL PERINTIS 200 DWT	35
4.1. Gambaran Umum	35
4.2. <i>Principal Dimension</i> (Ukuran utama kapal)	36
4.3. <i>General Arrangement</i>	36
4.3.1. Tata ruang utama	36
4.3.2. Tata ruang ABK.....	37
4.3.3. Tata ruang geladak Kemudi.....	37
4.4. Stabilitas	37
4.5. Hambatan Kapal	42
4.6. Periode Oleng Kapal	43
4.7. Rangkuman.....	43
BAB 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1. Gambaran Umum	45
5.2. Menentukan Rasio Model	46
5.3. Menentukan Ukuran Utama Model.....	47
5.3.1. Perhitungan Titik Berat dan KG Kapal	48
5.3.2. Pemodelan Kapal.....	52
5.3.3. Pemodelan Tangki-Tangki Kapal.....	52
5.3.4. Perencanaan Load Case	53
5.3.5. Pemeriksaan Stabilitas	54
5.4. Analisis Model	55
5.4.1. Analisis Stabilitas	56
5.4.2. Analisis Hambatan Dengan Program <i>Hullspeed</i>	71
5.4.3. Analisis Periode Oleng	73
5.4.4. Rangkuman.....	74
BAB 6. RENCANA GARIS DAN RENCANA UMUM.....	77
6.1. Gambaran Umum	77

6.2. Rencana Garis	78
6.3. Rencana Umum (General Arrangement).....	79
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	81
7.1. Kesimpulan.....	82
7.2. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
DAFTAR LAMPIRAN.....	85
UCAPAN TERIMA KASIH.....	86
BIOGRAFI PENULIS	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Kapal Dalam Keadaan Olang	7
Gambar 2-2 Kapal Dengan Keseimbangan Stabil	8
Gambar 2-3 Kapal Dengan Keseimbangan Labil	8
Gambar 2-4 Kapal Dengan Keseimbangan <i>Indifferent</i>	8
Gambar 2-5 Letak Perpindahan Titik Tekan	9
Gambar 2-6 Gaya-Gaya Yang Bekerja Saat Kapal Olang	11
Gambar 2-7 Baji Masuk dan Baji Keluar	12
Gambar 2-8 Lengan Stabilitas Bentuk dan Berat	14
Gambar 2-9 Titik-Titik Penting Saat Kapal Olang	15
Gambar 2-10 Titik Berat Baji Masuk dan Baji Keluar	17
Gambar 2-11 Desain Spiral.....	21
Gambar 3-1 Diagram Alur	30
Gambar 4-1 Tampak Samping Kapal Perintis 200 DWT	37
Gambar 4-2 Model Kapal <i>Eksisting</i>	39
Gambar 4-3 Letak Tangki-tangki Model Kapal.....	39
Gambar 4-4 Skenario Pembebanan Kapal Kosong.....	40
Gambar 4-5 Design Criteria IS Code.....	41
Gambar 4-6 Criteria Result Window	41
Gambar 4-7 Kurva GZ Model Kapal <i>Eksisting</i>	42
Gambar 4-8 Hambatan Total Kapal <i>Eksisting</i>	42
Gambar 5-1 Tahapan Proses Analisis Desain Ulang Kapal.....	46
Gambar 5-2 Modifikasi Model Kapal.....	48
Gambar 5-3 Pemodelan lambung kapal pada salah satu model menggunakan <i>Maxsurf</i>	52
Gambar 5-4 <i>Compartment Definition Window</i> pada <i>Hydromax</i>	52
Gambar 5-5 Hasil pemodelan tangki dengan menggunakan <i>Hydromax</i>	53
Gambar 5-6 Modifikasi Model Kapal 1	56
Gambar 5-7 Modifikasi Model Kapal 2.....	58
Gambar 5-8 Modifikasi Model Kapal 3.....	61
Gambar 5-9 Modifikasi Model Kapal 4.....	63
Gambar 5-10 Modifikasi Model 5	66
Gambar 5-11 Modifikasi Model Kapal 6.....	68

Gambar 5-12 Analisis Hambatan Model 1	71
Gambar 5-13 Analisis Hambatan Model 2	71
Gambar 5-14 Analisis Hambatan Model 3	72
Gambar 5-15 Analisis Hambatan Model 4	72
Gambar 5-16 Analisis Hambatan Model 5	72
Gambar 5-17 Analisis Hambatan Model 6	73
Gambar 6-1 Body Plan.....	78
Gambar 6-2 Sheer Plan	79
Gambar 6-3 Rencana Umum Tampak Samping	79
Gambar 6-4 Rencana Umum Tampak Atas	80
Gambar 6-5 Rencana Umum Tampak Depan.....	80



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan pelayaran perintis dimulai pada tahun 1974. Pelayaran ini dilakukan dalam bentuk projek pembangunan yang dananya diperoleh dari APBN. Oleh sebab itu, kegiatan ini dinamakan Projek Pelayaran Perintis. Pada tahun 2000 jumlah pelabuhan singgah kapal-

kapal perintis sebanyak 180 buah. Jumlah ini jauh lebih banyak dari pelabuhan singgah pada awal penyelenggaraan pelayaran perintis. Mengingat begitu banyak pelabuhan yang harus disinggahi kapal-kapal perintis dan kecil kemungkinan untuk segera ditinggalkan, maka keberadaan pelayaran perintis tidak boleh dianggap bersifat sementara lagi. Sesuai dengan kondisi geografis, keutuhan dan keamanan wilayah negara serta keadaan perekonomian daerah-daerah yang berada di sepanjang pantai, kehadiran pelayaran perintis sudah merupakan kebutuhan yang tidak dapat dielakkan. Faktor-faktor itulah yang mendasari kebijakan pemerintah menjadikan pelayaran perintis sebagai satu sub sistem angkutan laut nasional sebagaimana dituangkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 82 tahun 1999.

Untuk memenuhi kebutuhan angkutan perintis di berbagai daerah, pada tahun 2012 pemerintah telah memesan kapal perintis yang dibangun di berbagai galangan di Indonesia yang terdiri dari; tipe kapal 2000 GT, kapal tipe 1200 GT, kapal tipe 750 DWT, kapal tipe 500 DWT dan kapal tipe 200 DWT.

Kapal perintis 200 DWT yang diluncurkan pada tahun 2013 adalah salah satu kapal perintis yang dipesan oleh Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. Kapal ini beroperasi untuk melayani rute pelayaran di kawasan Indonesia timur. Setelah selesai dibangun dan dilakukan *inclining test* kapal ini mengalami permasalahan stabilitas labil dimana nilai KG kapal terlalu besar yakni 4.888 meter, hal ini menyebabkan kapal harus diberi *ballast* tetap untuk menurunkan nilai KG sehingga kapal dapat berlayar dengan stabilitas yang stabil dan layak untuk beroperasi. Pemberian *ballast* tetap ini berdampak berkurangnya muatan bersih (*payload*) kapal.

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan desain ulang kapal perintis sehingga bisa menghasilkan desain kapal dengan performa stabilitas yang baik dan tetap dapat memuat *payload* sesuai permintaan pemilik kapal.

1.2. Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendisain ulang ukuran utama kapal?
2. Bagaimana desain kapal yang stabil?

1.3. Batasan Masalah

Penyusunan Tugas Akhir ini memerlukan batasan-batasan masalah yang berfungsi untuk mengefektifkan perhitungan dan proses penulisan agar lebih terarah. Batasan-batasan tersebut sebagai berikut:

1. Analisis teknis yang dilakukan meliputi hambatan, stabilitas, titik berat, pembuatan rencana garis dan rencana umum
2. Masalah teknis (perancangan) yang dibahas hanya sebatas *concept design*.

1.4. Maksud dan Tujuan

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk mendapatkan desain kapal perintis yang memiliki stabilitas yang baik sesuai dengan kriteria *Intact Stability Code*. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Merubah ukuran utama kapal
- b. Membuat model kapal
- c. Membuat Rencana Garis dan Rencana Umum

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Sebagai referensi Kementerian Perhubungan Republik Indonesia dan Galangan dalam membangun kapal perintis serupa di masa yang akan datang.
2. Sebagai referensi bagi konsultan dalam mendisain kapal sejenis di masa yang akan datang.
3. Menambah wawasan penulis dan calon peneliti selanjutnya sehingga nantinya dapat dikembangkan.

1.6. Hipotesis

Stabilitas kapal perintis 200 DWT dapat diperbaiki dengan menambah tinggi dan atau lebar kapal.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Angkutan Perintis

Angkutan perintis merupakan pemberian jasa layanan transportasi dimana terjadi campur tangan pemerintah yang berbentuk pemberian subsidi karena terjadi ketidakseimbangan antara permintaan dan penawaran. Angkutan perintis terjadi di daerah-daerah terpencil dimana daya beli efektif masyarakat berada di bawah tarif jasa transportasi yang berlaku.

Angkutan perintis meliputi angkutan laut perintis, angkutan sungai dan danau perintis dan angkutan penyeberangan perintis. Tujuan pelayaran perintis menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 82 tahun 1999 adalah sebagai berikut:

- a. Menghubungkan daerah-daerah terpencil dan atau belum berkembang
- b. Menghubungkan daerah yang moda transportasi lainnya belum memadai
- c. Menghubungkan daerah yang secara komersial belum menguntungkan untuk dilayani oleh penyelenggara angkutan laut

Sedangkan daerah terpencil yang dimaksud dalam peraturan pemerintah ini adalah:

- a. Daerah yang belum dilayani oleh perusahaan angkutan di perairan yang beroperasi
- b. Daerah tersebut secara komersial belum menguntungkan untuk pelayanan angkutan
- c. Daerah yang tingkat pendapatan perkapita sangat rendah

Dalam merancang kapal yang akan berlayar di daerah perairan harus dirancang sesuai dengan kondisi geografis daerah pelayaran tersebut. Ukuran utama kapal dapat direncanakan sesuai dengan ukuran perairan, sehingga dari aspek teknis diperoleh efisiensi dan efektifitas yang tinggi.

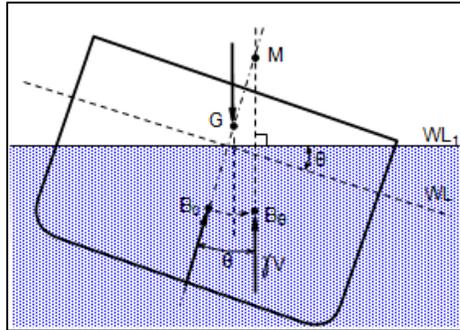
Secara garis besar dapat ditulis karakteristik dari kapal sebagai angkutan perairan yang akan dihasilkan, yakni:

- a. Direncanakan kapal mempunyai keutamaan spesifikasi seperti keamanan dan jasa yang terjangkau.
- b. Mampu berlayar pada siang maupun malam hari.
- c. Mudah dan cepat dalam pemeliharaan badan kapal maupun mesin.
- d. Material yang digunakan diusahakan dari jenis material yang mudah dalam pengadaan dan murah perawatan serta biaya operasionalnya.
- e. Memiliki kestabilan yang cukup baik dan maneuverability yang baik

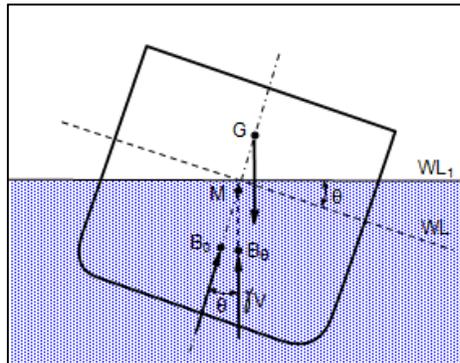
2.2. Teori Stabilitas

Peninjauan stabilitas kapal dipengaruhi oleh tiga titik utama yang memegang peranan penting, yaitu titik Berat kapal (G), titik tekan gaya ke atas (B), dan tinggi metasenter (M). Titik G adalah titik berat kapal yang dipengaruhi oleh konstruksi kapal. titik B adalah titik tekan gaya ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal kapal yang ada di

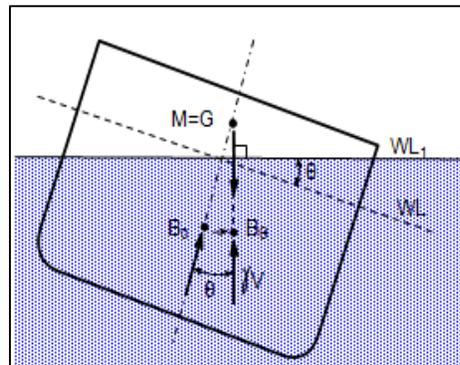
- Titik M berada di atas titik G. pada kondisi ini MG bernilai positif dan kapal berada pada keseimbangan stabil.
- Titik M berada di bawah titik G. pada kondisi ini nilai MG bernilai negatif dan kapal pada keseimbangan labil.
- Titik M berhimpit dengan titik G. pada kondisi ini MG sama dengan nol dan kapal berada pada keseimbangan *indifferent*.



Gambar 2-2 Kapal Dengan Keseimbangan Stabil



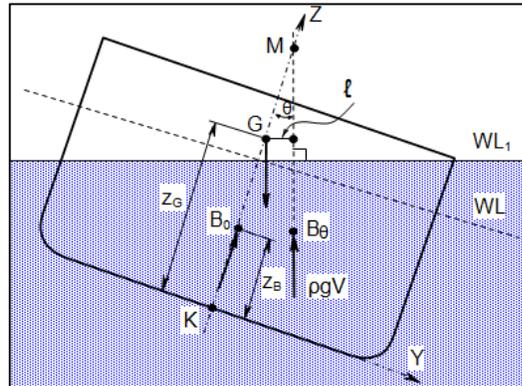
Gambar 2-3 Kapal Dengan Keseimbangan Labil



Gambar 2-4 Kapal Dengan Keseimbangan *Indifferent*

Stabilitas Melintang Kapal

Pada saat kapal oleng, titik B berpindah ke $B\phi$. Vektor P ke bawah dan vektor γV ke atas, dan mempunyai jarak lengan = h.



Gambar 2-5 Letak Perpindahan Titik Tekan

Jadi titik G dan titik $B\phi$ sudah tidak terletak pada satu garis vertikal terhadap garis air yang baru, maka kapal akan mendapat momen kapal (S) yang besarnya = P.h

Dimana:

P = berat kapal (ton)

γV = displacement kapal (ton)

h = GQ = lengan kopel = $MG \sin\phi$ (m)

MG = tinggi metasenter (m)

Sehingga:

S = P.h (ton.m) (2.1)

Tinggi metasenter (MG) dapat diuraikan sebagai berikut:

MG = $MK - KG$

MG = $MB + KB - KG$

Jadi stabilitas suatu kapal selain harga P, perlu pula diketahui harga KG, KB dan MB.

2.2.1. Letak titik berat kapal (*Centre of Gravity*) terhadap Keel (KG)

Titik berat ini sangat dipengaruhi oleh bentuk konstruksi kapalnya. Baik berat kapal maupun titik beratnya dapat dicari dengan perhitungan yang teliti dari berat konstruksinya secara pos per pos.

Dimana:

$$KG = \frac{\sum P.h}{\sum P} \quad (2.2)$$

2.2.2. Titik tekan gaya ke atas terhadap keel (KB)

Titik tekan gaya ke atas dipengaruhi oleh bentuk badan kapal yang tercelup di dalam air. Letak titik tekan terhadap keel dapat dicari melalui perhitungan memakai dalil Simpson dengan menggunakan gambar rencana garis.

2.2.3. Jari-jari metasenter (MB)

Jari-jari metasenter melintang kapal (untuk oleng):

$$MB = \frac{I}{V} \quad (2.3)$$

$$I = 1/3 \int_0^L y^3 dx \quad (2.4)$$

Jari-jari metasenter memanjang kapal (untuk trim)

$$M_{LB} = \frac{I_L}{v} \quad (2.5)$$

Dimana:

I = momen inersia dari garis air terhadap sumbu memanjang kapal yang melalui titik berat garis airnya (m⁴)

I_L = momen inersia dari garis air terhadap sumbu melintang kapal yang melalui titik berat garis airnya (m⁴)

V = volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup ke dalam air (ton)

Langkah awalnya adalah menghitung dahulu momen inersia terhadap penampang tengah kapal (I_o). Setelah itu kita menghitung momen inersia terhadap sumbu yang melalui titik berat luas garis air (I_L), dimana:

$$I_L = I_o - (\Phi F)^2 \cdot A \quad (2.6)$$

A = luas garis air

(ΦF) = jarak titik berat garis air ke midship

Dalam perhitungan stabilitas, maka stabilitas melintang yang lebih memegang peranan penting.

2.2.4. Stabilitas Statis

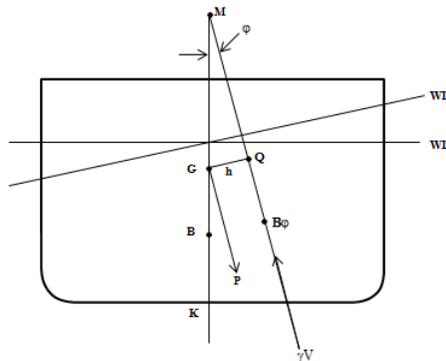
Referensi: Buoyancy and Stability of Ships (De Heere, 1970).

Pengamatan stabilitas ditinjau dalam dua segi, yaitu:

1. Stabilitas awal, dimana sudut oleng $< 6^0$ dan pada perhitungan ini kita menggunakan titik M sebagai titik metasenter.
2. Stabilitas lanjut, dimana sudut oleng $> 6^0$ dan pada perhitungan ini kita menggunakan titik metasenter palsu (N).

Faktor yang mempengaruhi stabilitas adalah faktor bentuk (dipengaruhi oleh letak titik G) dan faktor berat (dipengaruhi oleh titik B)

2.2.4.1. Stabilitas Awal



Gambar 2-6 Gaya-Gaya Yang Bekerja Saat Kapal Oleng.

WL = garis air kapal tegak

W'L' = garis air kapal oleng

B = titik tekan kapal tegak

Bφ = titik tekan kapal oleng

Karena MG = MB + KB - KG maka,

$$\begin{aligned} S &= P (MB + Kb - KG) \sin \varphi \\ &= P (MB \sin \varphi + P (KB - KG)) \sin \varphi \end{aligned} \quad (2.8)$$

Kalau dari titik B ditarik garis BU yang tegak lurus garis MBφ, maka didapat

$$\begin{aligned} BU &= MB \sin \varphi, \quad \text{jadi} \\ S &= P \cdot BU + P (KB - KG) \sin \varphi \end{aligned} \quad (2.9)$$

Berdasarkan teori mekanik, jika BBφ // ZmZk, maka:

$$BB\varphi : ZmZk = v : V$$

v = volume baji masuk

V = volume air yang dipindahkan

Bila dari Zm dan Zk masing-masing ditarik garis tegak lurus ke w'L' terdapat titik nm dan nk dan dari Zk ditarik garis ZkC // W'L', ternyata:

$$\Delta BB\varphi U \sim ZkZmC,$$

$$BU : ZkC = BB\varphi : ZkZm = v : V = \gamma v : P \setminus$$

Atau BU.P = Zk C γv, karena ZkC = nk nm

$$BU.P = nk \cdot nm \cdot \gamma v$$

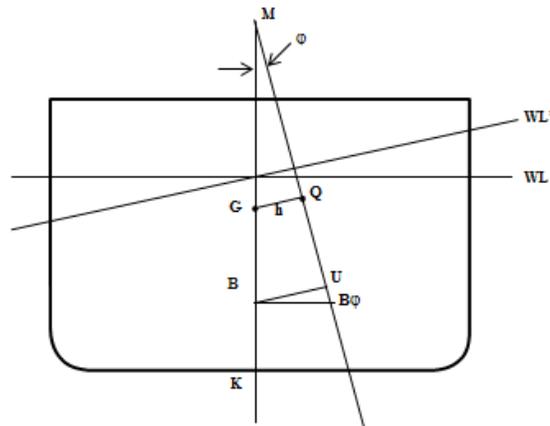
Sehingga momen stabilitas dapat ditulis sebagai berikut:

$$S = \gamma v \cdot nk \cdot nm + \gamma V (KB - KG) \sin \varphi$$

1. Lengan stabilitas berat
2. Lengan stabilitas bentuk

Berikutnya jika harga BU dihitung pada bermacam-macam sudut oleng dan dibuat pada suatu diagram, maka terjadilah lengkung stabilitas bentuk.

2.2.5. Stabilitas Dinamis



Gambar 2-9 Titik-Titik Penting Saat Kapal Oleng

Untuk kapal yang mengalami olengan dengan sudut ϕ , titik B akan berubah menjadi B_ϕ dan dengan sendirinya terjadi perbedaan jarak antara B terhadap titik G pada garis air WL dengan BQ terhadap titik G pada garis air $W'L'$. Atau dapat kita jelaskan bahwa pada keadaan suatu sudut oleng, seakan-akan kita dapatkan bahwa titik G naik terhadap garis air kapal ($GO > QH$). Tetapi titik B turun terhadap garis air kapal $QB_\phi > GB$. Jadi titik G dan B berubah letaknya terhadap garis air.

Adanya perbedaan jarak ini pada kapal akan menyebabkan timbulnya suatu energi potensial dan kenaikan potensi ini mengakibatkan kapal yang oleng mempunyai energi tambahan yang dapat mengembalikan kapal ke kedudukan semula. Di mana energi tambahan ini adalah stabilitas dinamis dari kapal tersebut. Lebih rinci adalah sebagai berikut:

1. Titik G naik $P(OG - EG)$
2. Titik B turun $\gamma V(HB_\phi - OB)$

Dimana: $P = \gamma \cdot V$

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah kerja} &= P(OG - EG) + \gamma.V(HB\varphi - OB) \\
&= P((HB\varphi - EG) - (OB - OG)) \\
D &= P(QB\varphi - BG) \tag{2.11} \\
&= \text{stabilitas dinamis kapal}
\end{aligned}$$

$QB\varphi - BG$ = disebut jarak/jalan dinamis.

Untuk stabilitas awal $\varphi < \varphi^0$, maka $BB\varphi$ dianggap sebagai busur lingkaran

$$\begin{aligned}
\text{Jadi } MB &= MB \, d\varphi \\
QB\varphi &= MB\varphi - MQ = MB - MG \cos d\varphi
\end{aligned}$$

Jadi momen stabilitas dinamis awal:

$$\begin{aligned}
Da &= P(B\varphi Q - BQ) \\
&= P(MB - MG \cos d\varphi - BG) \\
&= P.MG(1 - \cos d\varphi) \tag{2.12}
\end{aligned}$$

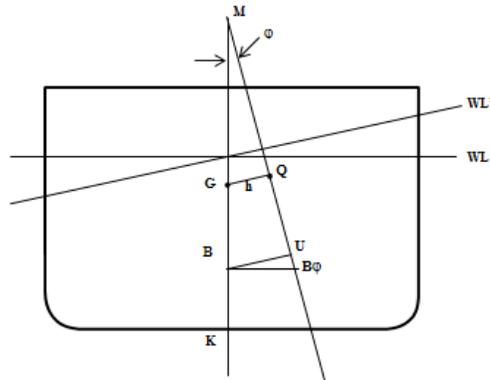
Hubungan antara Da dan Sa

$$\frac{Da}{Sa} = \frac{P.MG(1 - \cos d\varphi)}{P.MG \sin d\varphi} = \frac{1 - \cos d\varphi}{\sin d\varphi} = \tan 1/2 d\varphi$$

$$\text{Sehingga } Da = Sa \cdot \tan 1/2 d\varphi. \tag{2.13}$$

Dimana : Sa : Momen Stabilitas Statis

Da : Momen Stabilitas Dinamis



Gambar 2-10 Titik Berat Baji Masuk dan Baji Keluar

$$QB\varphi = QU + UB\varphi$$

$$= GT + UB\varphi$$

$$QB\varphi - GB = GB \cos \varphi + UB\varphi - GB$$

$$= UB - GB(1 - \cos\varphi)$$

Dengan mengubah $GB = KG - KB$, maka:

$$QB\varphi - GB = UB\varphi - (KG - KB) (1 - \cos \varphi)$$

$$\text{Jadi } D = P \cdot UB\varphi - (KG - KB) (1 - \cos \varphi)$$

$\Delta UBB\varphi \sim \Delta CZ_k Z_m$, maka berlaku perbandingan:

$$UB\varphi : CZ_m = v : V = \gamma V = \gamma v : P$$

$$P \cdot UB\varphi = \gamma v \cdot C \cdot Z_m$$

$$= \gamma v \cdot (Z_k n_k + n_m Z_m)$$

$$D = P \cdot UB\varphi - W (KG - KB)(1 - \cos \varphi)$$

$$= \gamma v \cdot (Z_k n_k + n_m Z_m) - \gamma v (KG - KB) (1 - \cos \varphi)$$

$$= \gamma v \cdot (Z_k n_k + n_m Z_m) - \gamma v (KG - KB) (1 - \cos \varphi) \quad (2.14)$$

Rumus di atas di sebut rumus dari Moseley.

$\gamma v(Z_k n_k + n_m Z_m)$ disebut stabilitas dinamis dari bentuk, karena tergantung dari bentuk kapal, sedangkan $-\gamma v(KG - KB) (1 - \cos \varphi)$ disebut stabilitas dinamis dari berat karena tergantung dari berat. Jadi seperti halnya dengan stabilitas statis, stabilitas dinamis juga tergantung dari faktor berat dan faktor bentuk kapal. Untuk kapal-kapal yang mengapung stabilitas statis/dinamis bentuk selalu positif, sedangkan stabilitas/dinamis berat kebanyakan negatif (pada umumnya KG lebih besar dari KB).

2.2.6. Pertimbangan stabilitas kapal dengan persyaratan menurut IMO – Intact Stability Code

International Maritime Organization (IMO) merekomendasikan intact stability untuk kapal penumpang dan kapal barang di bawah 100 m (328 ft) sebagai berikut:

1. Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian untuk sudut oleng sampai 30^0 .
2. Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng sampai 40^0 .
3. Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30^0 sampai 40^0 tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian.
4. Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30^0 , tidak boleh kurang dari 0.2 m
5. Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30^0 dan tidak kurang dari 25^0 .
6. Tinggi metasenter awal (MG) tidak boleh kurang dari 0.15 m.

2.3. Macam Metode Desain Kapal

Sampai saat ini ada 4 macam metode dalam perencanaan sebuah kapal secara umum. Adapun metode tersebut antara lain: metode kapal pembanding, metode statistic, metode ulangan perhitungan (*trial and error*) dan metode penyelesaian lenngkap [Santosa, I.G.M, 1999]. Penjelasan mengenai masing – masing metode tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Metode kapal pembanding

Dasar pemikirannya adalah merencanakan kapal yang diusahakan lebih baik dari kapal yang sudah ada sehingga lebih banyak didasarkan pada pengalaman perencana sendiri.

Keuntungan metode ini adalah cepat, sederhana, risikonya sedikit dan bersifat memperbaiki kapal yang sudah ada. Sedangkan kekurangan metode ini adalah sangat tergantung dari kapal pembanding, tidak dapat dijamin bahwa kapal pembanding mempunyai sifat teknis dan ekonomis yang optimal, kreatifitas dari perencana tidak ada, metode dan perhitungan biasanya sudah ketinggalan zaman dan besar kemungkinan terjadi kesalahan.

b. Metode statistik

Metode ini tidak tergantung langsung dari kapal pembanding. Perencanaan dilakukan dengan menganalisis beberapa kapal modern untuk mendapatkan ukuran utama, parameter bentuk, dan pembanding model test serta hasil eksperimen. Pada umumnya metode ini digunakan untuk memecahkan masalah tunggal, contohnya perhitungan berat dari konstruksi, perhitungan tenaga penggerak kapal dan sebagainya. Kelebihan dari metode ini adalah bersifat memperbaiki sehingga perencanaan kapal yang baru menjadi lebih baik daripada kapal sebelumnya. Sedangkan kekurangan metode ini adalah tidak dapat menganalisis semua komponen dalam perencanaan kapal secara bersamaan.

c. Metode ulangan perhitungan (*trial and error*)

Metode ini yang paling sering digunakan dalam sebuah perencanaan kapal. ukuran utama final didapat setelah dilakukan beberapa kali ulangan perhitungan. Dalam penggunaan metode ini semua parameter sangat tergantung satu sama lain, sehingga perbedaan dari satu parameter akan mempengaruhi parameter lainnya. Semua parameter akan diperiksa pada setiap putaran. Metode ini baik digunakan untuk mendesain kapal yang rumit atau kapal tipe baru. Kelebihan dari metode ini adalah ketepatannya besar. Sedangkan kekurangan metode ini yaitu memerlukan kerja yang banyak.

d. Metode penyelesaian lengkap (*complex solution*)

Metode ini jarang digunakan dalam perencanaan sebuah kapal kecuali jika digabungkan dengan metode yang lain. Pelaksanaan metode ini cukup rumit dan harus konsisten dalam pengerjaannya. Keuntungan metode ini adalah ketelitiannya cukup besar dan hampir tidak diperlukan koreksi dalam perencanaan, ulangan perencanaan seperti spiral desain tidak diperlukan dan penentuan harga dalam perencanaan dapat diketahui pada saat dini. Kekurangan metode ini adalah proses perhitungan yang sangat rumit dan memerlukan waktu yang relatif lebih lama dari metode yang lain.

2.4. Teori Perencanaan Kapal

Dalam merencanakan kapal, ada beberapa metode desain yang dapat digunakan. Metode tersebut adalah sebagai berikut:

2.4.1. Design Statement

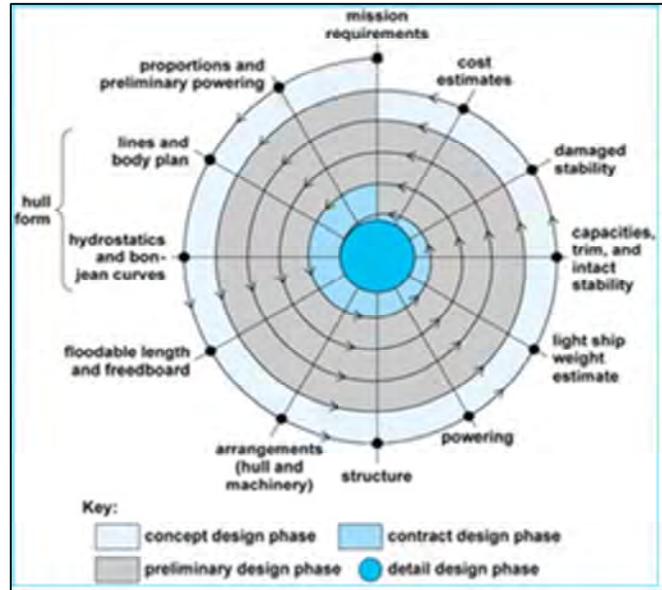
Merupakan tahap awal dari proses desain yang digunakan untuk mendefinisikan atau memberi gambaran tentang tujuan dari kapal tersebut. Hal ini juga sangat berguna untuk menentukan permintaan dari pemesan kapal (*owner requirement*) dan juga untuk mengarahkan desainer kapal dalam menentukan pilihan yang rasional antara perbandingan desain selama proses desain.

Design Statement terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- a. Tujuan atau misi dari kapal tersebut
Menentukan tujuan atau misi dari kapal untuk mendapatkan gambaran awal tentang desain kapal tersebut.
- b. Ukuran yang sesuai untuk kapal tersebut
Setelah tujuan dari kapal diketahui maka desainer menterjemahkannya ke dalam bentuk perhitungan maupun dalam bentuk gambar sehingga didapatkan beberapa pilihan desain yang kemudian dipilih salah satu yang paling optimum.
- c. Permintaan pemilik kapal (*owner requirement*)
- d. Batasan desain
Menentukan batasan-batasan yang harus dipenuhi dalam proses desain termasuk didalamnya pertimbangan kondisi lingkungan tempat beroperasi dari kapal tersebut.

2.4.2. Design Spiral (Evans, 1959)

Proses pada desain kapal adalah proses yang berulang. Berbagai analisis dilakukan secara berulang untuk mendapatkan. Berbagai analisis dilakukan secara berulang untuk mendapatkan detail yang maksimal ketika proses desain dikembangkan. Hal ini sering disebut dengan Basic Design Spiral (Evans,1959). Salah satu kerugian dengan metode ini adalah kita tidak dapat mengetahui apakah kapal yang kita desain itu adalah kapal yang murah atau kapal yang mahal. Proses kerja dari *Design Spiral* secara umum dapat ditunjukkan pada Gambar 2-11.



Gambar 2-11 Desain Spiral

Desain Spiral dibagi dalam lima bagian sebagai berikut:

1. *Concept Design*

Concept Design adalah tahap pertama dalam proses desain yang menterjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan direncanakan (Evans, 1959). Dibutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) sehingga menghasilkan ukuran utama seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, *finnes* dan *fullness power*, karakter lainnya dengan tujuan untuk memenuhi kecepatan, range (endurance), kapasitas (deadweight). Termasuk juga memperkirakan preliminary lightship weight yang pada umumnya diambil dari rumus pendekatan, kurva, maupun pengalaman-pengalaman. Hasil-hasil pada concept design digunakan untuk mendapatkan perkiraan biaya konstruksi.

Langkah-langkah pada concept design adalah sebagai berikut:

- a. Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan membandingkan terhadap beberapa kapal sejenis yang sudah ada
- b. Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama
- c. Memilih proses iterative yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan
- d. Membuat ukuran yang sesuai (analisis ataupun subyektif) untuk desain
- e. Mengoptimasi ukuran utama kapal

- f. Mengoptimasi detail kapal.

2. *Preliminary Design*

Langkah kelanjutan dari concept design memeriksa kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan performance (Evans, 1959). Pemeriksaan ulang terhadap panjang, lebar, horse power, deadweight yang diharapkan tidak banyak merubah pada tahap ini. Hasil di atas merupakan dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi.

Tahap preliminary design ditandai dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- a. Melengkapi bentuk lambung kapal
- b. Pengecekan terhadap analisis detail struktur kapal
- c. Penyelesaian bagian interior kapal
- d. Perhitungan stabilitas dan hidrostatis kapal
- e. Mengevaluasi kembali perhitungan hambatan, powering maupun performance kapal
- f. Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal
- g. Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail.

3. *Contract Design*

Hasilnya sesuai dengan namanya dokumen kontrak pembuatan kapal. Langkah-langkahnya meliputi satu, dua atau lebih putaran dari desain spiral (Evans, 1959). Oleh karena itu pada langkah ini mungkin terjadi perbaikan hasil-hasil preliminary design. Tahap merencanakan atau menghitung lebih teliti hull form (bentuk badan kapal) dengan memperbaiki lines plan, tenaga penggerak dengan menggunakan model test, karakteristik seakeeping dan maneuvering, pengaruh jumlah propeller terhadap badan kapal, detail konstruksi, pemakaian jenis baja, jarak dan tipe gading. Pada tahap ini dibuat juga estimasi berat dan titik berat yang dihitung berdasarkan posisi dan berat masing-masing item dari konstruksi. General arrangement detail dibuat juga pada tahap ini. Kepastian kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar, dan ruang-ruang akomodasi. Kemudian dibuat spesifikasi rencana standar kualitas dari bagian badan kapal serta peralatan. Juga uraian mengenai metode pengetesan dan percobaan sehingga akan didapatkan kepastian kondisi kapal yang sebaiknya.

4. *Detail Design*

Yaitu perancangan secara detail dilakukan oleh pihak galangan setelah contract desain diselesaikan, sehingga segala sesuatunya telah pasti dan siap dikerjakan.

2.4.3. Set Based Design

Metode ini diperkenalkan oleh stuarth Pugh dan Lamb. Set based design ini menekankan menekankan Policy of Least Commitment, yaitu membuat semua pilihan tetap diperhatikan selama mungkin agar hasil yang didapat merupakan kemungkinan yang terbaik pada saat keputusan dibuat. Salah satu keuntungan dari metode ini adalah kita dapat mengetahui kapalyang kita desain tersebut adalah kapal yang murah atau kapal yang mahal. Salah satu contoh metode yang menggunakan pendekatan ini adalah “metode 256 set ukuran utama kapal”. Metode set 256 ukuran utama kapal ini adalah salah satu metode alternative yang digunakan untuk mencari harga kapal yang murah.

2.5. Rencana Garis

Rencana garis merupakan proyeksi badan kapal terutama pada bagian badan kapal yang terbenam dan merupakan hal yang paling dasar dalam perencanaan sebuah kapal. Setelah ukuran-ukuran utama didapat kemudian dilanjutkan dengan merencanakan bentuk lambung dan yang lain yang tergambar dalam rencana garis. Rencana garis tersusun atas garis-garis lengkung potongan badan kapal yang ditinjau secara vertikal, memanjang, dan horizontal. Proyeksi tersebut terdiri dari:

❖ Body Plan

Body Plan adalah kumpulan proyeksi station, geladak, poop dan forecastle.

Station : Bidang tegak yang membagi badan kapal sejajar dengan bidang proyeksi yang berimpit denngan bidang midship

❖ Sheer Plan

Sheer Plan adalah kumpulan dari proyeksi Buttock

Buttock : Bidang tegak yang membagi badan kapal sejajar dengan proyeksi yang berimpit dengan Center Line

❖ Half Breadth Plan

Half Breadth Plan adalah kumpulan proyeksi sejajar dengan waterline secara horizontal.

2.6. Rencana Umum

2.6.1. Definisi

Rencana Umum adalah pembagian ruangan untuk semua kebutuhan dan perlengkapan, mengkoordinasi sesuai untuk lokasi dan jalan untuk keluarnya yang ada dalam kapal. Rencana umum merupakan perbaikan dari tahap conceptual design dan preliminary design. Ruang yang dimaksud adalah ruang muat, ruang kamar mesin dan akomodasi atau disebut super structure (bangunan atas). Disamping itu juga direncanakan penempatan peralatan-peralatan, system-sistem dan perlengkapan bantu kapal.

2.6.2. Langkah – langkah dalam melaksanakan rencana umum:

- a. Penentuan ruang utama
- b. Penentuan batas – batas ruang
- c. Pemilihan dan penempatan perlengkapan yang tepat
- d. Menyediakan akses / jalan ke ruang – ruang tersebut
- e. Penentuan jumlah ABK.

Sebelum membuat rencana umum maka kita harus mengetahui ketentuan-ketentuan yang berlaku. Pertama kita harus mengetahui ukuran-ukuran utama kapal untuk gambar Rencana Umum ini, antara lain:

- ❖ Type kapal tersebut, hal ini akan berpengaruh pada jenis muatan dan DWT kapal
- ❖ LOA (Length Over All) yaitu panjang keseluruhan kapal yang diukur dari ujung haluan sampai ujung buritan.
- ❖ LWL (Length on the Water Line) yaitu jarak mendatar antara kedua ujung garis muat, yang diukur dari titik perpotongan garis air muat dengan linggi haluan sampai titik perpotongan garis air muat dengan linggi buritan
- ❖ LPP (Length Between Perpendicular) yaitu panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat.
- ❖ B (Breadth) yaitu lebar kapal yang diukur pada sisi dalam pelat di tengah kapal

- ❖ H (Depth) yaitu jarak tegak dari garis dasar (base line) sampai garis geladak yang terendah, di tepi diukur di tengah-tengah panjang kapal (LPP)
- ❖ T (Draught) yaitu jarak tegak dari garis dasar (base line) sampai pada garis air muat
- ❖ V (Velocity) yaitu kecepatan kapal
- ❖ Radius pelayaran yang akan ditempuh oleh kapal tersebut.

2.7. Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh owner (owner requirement).

Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan *metode Holtrop dan Mennen*. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi tiga komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu :

1. viscous resistance (hambatan kekentalan),
2. appendages resistance (hambatan karena bentuk kapal), dan
3. wave making resistance (hambatan gelombang).

Dalam melakukan perhitungan hambatan utama kapal, ada ukuran utama yang terlebih dahulu harus diubah, yaitu Lpp menjadi Lwl dengan rumus sebagai berikut :

$$L_{wl} = 1.04 \times L_{pp} \quad [\text{handout Pak Eko}]$$

Adapun untuk rumus hambatan total adalah sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} \cdot (C_F (1 + k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W \quad [\text{PNA vol II hal 93}]$$

2.7.1. Perhitungan Koefisien Hambatan Gelombang (R_w/W)

Besar hambatan gelombang dari kapal dapat diperoleh sesuai dengan rumus pada Principles of Naval Architecture, vol. II hal. 92- 94 , sebagai berikut :

$$R_w/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 F_n^{d_1}} + m_2 \cos(\lambda \cdot F_n^{-2}) \quad (\text{ref:PNA vol. II, hal. 92})$$

Nilai dari koefisien-koefisien pada rumus diatas, dapat dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

*) Perhitungan koefisien C_1

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{3,7861} (T/B)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757} \quad (\text{ref:PNA vol. II, hal. 92})$$

dimana :

$$C_4 = 0.2296(B/L)^{0.333} \quad \text{Untuk } B/L \leq 0.11$$

$$C_4 = B/L \quad \text{Untuk } 0,11 \leq B/L \leq 0,25$$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625(L/B) \quad \text{Untuk } B/L \geq 0,25$$

$$B/L = 14.349/98.442 = 0.146$$

$$C_4 = B/L = 14.349/98.442 = 0.146$$

*) Perhitungan koefisien C_2 (ref:PNA vol. II, hal. 92)

C_2 = koefisien pengaruh bulbous bow

$$C_2 = e^{(-1.89)} \text{Abt. } R_b / B.T(R_b+i)$$

$C_2 = 1$, untuk kapal tanpa bulb bousbow

Jadi, $C_2 = 1$

*) Perhitungan koefisien C_3 (ref:PNA vol. II, hal. 93)

C_3 = koefisien pengaruh bentuk transom stern terhadap hambatan

$$C_3 = 1 - (0.8 A_T/B.T.C_m)$$

$A_T = 0$ (luas transom yang tercelup saat *zero speed*)

$$\text{Jadi, } C_3 = 1 - (0.8 A_T/B.T.C_m)$$

= 1

*) Perhitungan koefisien C_5 (ref:PNA vol. II, hal. 92)

C_5 = koefisien dengan fungsi koefisien prismatic (C_p)

$$C_5 = 8.0798C_p - 13.8673C_p^2 + 69844C_p^3$$

*) Perhitungan koefisien C_6 (ref:PNA vol. II, hal. 92)

$$C_6 = \text{koefisien pengaruh terhadap harga } L^3/\nabla$$

*) Perhitungan koefisien m_1 (ref:PNA vol. II, hal. 92)

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

*) Perhitungan koefisien m_2 (ref:PNA vol. II, hal. 92)

$$m_2 = 0.4 C_6 e^{-0.034 \times Fn^{(-3.29)}}$$

*) Perhitungan koefisien λ (ref:PNA vol. II, hal. 92)

$$\lambda = \text{koefisien pengaruh terhadap harga } L/B$$

$$L/B = 98.442/14.349 = 6.861; \quad \text{untuk } (L/B < 12), \text{ maka } \lambda \text{ adalah}$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B$$

*) Perhitungan W (gaya tekan ke atas atau buoyancy)

$$W = \rho \cdot g \cdot \nabla \cdot 10^{-3} \quad \text{kN}$$

Jadi, harga R_w/W :

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 \times Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})} \quad \text{(ref : PNA vol.II, hal.92)}$$

Maka, harga R_w adalah :

$$R_w = (R_w/W) \times W$$

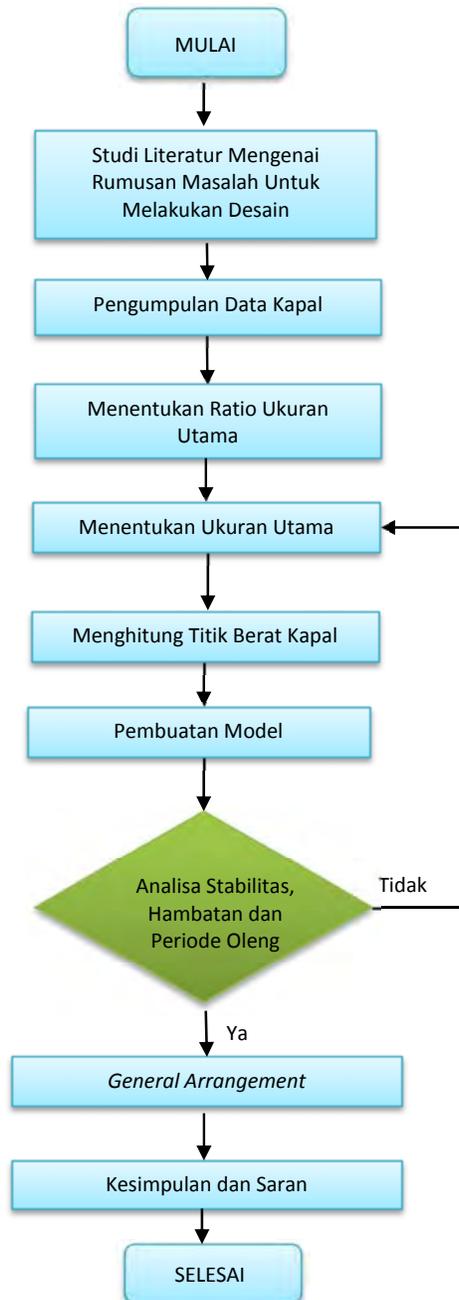


BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum

Pada bab ini akan diuraikan metode serta langkah-langkah yang dilakukan dalam mengerjakan Tugas Akhir. Berikut langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir dalam bentuk *flow chart* yang terlihat pada Gambar 3-1.

3.2. Diagram Alur



Gambar 3-1 Diagram Alur

3.3. Tahapan Penelitian Tugas Akhir

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini penulis membagi pengerjaan dalam beberapa tahap pengerjaan, yakni sebagai berikut:

3.4. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur terhadap berbagai referensi terkait topik penelitian. Studi literatur ini dimaksudkan untuk mencari konsep dan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya dan untuk mewujudkan tujuan yang dimaksudkan. Bab ini termasuk mencari referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Adapun referensi dicari adalah sebagai berikut:

- Teori stabilitas kapal.
- Kapal-kapal perintis di Indonesia.
- *Intact Stability Code (IS Code) A. 749 (18)*.

3.5. Tahap Pengumpulan Data

Selama penulisan Tugas Akhir ini, penulis melakukan pengumpulan data untuk mendukung pengerjaan Tugas Akhir ini. Dalam pengumpulan data ini penulis menggunakan beberapa metode pengumpulan data seperti pengumpulan data secara langsung (*primer*) dan pengumpulan data secara tidak langsung (*sekunder*). Pengumpulan data secara langsung meliputi wawancara langsung kepada konsultan kapal selaku pembuat desain sekaligus pihak yang ahli dalam permasalahan yang berkaitan dengan penelitian. Sedangkan pengumpulan data secara tidak langsung meliputi:

- *General Arrangement*, untuk melihat dimensi tangki dan jarak gading.
- *Principal Dimension*, sebagai acuan dalam proses desain ulang.
- Data hasil *Inclining Test* kapal perintis 200 DWT.
- Perhitungan berat kapal kosong
- Data-data lain yang relevan dengan penelitian.

3.6. Tahap Menentukan Ratio Ukuran Utama

Pada tahap ini dilakukan penentuan perbandingan ukuran utama kapal, data kapal yang digunakan sebagai kapal pembanding adalah kapal-kapal penumpang barang yang memiliki

payload tidak jauh berbeda dengan kapal *eksisting*. Penentuan ukuran utama ini berfungsi sebagai batasan dalam merubah ukuran utama kapal.

3.7. Menentukan Ukuran Utama

Pada tahap ini akan dilakukan modifikasi ukuran utama dengan modifikasi sistematis, yang dimaksud dengan modifikasi sistematis adalah modifikasi lambung kapal yang dimulai dengan menambah tinggi kapal tanpa menambah lebar kapal dengan tujuan untuk mengurangi kemungkinan berubahnya rencana garis dan mempermudah proses produksi. Selanjutnya dianalisis jika penambahan tinggi tidak memenuhi persyaratan stabilitas maka modifikasi kedua adalah dengan menambah lebar tanpa menambah tinggi kapal dan diperiksa apakah modifikasi ini memenuhi kriteria stabilitas kapal. Modifikasi terakhir adalah dengan menambah lebar dan menambah tinggi kapal kemudian dilihat apakah penambahan lebar dan tinggi kapal memenuhi kriteria stabilitas. Dari ketiga modifikasi tersebut dipilih modifikasi yang memenuhi kriteria stabilitas. Modifikasi penambahan panjang kapal tidak dilakukan karena tidak mempengaruhi perbaikan stabilitas secara signifikan.

3.8. Menghitung Titik Berat Kapal

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan titik berat untuk tiap model ukuran utama, proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus empiris. Rumus empiris digunakan untuk mencari KG pada tiap model kapal.

3.9. Pembuatan Model

Setelah titik berat kapal dihitung, tahap selanjutnya adalah pemodelan ukuran utama model. Pemodelan dilakukan dengan tiga tahap, tahap pertama adalah pemodelan geometry yang menghasilkan rencana garis kemudian dilanjutkan dengan pemodelan kedua yakni pemodelan stabilitas yang menghasilkan analisis stabilitas dalam bentuk kurva GZ dan table sesuai kriteria IS Code A.749(18)Ch.3. Pemodelan ketiga adalah pemodelan hambatan kapal yang menghasilkan analisis stabilitas dalam bentuk kurva.

3.10. Analisis Stabilitas, Hambatan dan Periode Oleng Kapal

Tahap pemeriksaan stabilitas dimulai dengan menganalisis stabilitas pada tiap model kapal, pemeriksaan stabilitas menggunakan bantuan program *Hydromax Pro 11.12*. Pada program *Hydromax Pro 11.12* ini untuk memperoleh hasil analisis stabilitas ada beberapa input data yang harus di masukkan seperti data (geometry) model yang sudah di buat sebelumnya dengan program *Maxsurf Pro 11.12*. Berdasarkan IMO HSC Code 2000-MSC

97(73), HSC 2000 Multihull Annex 7. Intact. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini adalah, Area 0 to 30 derajat dan Angle of max serta GZ. Hasil pemeriksaan stabilitas dapat dilihat dalam bentuk kurva dan table sesuai kriteria IMO.

Dari hasil pemeriksaan stabilitas dapat dilakukan pemeriksaan lebih lanjut mengenai hambatan dan periode oleng. Pada tahap ini tiap model akan dievaluasi satu persatu, model yang memiliki hasil terbaik akan dipilih untuk selanjutnya digunakan sebagai ukuran utama pada Tugas Akhir ini.

3.11. Pembuatan *General Arrangement*

Pada tahap ini sudah ditentukan ukuran utama dari model terbaik, selanjutnya proses pembuatan *Lines Plan* dan *General Arrangement* yang akan dibuat dengan bantuan software *Maxsurf Pro 11.12*.

3.12. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisis data dan pencarian solusi permasalahan akan dapat ditarik kesimpulan mengenai keuntungan desain ulang kapal ditinjau dari stabilitas kapal. Kemudian juga diberi saran-saran yang bisa digunakan untuk pihak Kementerian Perhubungan dalam pembangunan kapal serupa di masa yang akan datang.



BAB 4. KONDISI *EKSISTING* KAPAL PERINTIS 200 DWT

4.1. Gambaran Umum

Pada bab 4 ini akan membahas kondisi *eksisting* kapal perintis 200 DWT, pembahasan meliputi data titik berat dari hasil *Inclining Test*, *General Arrangement*, hambatan kapal, periode oleng dan pemeriksaan stabilitas berdasarkan IS Code.

Kondisi *eksisting* kapal yang akan dijadikan dasar tentunya sangat berpengaruh pada proses desain ulang. Diperlukan pemahaman lebih mengenai permasalahan yang terjadi pada kapal *eksisting* dan konsep desain ulang, mengingat desain ulang kapal jarang dilakukan. Pada proses desain ulang kapal perintis tentunya dibutuhkan data-data kapal yang akan dijadikan acuan model desain ulang. Desain dan data awal yang dibutuhkan diantaranya desain *Lines Plan*, *General Arrangement*, data *Inclining Test*, dan perhitungan kapal kosong.

4.2. *Principal Dimension* (Ukuran utama kapal)

Ukuran utama kapal menentukan besar kecilnya kapal, ukuran utama kapal terdiri dari panjang kapal (L), lebar (B), tinggi (H), sarat (T) dan lain-lain, ukuran utama kapal perintis 200 DWT ditunjukkan pada Table 4-1.

Table 4-1 Ukuran Utama Kapal Perintis 200 DWT

Ukuran Utama	Besar	Satuan
Panjang seluruh kapal (LOA)	44.300	m
Panjang antar garis tegak (LPP)	39.900	m
Lebar (B)	9.000	m
Tinggi (H)	3.600	m
Sarat (T)	2.300	m
Cb	0.580	
DWT	200.000	Ton
Full Displacement	560.477	Ton

4.3. *General Arrangement*

Rencana umum atau *General Arrangement* pada buku *Ship Design and Construction Bab III* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Gambaran singkat kapal perintis dapat dilihat pada Gambar 4-1. Untuk lebih jelas berikut ruangan yang ada di kapal perintis 200 DWT:

4.3.1. Tata ruang utama

- a. Tatami
- b. Kafetaria
- c. Ruang makan penumpang
- d. Mushola
- e. Klinik

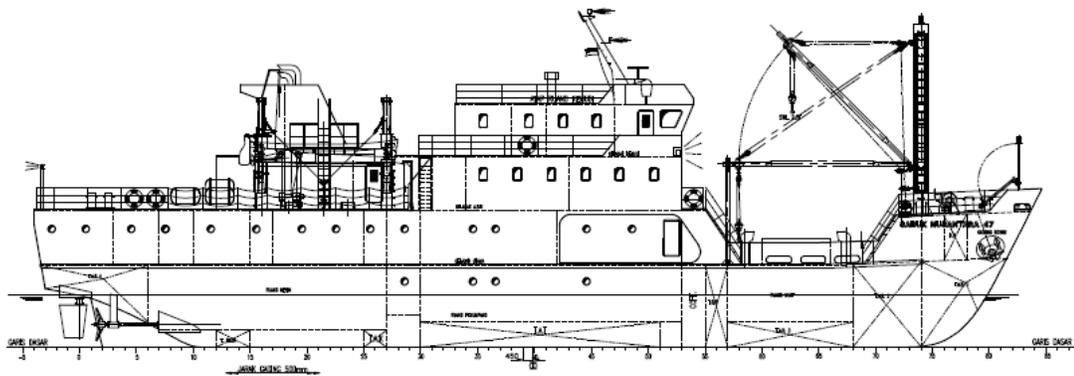
- f. Laundry
- g. Gudang
- h. Dapur
- i. Urinoir
- j. Gudang

4.3.2. Tata ruang ABK

- a. Sleeping room
- b. Ruang makan
- c. Kamar mandi

4.3.3. Tata ruang geladak Kemudi

- a. Ruang kemudi
- b. Sleeping room
- c. Kamar mandi



Gambar 4-1 Tampak Samping Kapal Perintis 200 DWT

4.4. Stabilitas

Peninjauan stabilitas kapal dipengaruhi oleh tiga titik utama yang memegang peranan penting, yaitu titik berat kapal (G), titik tekan gaya ke atas (B) dan tinggi metasenter (M). Selayaknya kapal memiliki keseimbangan stabil yakni keadaan dimana titik M berada di atas titik G sehingga MG berharga positif dan memiliki momen kopel.

Namun kapal Perintis 200 DWT memiliki keseimbangan labil yaitu keadaan dimana titik M berada di bawah titik G, sehingga MG bernilai negatif dan tidak memiliki momen kopel hal ini menyebabkan kapal tidak mampu kembali ke posisi tegak jika mendapatkan gaya-gaya dari luar. Pada Table 4-2 ditunjukkan data hasil inclining test Kapal Perintis 200 DWT.

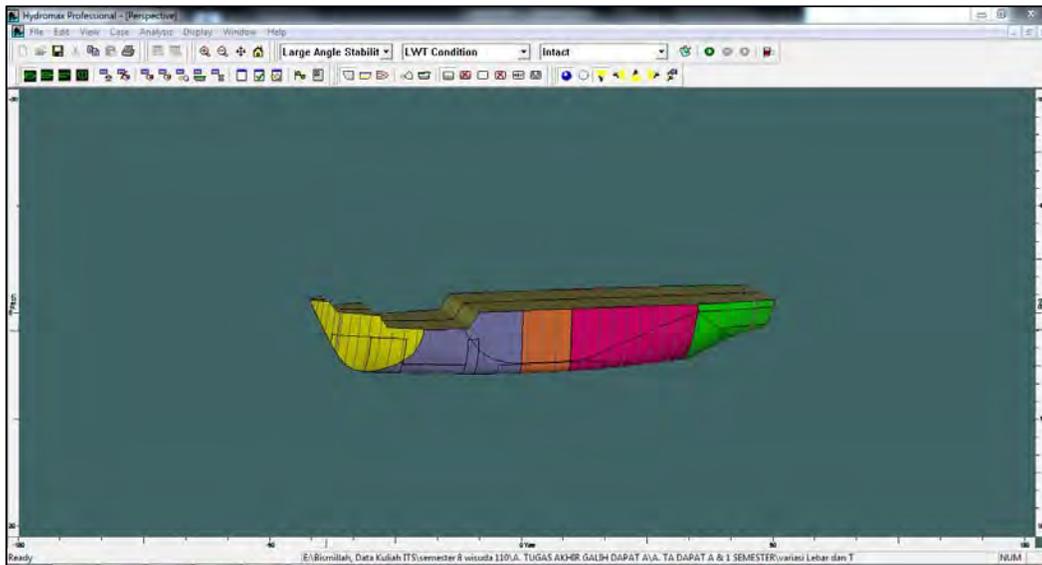
Table 4-2 Data Inclining Test

	WEIGHT (ton)	LCG (m)	MOMENT (ton.m)	KG (m)	MOMENT (ton.m)
KONDISI KAPAL SAAT PERCOBAAN	560.477	20.098	11264.458	3.661	2,052.18
KOREKSI PENAMBAHAN BEBAN	2.1	10.5	22.05	6.652	13.97
JUMLAH	562.577	20.062	11286.508	3.672	2066.146
KOREKSI PENGURANGAN BEBAN	182.243	25.64	4672.781	1.135	206.936
KAPAL KOSONG	380.334	17.389	6613.727	4.888	1859.21

DISPLACEMENT	:	380.334	m
KG	:	4.888	m
KM	:	4.745	m
GM = KM-KG	:	-0.144	m

Untuk memastikan kondisi stabilitas kapal, penulis melakukan pemeriksaan kembali dengan menggunakan software *Hydromax Pro 11.12*. Pemeriksaan stabilitas dilakukan dengan membuat model kapal *eksisting*, menentukan letak tangki-tangki yang didapat dari *General Arrangement* dan membuat skenario pembebanan kondisi kapal kosong. Berikut penjelasan pemeriksaan stabilitas Kapal Perintis 200 DWT:

1. Model Kapal *eksisting*
 - a. L : 44.3 m
 - b. B : 9.0 m
 - c. H : 3.6 m



Gambar 4-2 Model Kapal Eksisting

2. Menentukan letak tangki-tangki berdasarkan *General Arrangement*:

Pemodelan tangki dilakukan dengan menggunakan software *Hydromax*. Pemodelan dilakukan dengan cara memasukkan batasan koordinat tangki secara tiga dimensi ke dalam perintah compartment definition window pada *Hydromax*.

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Relative Density	Fluid Type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F Port m	F Starb. m	F Top m	F Bott. m	A Port m	A Starb. m	A Top m	A Bott. m
1	FUEL OIL - P	Tank	100	95	0.84	Diesel	none	27.5	28.5	-5	0	3.8	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
2	FUEL OIL - S	Tank	100	95	0.84	Diesel	none	27.5	28.5	0	5	3.8	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
3	FRESH WATER - P	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	15	25.5	-5	0	1.1	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
4	FRESH WATER - S	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	15	25.5	0	5	1.1	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
5	T.C.H. (T.A.B. No.1)	Tank	100	95	1.0252	Sea Water	none	37	41.5	-5	5	3.7	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
6	BALLASTABLE No.2 - P	Tank	100	95	1.0252	Sea Water	none	34	37	-5	0	3.65	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
7	BALLASTABLE No.2 - S	Tank	100	95	1.0252	Sea Water	none	34	37	0	5	3.65	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
8	BALLASTABLE No.3 - P	Tank	100	95	1.0252	Sea Water	none	28.5	34	-5	0	1.1	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
9	BALLASTABLE No.3 - S	Tank	100	95	1.0252	Sea Water	none	28.5	34	0	5	1.1	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
10	BALLASTABLE No.4	Tank	100	95	1.0252	Sea Water	none	-2	3	-5	5	3.6	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
11	T.M.K.	Tank	100	95	0.92	Lube Oil	none	6	7.5	-1.2	0	0.75	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
12	BILGE T.	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	6	7.5	0	1.2	0.75	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
13	T.A.K. - P	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	12.5	13.5	-5	0	0.75	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
14	T.A.K. - S	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	12.5	13.5	0	5	0.75	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO

Gambar 4-3 Letak Tangki-tangki Model Kapal

3. Menentukan kondisi pembebanan yakni kondisi kapal kosong.

Pada tahap ini akan dilakukan perencanaan kondisi pembebanan (*Load Case*) dengan tujuan agar bisa diketahui keadaan kapal secara teknis dalam berbagai kondisi.

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	380.3	17.389	4.888	0.000	0.000	
2	Penumpang & Bagasi (@100Kg)	0	0.1000	20.000	3.700	0.000	0.000	
3	Crew & Effect (@100 kg)	0	0.1000	21.500	7.200	0.000	0.000	
4	provisi	0	2.500	20.000	3.700	0.000	0.000	
5	General Cargo	0	38.00	31.070	2.500	0.000	0.000	
6	FUEL OIL - P	0%	0.0000	27.997	1.900	-2.086	0.000	Maximum
7	FUEL OIL - S	0%	0.0000	27.997	1.900	2.086	0.000	Maximum
8	FRESH WATER - P	0%	0.0000	20.267	0.571	-2.093	0.000	Maximum
9	FRESH WATER - S	0%	0.0000	20.267	0.571	2.093	0.000	Maximum
10	T.C.H. (T.A.B. No.1)	0%	0.0000	38.059	2.528	0.000	0.000	Maximum
11	BALLASTABLE No.2 - P	0%	0.0000	35.345	2.146	-1.100	0.000	Maximum
12	BALLASTABLE No.2 - S	0%	0.0000	35.345	2.146	1.100	0.000	Maximum
13	BALLASTABLE No.3 - P	100%	16.36	30.955	0.587	-1.385	0.000	Maximum
14	BALLASTABLE No.3 - S	100%	16.36	30.955	0.587	1.385	0.000	Maximum
15	BALLASTABLE No.4	0%	0.0000	1.174	2.878	0.000	0.000	Maximum
16	T.M.K.	0%	0.0000	6.759	0.393	-0.578	0.000	Maximum
17	BILGE T.	0%	0.0000	6.759	0.393	0.578	0.000	Maximum
18	T.A.K. - P	0%	0.0000	13.005	0.398	-1.728	0.000	Maximum
19	T.A.K. - S	0%	0.0000	13.005	0.398	1.728	0.000	Maximum
20		Total Weight=	413.1	LCG=18.464	VCG=4.547	TCG=0.000	0	
21					FS corr.=0			
22					VCG fluid=4.547			

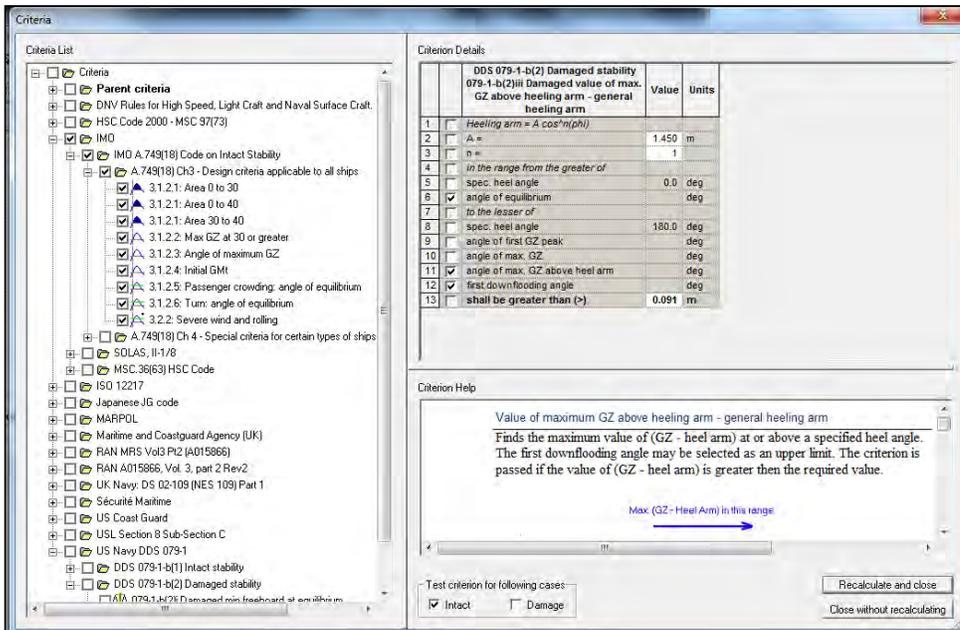
Gambar 4-4 Skenario Pembebanan Kapal Kosong

4. Penentuan Design Criteria *IS Code*:

International Maritime Organization (IMO) merekomendasikan *intact stability* untuk kapal penumpang dan kapal barang di bawah 100 m (328 ft) sebagai berikut:

1. Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian untuk sudut oleng sampai 30°.
2. Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng sampai 40°.
3. Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian.
4. Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m
5. Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°.
6. Tinggi metasenter awal (MG) tidak boleh kurang dari 0.15 m.

Berikut penentuan Kriteria IS Code pada program *Hydromax*:



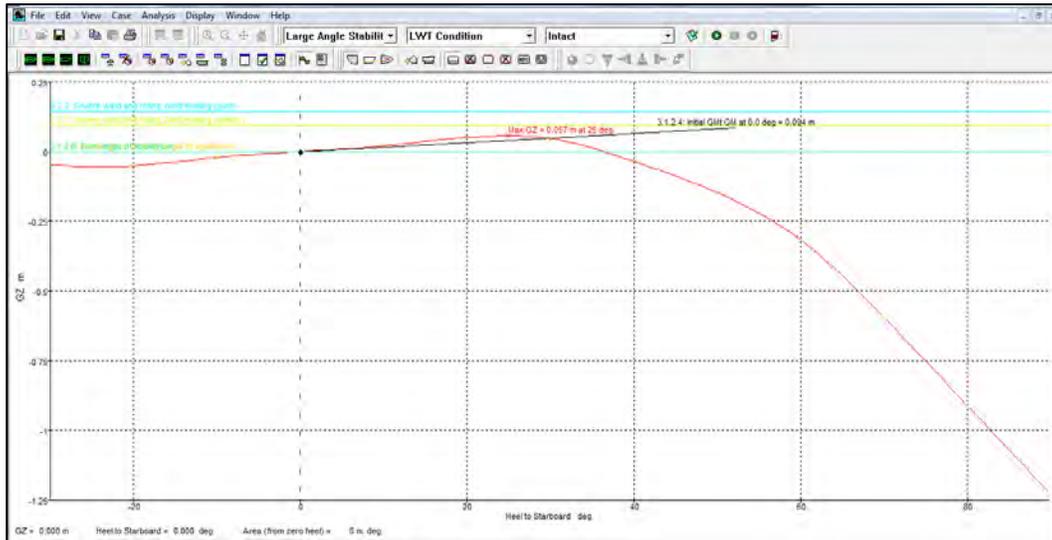
Gambar 4-5 Design Criteria IS Code

5. Hasil Running Program dalam bentuk laporan.

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Fail
2		from the greater of				
3		spec. heel angle	0.0	deg	0.0	
4		to the lesser of				
5		spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
6		angle of vanishing stability	36.4	deg		
7		shall not be less than (>=)	3.151	m.deg	1.007	Fail
8						
9	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Fail
10		from the greater of				
11		spec. heel angle	0.0	deg	0.0	
12		to the lesser of				
13		spec. heel angle	40.0	deg		
14		first downflooding angle	n/a	deg		
15		angle of vanishing stability	36.4	deg	36.4	
16		shall not be less than (>=)	5.157	m.deg	1.177	Fail
17						
18	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Fail
19		from the greater of				
20		spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
21		to the lesser of				
22		spec. heel angle	40.0	deg		
23		first downflooding angle	n/a	deg		
24		angle of vanishing stability	36.4	deg	36.4	
25		shall not be less than (>=)	1.719	m.deg	0.170	Fail
26						
27	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Fail
28		in the range from the greater of				
29		spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
30		to the lesser of				
31		spec. heel angle	90.0	deg	90.0	
32		angle of max. GZ	25.0	deg		
33		shall not be less than (>=)	0.200	m	0.047	Fail
34		Intermediate values				
35		angle at which this GZ occurs		deg	30.0	

Gambar 4-6 Criteria Result Window

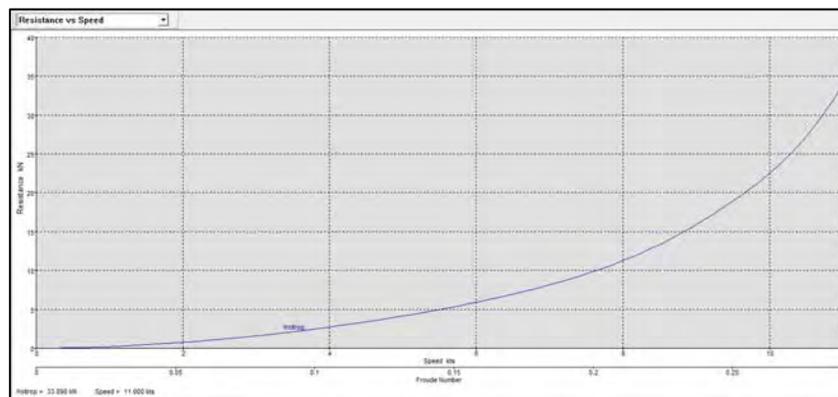
6. Hasil Running Program dalam bentuk kurva GZ



Gambar 4-7 Kurva GZ Model Kapal Eksisting

4.5. Hambatan Kapal

Peninjauan hambatan kapal pada kapal *eksisting* dilakukan untuk mengetahui nilai hambatan total yang dialami kapal. Nilai hambatan total ini nantinya akan dijadikan acuan bagi nilai hambatan model. Perhitungan hambatan kapal eksisting dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Maxsurf Hull Speed*. Dari data *General Arrangement* diketahui bahwa kapal memiliki mesin dengan daya 800 HP atau sebesar 600 KW, berdasarkan running program *Hull Speed* didapatkan hambatan total kapal sebesar 38 KN seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-8.



Gambar 4-8 Hambatan Total Kapal Eksisting

4.6. Periode Oleng Kapal

Pertimbangan periode oleng kapal atau waktu yang dibutuhkan kapal untuk kembali ke posisi tegak setelah mendapatkan gaya-gaya dari luar juga sangat mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan penumpang dan awak kapal. Berdasarkan rumus empiris waktu yang dibutuhkan kapal *eksisting* untuk kembali ke posisi tegak adalah:

$$T = 0.44 \times B / \sqrt{GM}$$
$$= 48 \text{ detik}$$

Sumber: [www.beyondbasictstability.com/william george](http://www.beyondbasictstability.com/williamgeorge), 2011.

4.7. Rangkuman

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa permasalahan stabilitas kapal perintis 200 DWT adalah kapal ini tidak memenuhi kriteria stabilitas yang disyaratkan di IS Code seperti yang ditunjukkan pada Table 4-3. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan stabilitas dengan mendisai ulang (memodifikasi) ukuran utama. Perbaikan stabilitas ini akan dibahas lebih lanjut pada bab analisis dan pembahasan.

Table 4-3 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal *eksisting* menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case A1

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	1.007	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	1.177	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.170	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.047	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	25.000	Fail



BAB 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Gambaran Umum

Seperti yang dijelaskan pada bab kondisi eksiting kapal perintis, pada bab 5 ini akan dibahas lebih lanjut mengenai perbaikan stabilitas kapal perintis 200 DWT. Dalam memperbaiki stabilitas kapal, secara umum terdapat dua variabel yang mempengaruhi yakni

KN yang mempengaruhi bentuk badan kapal di bawah air dan KG mempengaruhi titik berat kapal seperti yang ditunjukkan pada rumus berikut:

$$GZ = KN - KG \times \sin \quad (5.1)$$

Proses analisis desain ulang kapal akan dilakukan sesuai tahap-tahapan sebagai berikut:



Gambar 5-1 Tahapan Proses Analisis Desain Ulang Kapal

5.2. Menentukan Rasio Model

Tahap pertama yang perlu dipersiapkan yaitu menentukan perbandingan ukuran utama atau rasio model, sehingga dapat diketahui batasan dalam merubah ukuran utama dan mendapatkan desain yang sebaik mungkin. Oleh karena itu sebelum melakukan penentuan rasio terlebih dahulu mencari data-data dari kapal pembanding antara lain seperti yang ditunjukkan pada Table 5-1

Table 5-1 Rasio Kapal Pembanding

NO	Nama Kapal	Dimensi				Rasio		
		DWT	B	H	L	L/B	B/H	L/H
1	SABUK NUSANTARA 44	600	14.00	6.20	68.50	4.89	2.26	11.05
2	SABUK NUSANTARA 27	500	12.00	4.20	51.50	4.29	2.86	12.26
3	SABUK NUSANTARA 28	650	12.00	4.50	58.50	4.88	2.67	13.00
4	SABUK NUSANTARA 29	500	12.00	4.20	51.80	4.32	2.86	12.33
5	SABUK NUSANTARA 31	450	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70
6	SABUK NUSANTARA 32	450	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70
7	SABUK NUSANTARA 33	450	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70
8	SABUK NUSANTARA 34	450	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70
9	SABUK NUSANTARA 35	750	12.00	4.50	53.50	4.46	2.67	11.89
10	SABUK NUSANTARA 37	455	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70
11	SABUK NUSANTARA 38	455	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70
12	SABUK NUSANTARA 39	455	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70

14	SABUK NUSANTARA 41	455	12.00	4.00	62.80	5.23	3.00	15.70
15	SABUK NUSANTARA 42	600	14.00	6.20	68.50	4.89	2.26	11.05
16	SABUK NUSANTARA 43	600	14.00	6.20	68.50	4.89	2.26	11.05
17	SABUK NUSANTARA 44	750	12.00	4.50	53.50	4.46	2.67	11.89
18	PAPUA BARU	600	12.00	6.00	63.00	5.25	2.00	10.50
19	PAPUA SATU	464	7.60	5.30	44.67	5.88	1.43	8.43
20	PAPUA DUA	464	7.60	5.30	44.67	5.88	1.43	8.43
21	PAPUA TIGA	787	14.20	4.50	58.00	4.08	3.16	12.89
22	PAPUA EMPAT	203	8.00	5.20	36.60	4.58	1.54	7.04
23	PAPUA LIMA	530	12.50	4.50	51.00	4.08	2.78	11.33

Sumber : www.grosstonage.com

Dari table di atas dapat disimpulkan:

- Rasio L/B untuk kapal perintis ada pada rentang 4.08 - 5.88
- Rasio B/H untuk semua kapal ada pada rentang 1.43 - 3.16
- Rasio L/H untuk semua kapal ada pada rentang 7.04 - 15.7

Table 5-2 Rasio Model Kapal

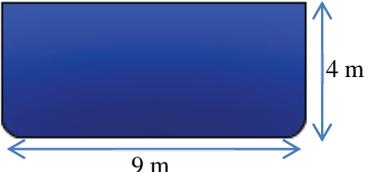
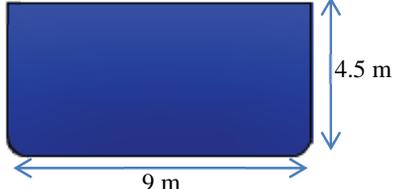
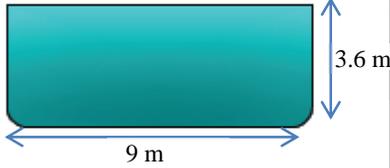
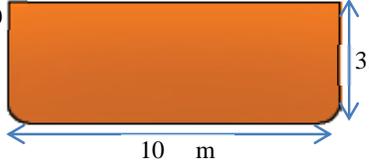
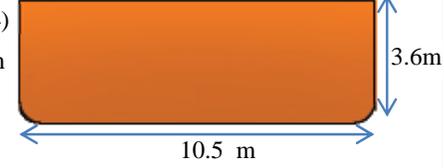
NO	MODEL	L	B	H	RATIO			Keterangan
					L/B	B/H	L/H	
1	EXISTING	44.3	9	3.6	4.9	2.5	12.3	Memenuhi
2	MODEL 1	44.3	9	4	4.9	2.3	11.1	Memenuhi
3	MODEL 2	44.3	9	4.5	4.9	2.0	9.8	Memenuhi
4	MODEL 3	44.3	10	3.6	4.4	2.8	12.3	Memenuhi
5	MODEL 4	44.3	10.5	3.6	4.2	2.9	12.3	Memenuhi
6	MODEL 5	44.3	10	4	4.4	2.5	11.1	Memenuhi
7	MODEL 6	44.3	10.5	4.5	4.2	2.3	9.8	Memenuhi

5.3. Menentukan Ukuran Utama Model

Pada tahap ini akan dilakukan modifikasi ukuran utama dengan modifikasi sistematis, yang dimaksud dengan modifikasi sistematis adalah modifikasi lambung kapal yang dimulai dengan menambah tinggi kapal tanpa menambah lebar kapal dengan tujuan untuk mengurangi kemungkinan berubahnya rencana garis dan mempermudah proses produksi. Selanjutnya dianalisis jika penambahan tinggi tidak memenuhi persyaratan stabilitas maka modifikasi kedua adalah dengan menambah lebar tanpa menambah tinggi kapal dan diperiksa

apakah modifikasi ini memenuhi kriteria stabilitas kapal . Modifikasi terakhir adalah dengan menambah lebar dan menambah tinggi kapal dan dilihat apakah penambahan lebar dan tinggi kapal memenuhi kriteria stabilitas. Dari ketiga modifikasi tersebut dipilih modifikasi yang memenuhi kriteria stabilitas. Modifikasi penambahan panjang kapal tidak dilakukan karena tidak mempengaruhi stabilitas kapal secara signifikan.

Model kapal adalah penggambaran dari modifikasi ukuran utama kapal untuk memecahkan masalah. Pemodelan lambung kapal dengan menggunakan *Maxsurf Hydromax 11.12*. Gambar 5-2 merupakan modifikasi model ukuran utama kapal perintis 200 DWT, pada kolom pertama adalah kondisi lambung kapal sebelum desain ulang (*existing ship*) sedangkan kolom kedua adalah model modifikasi yang disarankan. Berikut adalah tahapan dalam menentukan ukuran utama model kapal:

No.	Existing Ship	Modified
1		1)  2) 
2		3)  4) 
3		5)  6) 

Gambar 5-2 Modifikasi Model Kapal

5.3.1. Perhitungan Titik Berat dan KG Kapal

Setelah penambahan lebar dan atau penambahan tinggi kapal dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan titik berat pada tiap modifikasi model kapal.

Dalam menentukan titik berat kapal digunakan titik berat kapal *eksisting* sebagai acuan untuk mencari titik berat kapal baru. Perhitungan titik berat kapal baru dilakukan dengan menggunakan formula *empiris* (pengalaman) dan formula perbandingan sederhana, sebagai berikut:

Data titik berat kapal eksisting

	WEIGHT (t)	LCG (m)	MOMENT (tm)	K G (m)	MOMENT (tm)
KONDISI KAPAL SAAT PERCOBAAN	560.477	20.098	11264.458	3.861	2.052.178
KOREKSI PENAMBAHAN BEBAN	2.100	10.500	22.050	6.652	13.970
JUMLAH	562.577	20.062	11286.508	3.673	2066.148
KOREKSI PENGURANGAN BEBAN	182.243	25.640	4672.781	1.135	206.936
KAPAL KOSONG	380.334	17.389	6613.727	4.888	1859.210

DISPLACEMENT	=	380.334	ton
KG	=	4.888	m
KM	=	4.745	m
GM = KM - KG	=	-0.144	m
LCG TERHADAP AP	=	17.389	m
TINGGI SARAT	=	1.651	m

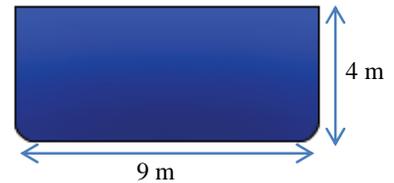
I. Titik berat model 1

$$L_{pp} = 41.496 \text{ m}$$

$$B = 9.000 \text{ m}$$

$$H = 4.000 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} KG_1 &= KG_0 + (1/4 \times \text{selisih tinggi}) \\ &= 4.888 + (1/4 \times 0.4) \\ &= 4.888 + 0.1 \quad 9 \text{ m} \\ &= 4.988 \text{ m} \end{aligned}$$



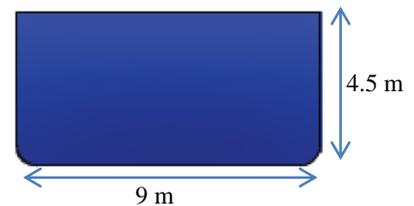
II. Titik berat model 2

$$L_{pp} = 41.496 \text{ m}$$

$$B = 9.000 \text{ m}$$

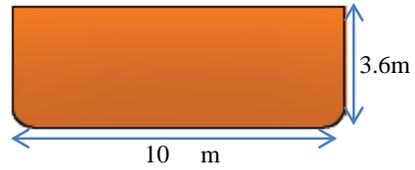
$$H = 4.500 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} KG_2 &= KG_0 + (1/4 \times \text{selisih tinggi}) \\ &= 4.888 + (1/4 \times 0.9) \\ &= 4.888 + 0.225 \\ &= 5.113 \text{ m} \end{aligned}$$



III. Titik berat model 3

Lpp : 41.496 m
 B : 10.000 m
 H : 3.600 m
 Displacement : 567.396 Ton



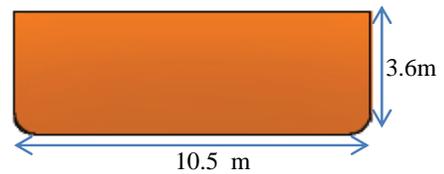
$$\frac{KG_0}{Vol.Displ3} : \frac{KG_3}{Vol.Displ0}$$

$$\frac{4.888}{567.296} : \frac{KG_3}{560.477}$$

KG3 : 4.828 m

IV. Titik berat model 4

Lpp : 41.496 m
 B : 10.500 m
 H : 3.600 m
 Displacement : 595.765 Ton



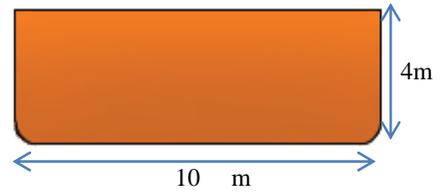
$$\frac{KG_0}{Vol.Displ4} : \frac{KG_4}{Vol.Displ0}$$

$$\frac{4.888}{595.765} : \frac{KG_4}{560.477}$$

KG4 : 4.598 m

V. Titik berat model 5

Lpp	:	41.496	m
B	:	10.000	m
H	:	4.000	m
Displacement	:	578.466	Ton



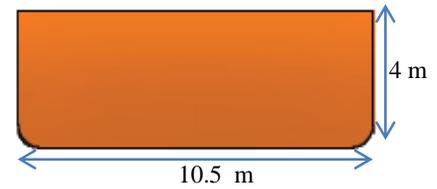
$$\frac{KG_0}{Vol.Displ3} : \frac{KG_5}{Vol.Displ0}$$

$$\frac{4.888}{578.466} : \frac{KG_5}{560.477}$$

$$KG_5 : 4.855 \text{ m}$$

VI. Titik berat model 6

Lpp	:	41.496	m
B	:	10.500	m
H	:	4.000	m
Displacement	:	597.765	Ton



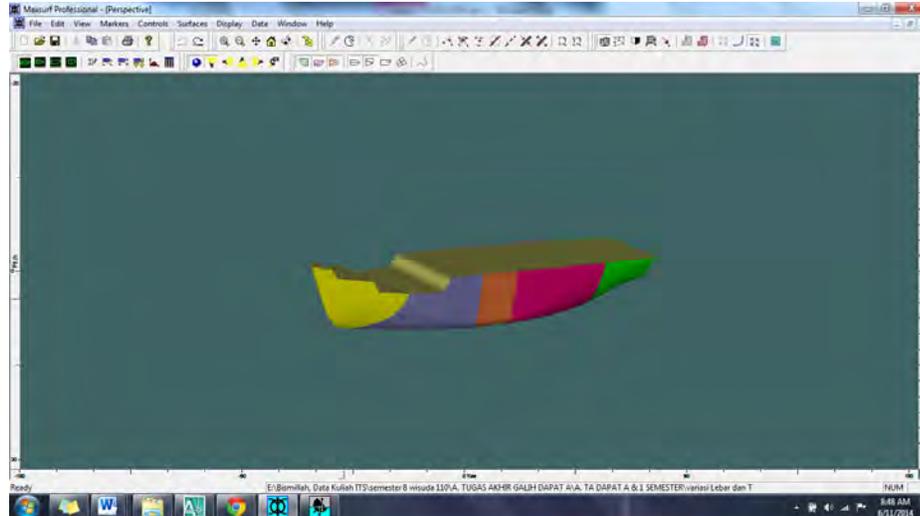
$$\frac{KG_0}{Vol.Displ4} : \frac{KG_6}{Vol.Displ0}$$

$$\frac{4.888}{595.765} : \frac{KG_6}{560.477}$$

$$KG_6 : 4.598 \text{ m}$$

5.3.2. Pemodelan Kapal

Setelah titik berat model ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan kapal yang dilakukan dengan program software *Maxsurf*.

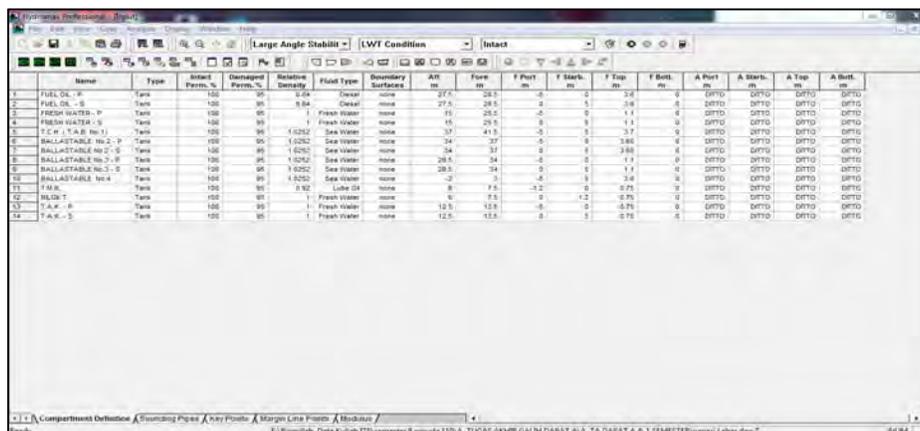


Gambar 5-3 Pemodelan lambung kapal pada salah satu model menggunakan *Maxsurf*.

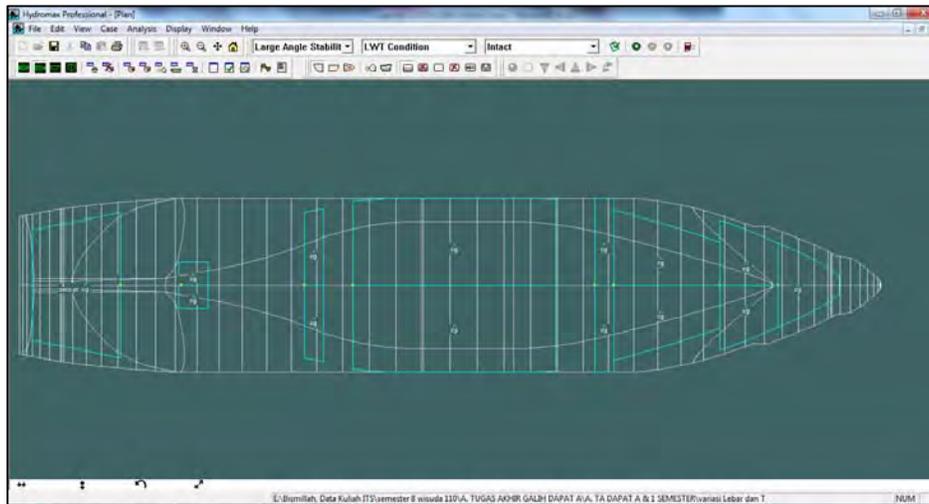
Pemodelan lambung kapal ini merupakan langkah awal dan selanjutnya dilakukan modifikasi dengan menambah lebar dan atau menambah tinggi kapal. Penambahan lebar dan atau tinggi kapal ini dilakukan dengan mengubah *size surface* pada *Maxsurf*.

5.3.3. Pemodelan Tangki-Tangki Kapal

Pemodelan tangki dilakukan dengan menggunakan software *Hydromax*. Pemodelan dilakukan dengan cara memasukkan batasan koordinat tangki secara tiga dimensi ke dalam perintah *compartment definition window* pada *Hydromax*.



Gambar 5-4 *Compartment Definition Window* pada *Hydromax*



Gambar 5-5 Hasil pemodelan tangki dengan menggunakan *Hydromax*

5.3.4. Perencanaan Load Case

Pada tahap ini akan dilakukan perencanaan *Load Case* dengan tujuan agar bisa diketahui keadaan kapal secara teknis dalam berbagai kondisi. Dalam Tugas Akhir ini akan dibuat kondisi pembebanan menjadi tujuh kondisi secara garis besar, yaitu:

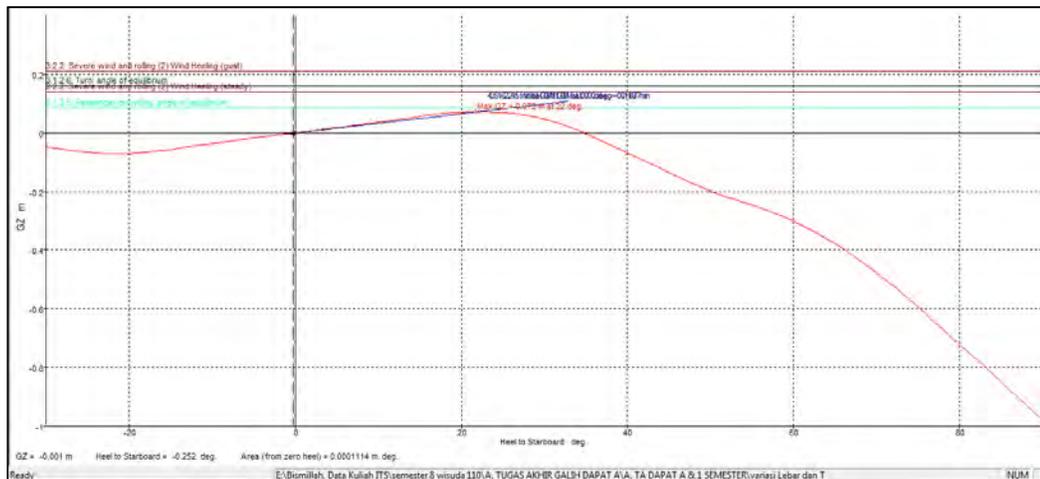
1. Kondisi kapal dalam keadaan kosong (A1)
2. Kondisi stabilitas berdasarkan IMO
 - a. Pada saat kapal keadaan *full load*, kondisi tangki *consumable* dalam keadaan penuh, dan tanpa pengisian tangki ballas (B1).
 - b. Pada saat kapal keadaan *full load*, kondisi tangki *consumable* dalam keadaan 50%, dan tanpa pengisian tangki ballas (B2).
 - c. Pada saat kapal keadaan *full load*, kondisi tangki *consumable* dalam keadaan 10%, dan tanpa pengisian tangki ballas (B3).
 - d. Pada saat kapal keadaan *50% load*, kondisi tangki *consumable* dalam keadaan penuh, dan tanpa pengisian tangki ballas (B4).
 - e. Pada saat kapal keadaan *50% load*, kondisi tangki *consumable* dalam keadaan 50%, dan tanpa pengisian tangki ballas (B5).
 - f. Pada saat kapal keadaan *50% load*, kondisi tangki *consumable* dalam keadaan 10%, dan tanpa pengisian tangki ballas (B5).

5.3.5. Pemeriksaan Stabilitas

Setelah analisis *Load Case* kapal ditentukan dan dihitung dengan bantuan program *Hydromax Pro 11.12*, maka didapat keluaran data hasil perhitungan berupa table dan kurva stabilitas. Dari Table 5-3 dan Grafik 5-1 kita dapat mengetahui stabilitas antara variasi *Load Case* tersebut, maka selanjutnya kita dapat mengetahui stabilitas dari kapal tersebut yaitu sebagai berikut:

Table 5-3 Input *Load Case* Kondisi Kapal Kosong (A1)

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	346.0	17.389	4.988	0.000	0.000	
2	Penumpang & Bagasi (@100Kg)	0	0.1000	20.000	3.700	0.000	0.000	
3	Crew & Effect (@100 kg)	0	0.1000	21.500	7.200	0.000	0.000	
4	provisi	0	2.500	20.000	3.700	0.000	0.000	
5	General Cargo	0	38.00	31.070	2.500	0.000	0.000	
6	FUEL OIL - P	0%	0.0000	27.997	1.900	-2.086	0.000	Maximum
7	FUEL OIL - S	0%	0.0000	27.997	1.900	2.086	0.000	Maximum
8	FRESH WATER - P	0%	0.0000	20.267	0.571	-2.093	0.000	Maximum
9	FRESH WATER - S	0%	0.0000	20.267	0.571	2.093	0.000	Maximum
10	T.C.H. (T.A.B. No.1)	0%	0.0000	38.059	2.528	0.000	0.000	Maximum
11	BALLASTABLE No.2 - P	0%	0.0000	35.345	2.146	-1.100	0.000	Maximum
12	BALLASTABLE No.2 - S	0%	0.0000	35.345	2.146	1.100	0.000	Maximum
13	BALLASTABLE No.3 - P	100%	16.36	30.955	0.587	-1.385	0.000	Maximum
14	BALLASTABLE No.3 - S	100%	16.36	30.955	0.587	1.385	0.000	Maximum
15	BALLASTABLE No.4	0%	0.0000	1.175	2.878	0.000	0.000	Maximum
16	T.M.K.	0%	0.0000	6.759	0.393	-0.578	0.000	Maximum
17	BILGE T.	0%	0.0000	6.759	0.393	0.578	0.000	Maximum
18	T.A.K. - P	0%	0.0000	13.005	0.398	-1.728	0.000	Maximum
19	T.A.K. - S	0%	0.0000	13.005	0.398	1.728	0.000	Maximum
20		Total Weight=	378.7	LCG=18.561	VCG=4.608	TCG=0.000	0	
21					FS corr.=0			
22					VCG fluid=4.608			



Grafik 5-1 Kurva Stabilitas Model 1 pada Kondisi Kapal Kosong (A1)

Table 5-4 Hasil Pemeriksaan Stabilitas Model 1 Pada Kondisi Kapal Kosong (A1)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Fail
	from the greater of				
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Fail
	from the greater of				
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40.0	deg		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Fail
	from the greater of				
	spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40.0	deg		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 40 to 45				Fail
	from the greater of				
	spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40.0	deg		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Fail
	In the range from the greater of				
	spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90.0	deg	90.0	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Fail
	shall not be less than (>=)	25.0	deg	22.0	Fail
	angle of max. GZ	22.0	deg		
	shall not be less than (>=)	0.200	m	0.046	Fail
	intermediate values				
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT				Pass
	spec. heel angle	0.0	deg		
	shall not be less than (>=)	0.150	m	0.187	Pass

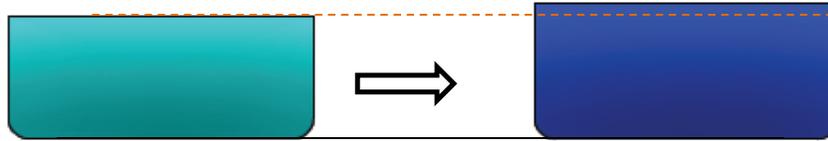
Hasil pemeriksaan stabilitas pada program *Hydromax Pro 11.12*, dapat dilihat dari Grafik 5-1 dan Table 5-4.

5.4. Analisis Model

Pada tahapan ini baru dapat dilakukan proses pemilihan model kapal yang sebelumnya sudah direncanakan. Dalam pemilihan model, yang menjadi pertimbangan adalah hasil perhitungan analisis stabilitas, hambatan dan periode oleng. Setelah dilakukan penelitian-penelitian dengan bantuan program *Maxsurf Pro 11.12*, *Hullspeed 11.12*, dan *Hydromax Pro 11.12* maka barulah diperoleh data-data antara 6 variasi model lambung kapal perintis 200 DWT. Kemudian dari data-data tersebut akan dipilih salah satu model kapal yang terbaik yang menjadi tujuan dari penelitian ini, yaitu memperoleh desain kapal yang memiliki stabilitas yang baik, periode oleng kapal yang nyaman untuk penumpang, dan efisiensi hambatan kapal yang baik.

5.4.1. Analisis Stabilitas

Model Kapal 1



Gambar 5-6 Modifikasi Model Kapal 1

Table 5-5 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 1 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case A1*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.301	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.301	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.000	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.001	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	22.000	Fail

Table 5-6 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 1 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B1*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.024	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	5.838	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	2.814	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.348	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	49.000	Pass

Table 5-7 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 1 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B2*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.000	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	1.116	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	-0.049	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Pass

Table 5-8 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 1 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B3*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.438	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	-0.222	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Fail

Table 5-9 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 1 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B4*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.081	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	5.908	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	2.828	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.346	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Pass

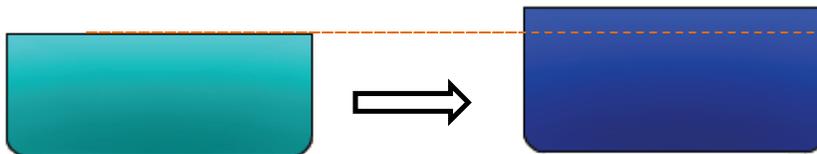
Table 5-10 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 1 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B5

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	1.094	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	-0.049	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Fail

Table 5-11 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 1 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B6

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.081	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	5.908	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	2.828	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.346	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	49.000	Pass

Model Kapal 2



Gambar 5-7 Modifikasi Model Kapal 2

Table 5-12 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 2 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B1*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	2.317	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.638	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	2.320	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.335	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	59.000	Pass

Table 5-13 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 2 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B2*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	1.852	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	-0.097	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Fail

Table 5-14 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 2 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B3*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	4.252	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	-0.275	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Fail

Table 5-15 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 2 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B4

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	2.414	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.776	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	2.361	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.337	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	59.000	Pass

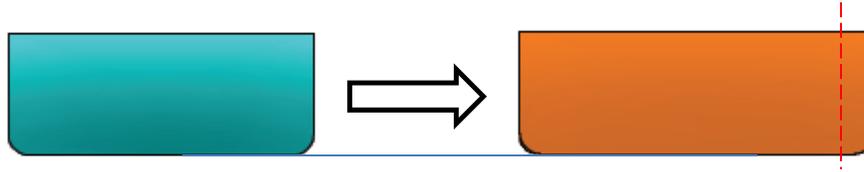
Table 5-16 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 2 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B5

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	1.852	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	-0.097	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Fail

Table 5-17 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 2 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B6

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	0.000	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	4.268	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	-0.297	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	21.000	Fail

Model Kapal 3



Gambar 5-8 Modifikasi Model Kapal 3

Table 5-18 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 3 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case A1*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	8.642	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	12.923	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	4.281	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.458	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	29.000	Pass

Table 5-19 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 3 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B1*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.099	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	17.286	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	7.186	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.760	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

Table 5-20 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 3 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B2*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	5.560	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	8.728	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.168	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.331	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	31.000	Pass

Table 5-21 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 3 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B3*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.458	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.362	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.904	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.151	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	24.000	Fail

Table 5-22 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 3 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B4*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.202	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	17.402	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	7.218	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.762	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

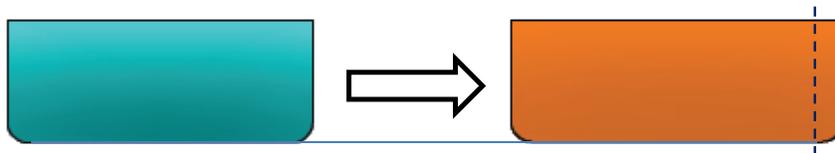
Table 5-23 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 3 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B5

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	5.560	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	8.728	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.168	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.331	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	31.000	Pass

Table 5-24 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 3 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B6

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.500	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.351	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.852	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.149	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	23.000	Fail

Model Kapal 4



Gambar 5-9 Modifikasi Model Kapal 4

Table 5-25 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 4 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case A1*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	13.515	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	20.791	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	7.276	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.741	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	32.000	Pass

Table 5-26 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 4 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B1*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	14.136	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	23.878	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	9.741	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	1.025	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

Table 5-27 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 4 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B2*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.015	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	15.957	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	5.942	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.601	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	34.000	Pass

Table 5-28 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 4 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B3*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	8.247	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	12.089	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.843	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.427	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	28.000	Pass

Table 5-29 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 4 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B4*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	14.259	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	24.043	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	9.783	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	1.028	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

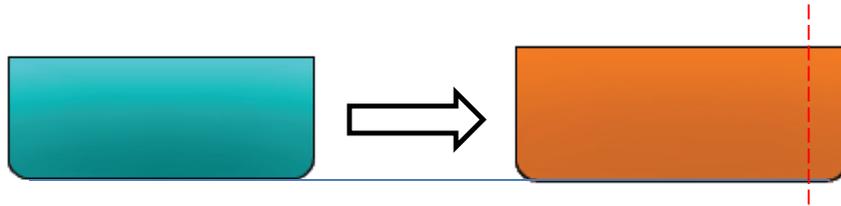
Table 5-30 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 4 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B5*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.015	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	15.957	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	5.942	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.601	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	34.000	Pass

Table 5-31 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 4 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B6

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	8.322	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	12.131	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.809	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.426	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	27.000	Pass

Model 5



Gambar 5-10 Modifikasi Model 5

Table 5-32 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 5 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case A1

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.099	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	17.286	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	7.186	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.760	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

Table 5-33 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 5 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B1*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	5.560	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	8.728	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.168	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.331	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	31.000	Pass

Table 5-34 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 5 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B2*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.458	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.362	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.904	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.151	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	24.000	Fail

Table 5-35 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 5 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B3*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.202	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	17.402	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	7.218	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.762	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

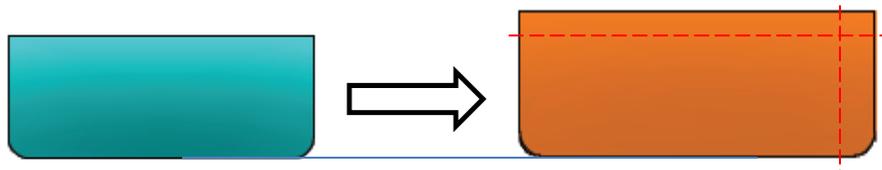
Table 5-36 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 5 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B4

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	5.560	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	8.728	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.168	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.331	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	31.000	Pass

Table 5-37 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 5 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B5

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.500	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.351	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.852	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.149	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	23.000	Fail

Model Kapal 6



Gambar 5-11 Modifikasi Model Kapal 6

Table 5-38 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 6 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case A1*

Criteria	Value	Actual	Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	8.642	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	12.923	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	4.281	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.458	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	29.000	Pass

Table 5-39 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 6 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B1*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.099	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	17.286	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	7.186	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.760	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

Table 5-40 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 6 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B2*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	5.560	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	8.728	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.168	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.331	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	31.000	Pass

Table 5-41 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 6 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B3*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.458	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.362	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.904	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.151	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	24.000	Fail

Table 5-42 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 6 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B4*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	10.202	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	17.402	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	7.218	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.762	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	43.000	Pass

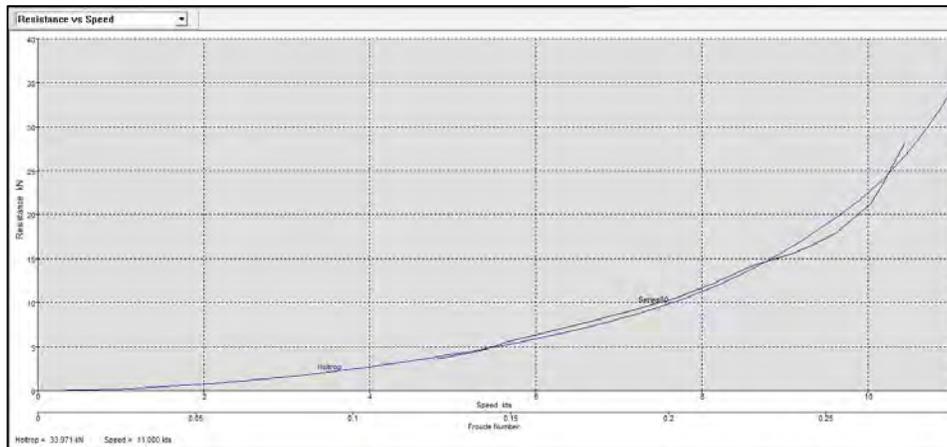
Table 5-43 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 6 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. *Load Case B5*

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	5.560	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	8.728	Pass
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	3.168	Pass
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.331	Pass
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	31.000	Pass

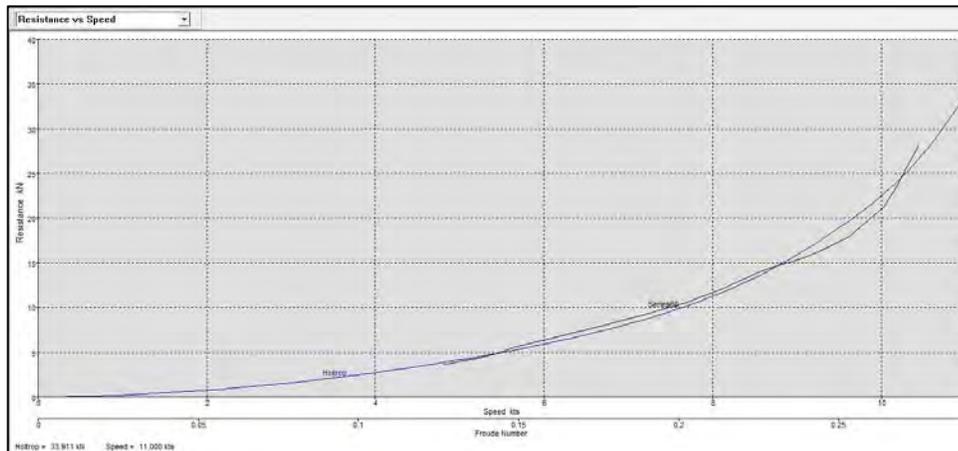
Table 5-44 Hasil running perhitungan stabilitas model kapal 6 menurut standar IS Code A. 749(18)Ch3. Load Case B6

Criteria	Value		Status
Luas lengan stabilitas statis untuk sudut oleng 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m-radian	3.151	3.500	Pass
Luas lengan stabilitas statis tidak boleh kurang dari 0.09 m-radian untuk sudut oleng 0° sampai 40°	5.157	4.351	Fail
Luas lengan stabilitas statis antara sudut 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m-radian	1.719	0.852	Fail
Minimum lengan stabilitas statis untuk lebih besar sama dengan 30°, tidak boleh kurang dari 0.2 m	0.2	0.149	Fail
Sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum sebaiknya 30° dan tidak kurang dari 25°	25	23.000	Fail

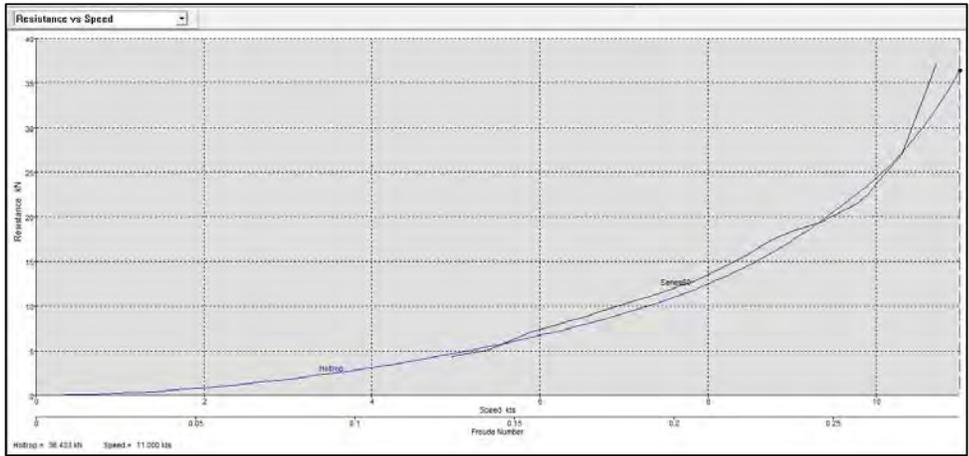
5.4.2. Analisis Hambatan Dengan Program *Hullspeed*



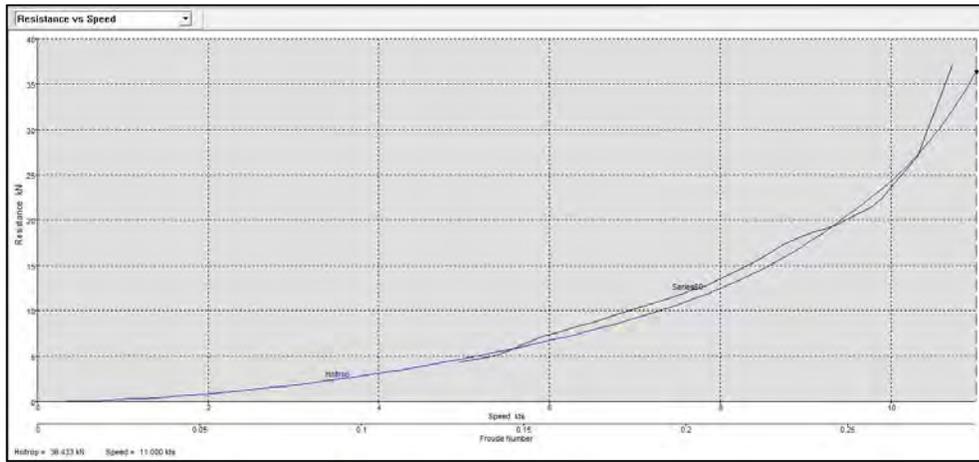
Gambar 5-12 Analisis Hambatan Model 1



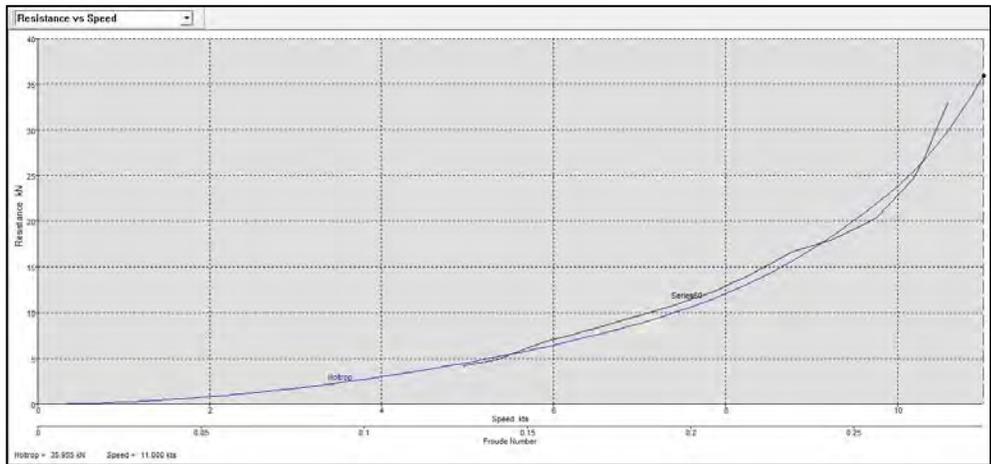
Gambar 5-13 Analisis Hambatan Model 2



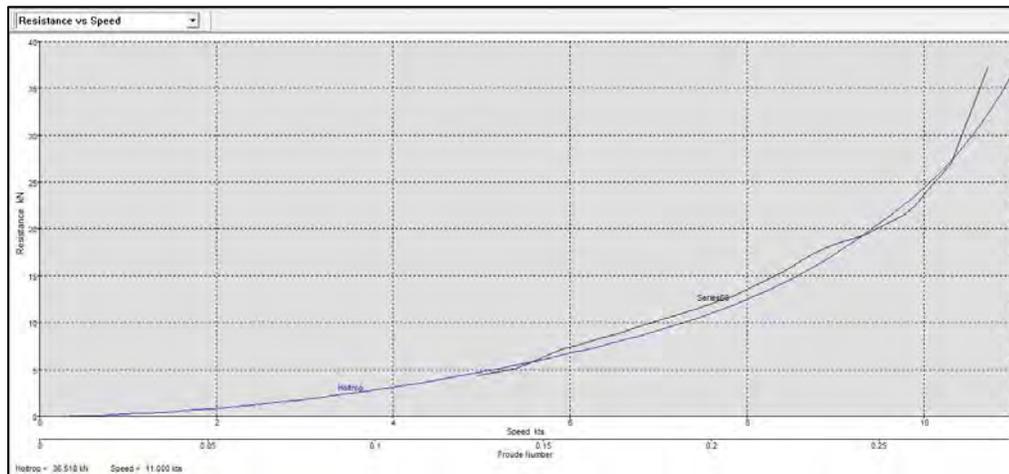
Gambar 5-14 Analisis Hambatan Model 3



Gambar 5-15 Analisis Hambatan Model 4



Gambar 5-16 Analisis Hambatan Model 5



Gambar 5-17 Analisis Hambatan Model 6

Table 5-45 Hasil Analisis Hambatan Per Model

Model Kapal	Power (hp)	Resistance (kN)
Model 1	800	33.97
Model 2	800	33.91
Model 3	800	35.87
Model 4	800	36.43
Model 5	800	35.95
Model 6	800	36.52

5.4.3. Analisis Periode Olang

Untuk periode olang kapal pada umumnya mempengaruhi stabilitas kapal, dimana untuk periode olang kapal antara 30-35 detik, kapal dikatakan mempunyai stabilitas langsar dan mengakibatkan ketidaknyamanan pada gerak kapal maupun penumpang yang ada di dalam kapal. Sedangkan kapal yang memiliki periode olang kapal di bawah 8 detik, kapal dikatakan memiliki stabilitas kaku, ini juga menyebabkan ketidaknyamanan berupa gerakan olang kapal terlalu cepat, sehingga akan berdampak pada kenyamanan penumpang dan karena gerakan olang yang terlalu cepat mengakibatkan pusing yang berlebihan terhadap

penumpang kapal. Untuk kapal yang memenuhi persyaratan biasanya kapal mempunyai periode oleng 20-25 detik. (Ship Stability for Masters & Mates, 1999).

$$T = 0.44 \times B / \sqrt{GM}$$

= 48 detik

Dimana:

T = periode oleng (s)

B = Lebar Kapal (m)

GM = panjang metacentre

Table 5-46 Hasil analisis periode oleng per model

Model Kapal	GM (m)	Periode (s)
Model 1	0.27	47.3
Model 2	0.34	42.3
Model 3	0.59	38
Model 4	0.84	31
Model 5	0.73	36
Model 6	0.63	32

5.4.4. Rangkuman

Table 5-47 Rangkuman Analisis

Model Kapal	GM (m)	Periode (s)	Power (hp)	Resistance (kN)	Stabilitas
Model 1	0.27	47.3	800	33.97	Fail
Model 2	0.34	42.3	800	33.91	Fail
Model 3	0.59	38	800	35.87	Fail
Model 4	0.84	31	800	36.43	Pass
Model 5	0.73	36	800	35.95	Fail
Model 6	0.63	32	800	36.52	Pass

Dari Table 5-47 dapat dilihat rangkuman keseluruhan hasil analisis pada model modifikasi yang meliputi hasil analisis periode, hambatan dan stabilitas kapal. kemudian dari hasil analisis tersebut dipilih model kapal yang terbaik sesuai tujuan dari penelitian ini, yaitu memperoleh desain kapal yang memiliki stabilitas yang baik, memiliki hambatan rendah dan memiliki periode oleng yang baik. Untuk menganalisis stabilitas kapal, yang menjadi parameter adalah memenuhi seluruh kriteria stabilitas, dari hasil analisis hanya model IV dan VI yang memenuhi seluruh kriteria stabilitas. Sedangkan untuk kriteria hambatan dan periode oleng yang menjadi parameter adalah memiliki nilai terkecil. Dari kedua model yang memenuhi kriteria stabilitas, model modifikasi IV memiliki nilai hambatan dan periode oleng lebih kecil dari model VI. Berdasarkan kriteria tersebut maka dipilih model kapal IV sebagai model yang memiliki stabilitas, hambatan dan periode oleng kapal yang terbaik.



BAB 6. RENCANA GARIS DAN RENCANA UMUM

6.1. Gambaran Umum

Pada bab ini akan menjelaskan proses pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum dengan menggunakan data ukuran utama yang telah dipilih pada bab analisis dan

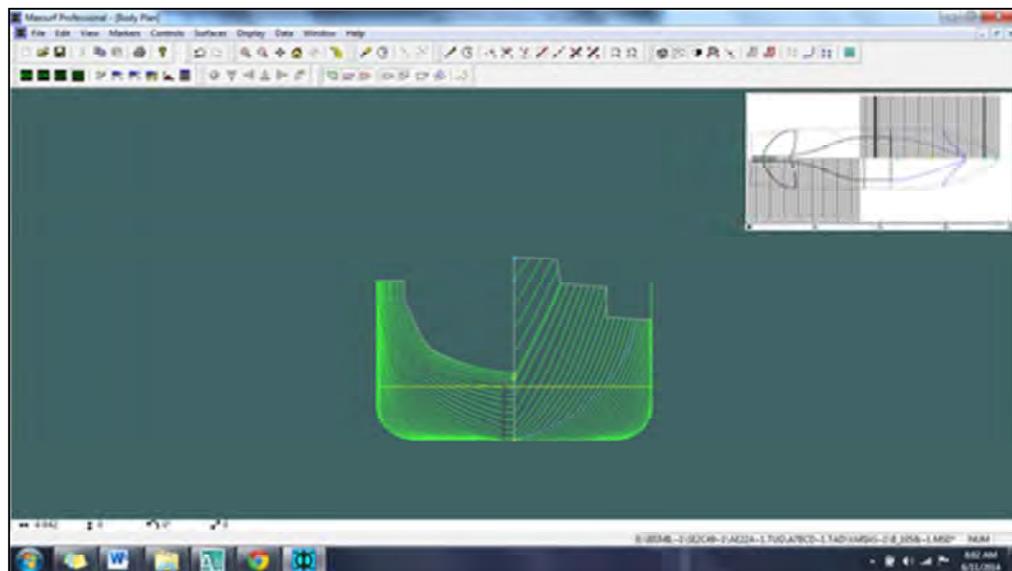
pembahasan. Pembuatan rencana garis (linesplan) dilakukan dengan program *Maxsurf Pro* 11.12 yang kemudian diexport ke AutoCad..

6.2. Rencana Garis

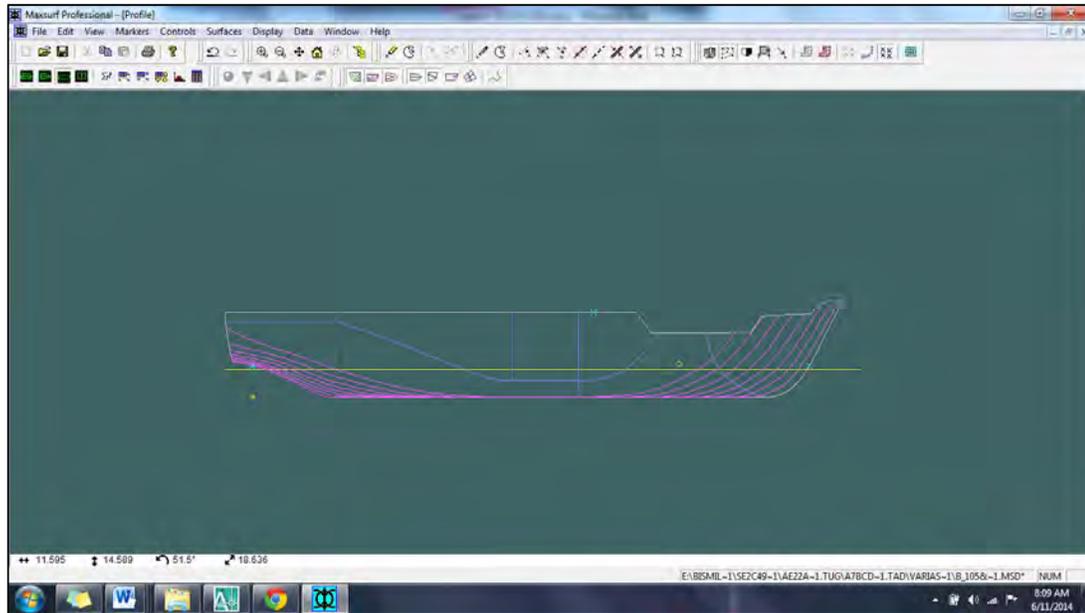
Bentuk lambung kapal didapat dengan melakukan *normalisasi* dari lambung kapal yang sudah ada sebelumnya, ukuran utama model yang dipilih analisis ditunjukkan pada Table 6-1. Rencana garis dari model terpilih dapat dilihat pada lampiran.

Table 6-1 Ukuran Utama Model Kapal 4 (*Principal Dimension*)

Ukuran Utama	Besar	Satuan
Panjang seluruh kapal (LOA)	44.300	m
Panjang antar garis tegak (LPP)	39.900	m
Lebar (B)	10.500	m
Tinggi (H)	3.600	m
Sarat (T)	2.300	m
Cb	0.580	



Gambar 6-1 Body Plan

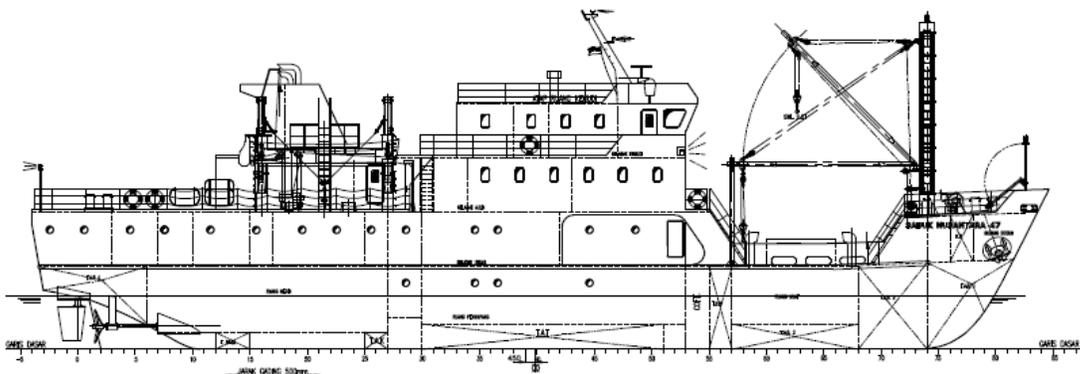


Gambar 6-2 Sheer Plan

Setelah didesain pada *Bodyplan*, *Water lines*, dan *Sheer plan* selesai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6-1 dan Gambar 6-2 langkah berikutnya adalah memindah masing-masing desain tersebut ke dalam *AutoCad*, kemudian dilakukan proses akhir yaitu pemberian symbol-simbol dan keterangan yang tidak bisa dilakukan di *Maxsurf Pro*.

6.3. Rencana Umum (General Arrangement)

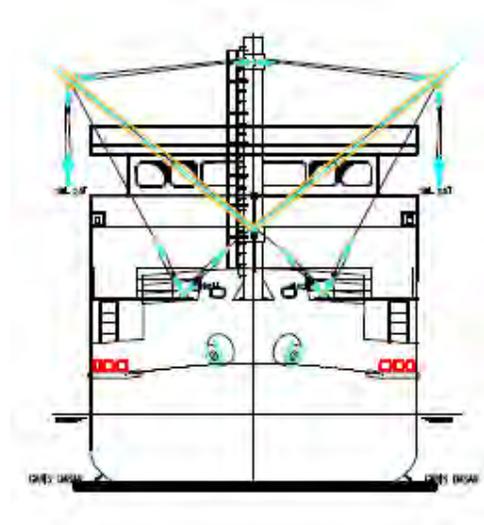
Pada tahap pembuatan rencana umum ini, dilakukan *normalisasi* tata ruang di setiap ruangan berdasarkan rencana umum sebelumnya. Berikut ini adalah rencana umum kapal, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran:



Gambar 6-3 Rencana Umum Tampak Samping



Gambar 6-4 Rencana Umum Tampak Atas



Gambar 6-5 Rencana Umum Tampak Depan



BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran.

7.1. Kesimpulan

1. Ukuran Utama Optimum yang didapat dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah model kapal IV dengan LOA= 44.30 m, LPP= 39.90 m, B= 10.5 m dan H=3.6 m.
2. Model kapal IV pada kecepatan 11 knot menghasilkan hambatan sebesar 36.43 kN, memiliki periode oleng sebesar 31 detik dan memenuhi kriteria stabilitas (IMO International Code on Intact Stability, 2008).
3. Model kapal IV dipilih sebagai model kapal terbaik karena memenuhi kriteria stabilitas (IMO International Code on Intact Stability, 2008) pada semua kondisi pembebanan, memiliki nilai hambatan lebih kecil dibandingkan model kapal VI dan memiliki periode oleng lebih dibanding model kapal VI.

7.2. Saran

Ada beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan apabila ada penelitian dengan topic serupa. Pertama, karena keterbatasan waktu pada penelitian tugas akhir ini hanya dilakukan pada stabilitas *intact* saja. Pada penelitian selanjutnya penelitian juga dapat dilakukan pada stabilitas *damage*. Kedua, pada penelitian tugas akhir ini, performa kapal yang diuji melalui *naval architecture commercial software* hanya berupa stabilitas, tahanan dan periode oleng. Pada penelitian selanjutnya, *performance* kapal dapat diteliti lebih jauh dengan menganalisa *maneuvering* dan *seakeeping* kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Santoso, IGM, Sudjono, YJ, 1983. "Teori Bangunan Kapal". Jakarta, Indonesia: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Derret, D.R dan C.B Barras, 1999. "Ship Stability for Master and Mates". Butterworth-Heineman.
- Wibowo, Fadwi Mukti. 2011. "Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomis Konversi Kapal Tanker Marlina XV 29990 DWT Menjadi Bulk Carrier". FTK-ITS:Surabaya.
- Code on Intact Stability Criteria for All Types of Ships Covered by IMO Instruments, 2008 edition, IMO, London.
- Lewis, Edward V., 1988. "Principal of Naval Architecture Second Revision Volume I Stability and Strength". Jersey City, NJ: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Putra, I Kadek Yasa Permana. 2011. "Perancangan Kapal Catamaran Multi Purpose Untuk Pelayaran Bawean-Gresik Pada Cuaca Ekstrim". FTK-ITS:Surabaya.
- Fatahillah, Zainul Arifin. 2013. "Analisis Teknis dan Ekonomis Konversi Landing Craft Tank (LCT)Menjadi Self-Propelled Oil Barge (SPOB)". FTK-ITS:Surabaya.
- <https://www.linkedin.com/groups/formula-given-below-describes-what-3717991.S.46936003>
diakses tanggal 15 Maret 2014
- <http://m.dephub.go.id/read/opini/kapal-perintis-memanusiakan-manusia-pulau-terluar>.
diakses tanggal 07 Maret 2014
- <http://m.dephub.go.id/read/berita/direktorat-jenderal-perhubungan-laut/7-unit-kapal-perintis-akan-segera-dibangun-oleh-kemenhub>. diakses tanggal 07 Maret 2014
- <http://m.dephub.go.id/read/berita/direktorat-jenderal-perhubungan-laut/kontrak-pembangunan-7-kapal-perintis-akan-ditandatangani>. diakses tanggal 07 Maret 2014
- <https://www.linkedin.com/groups/formula-given-below-describes-what-3717991.S.46936003>
diakses tanggal 15 Maret 2014

[http://www. beyond basict stability.com/william george](http://www.beyondbasicstability.com/william-george), diakses tanggal 17 Maret 2014

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah memberi dukungan dan saran baik moral maupun spiritual atas terselesaikannya Tugas Akhir ini. Tanpa bantuan dari semuanya, Tugas Akhir ini tidak mungkin bisa terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Kedua orang tua tercinta (Roedy Andanniyo dan Almarhumah Titin Cahya Ningsih) yang tiada henti-hentinya memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, serta adik-adik tersayang (Deny dan Yohan Andanniyo) yang turut memberikan semangat agar dapat segera menyelesaikan kuliah di Teknik Perkapalan FTK ITS.
- 2) Teman-teman seperjuangan Samsuri, Nadia, Wayan dan Kiki. Semoga apa yang telah kita kerjakan benar-benar bermanfaat bagi masyarakat dan kita segera sukses serta sejahtera sedini mungkin.
- 3) Teman-teman Kerukunan Pelajar Mahasiswa Kepulauan Riau-Surabaya (KPMKR-Surabaya) yang turut memberikan dukungan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
- 4) Teman-teman CAPTAIN P-50, Frenky, Johan, Yogi, Arum, Edo, Wina, Farinda, Didin dan teman-teman lainnya yang turut memberikan dukungan.
- 5) Mas Boy Novryansyah dan Mas Baydowi yang telah banyak memberi arahan dan bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
- 6) Teman-teman Jurusan Teknik Perkapalan ITS P53, P52, P51, P49,P48 dan P47++. Terima kasih atas dukungan, ilmu, saran, pengalaman dan kenangan indah selama di Kampus Perjuangan ITS.
- 7) Serta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu di sini yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah dilakukan.

BIOGRAFI PENULIS



GALIH ANDANNIYO lahir di Batam pada tanggal 31 Maret 1991. Penulis yang biasa dipanggil Galih ini merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis memulai pendidikan dasar di tempat kelahirannya, TK Al – Azhar Batam dan melanjutkan studinya di SD N 10 Batam, SMP N 9 Batam, lalu sempat sekolah pariwisata di SMK N 2 Batam selama 1 tahun dan kemudian pindah ke sekolah teknik di SMK N 1 Batam dan lulus tahun 2010. Selesai SMK, penulis berhasil diterima di Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS.

Selama masa studinya di ITS, penulis aktif dalam kegiatan yang ada di ITS maupun di organisasi daerah. Amanah yang pernah diterima penulis diantaranya adalah sebagai Ketua Kerukunan Pelajar Mahasiswa Kepulauan Riau – Surabaya (KPMKR-Surabaya) periode 2012-2014. Selain itu penulis juga pernah menjadi pengurus Kementerian Riset dan Teknologi BEM FTK ITS periode 2011-2012 dan juga menjadi pengurus Departemen Pendidikan dan Keprofesian Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) 2012-2013. Untuk pengembangan pengetahuan, penulis melakukan kerja praktek di PT Dok dan Perkapalan Surabaya (DPS) dan PT Germanischer Lloyds cabang Batam.

Di sela-sela waktu kuliah, penulis juga diamanahkan menjadi asisten dosen di beberapa mata kuliah seperti koordinator pelatihan AutoCad dan menggambar teknik, Konstruksi dan kekuatan kapal serta asisten Perancangan Kapal 1.

galihandanniyo@gmail.com

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Rencana Umum Kapal Eksisting

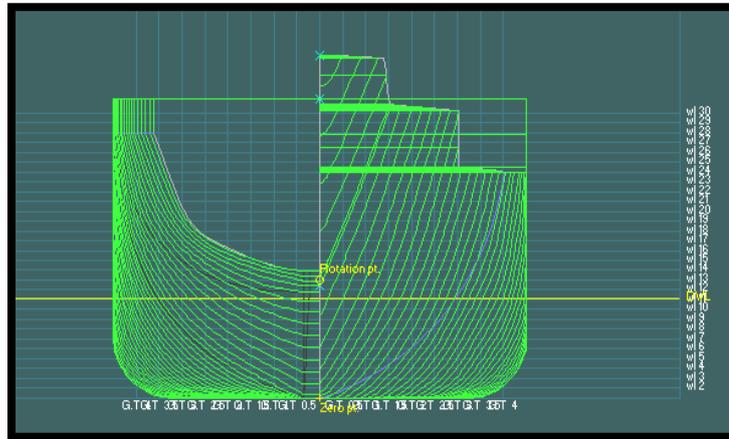
Lampiran 2 Gambar Rencana Umum Kapal Modifikasi

Lampiran 3 Gambar Rencana Garis Kapal Eksisting

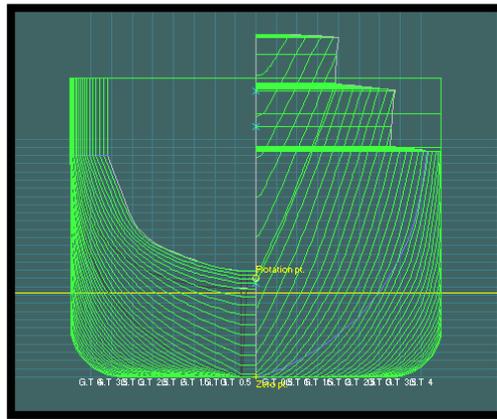
Lampiran 4 Gambar Pemodelan Geometry

Lampiran 5 Analisa Stabilitas

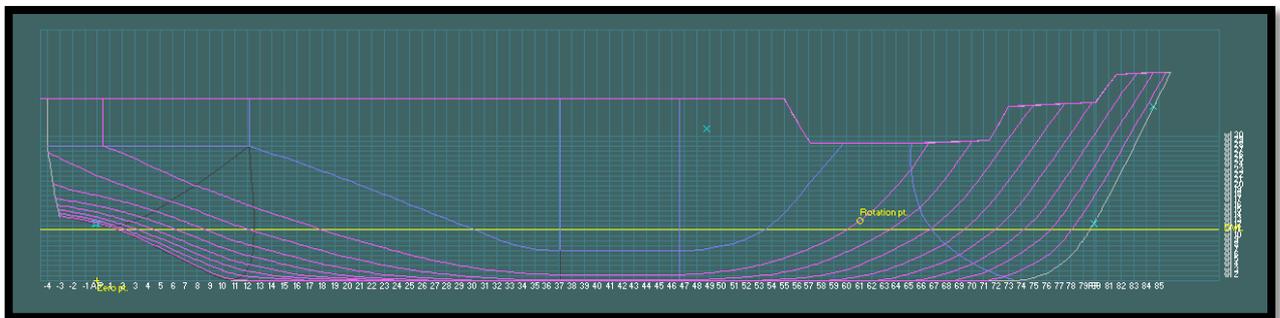
MODEL Eksisting B = 9 m ; H= 3.6 m



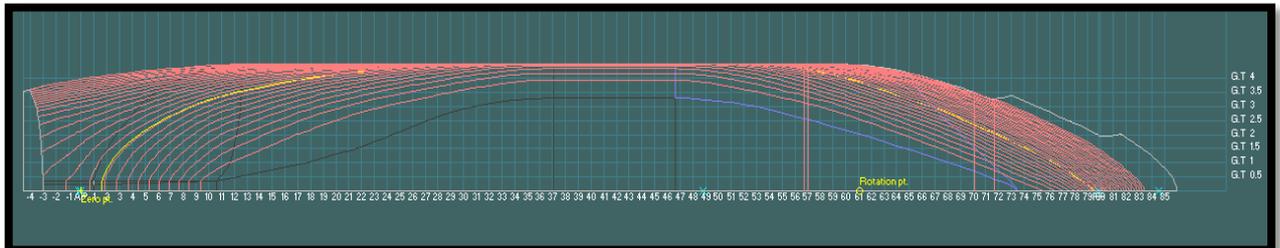
MODEL 2 B = 9 m ; H= 4 m



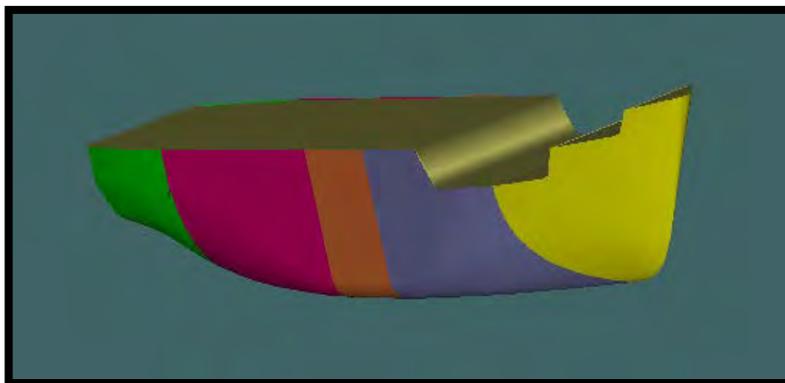
Body Plan



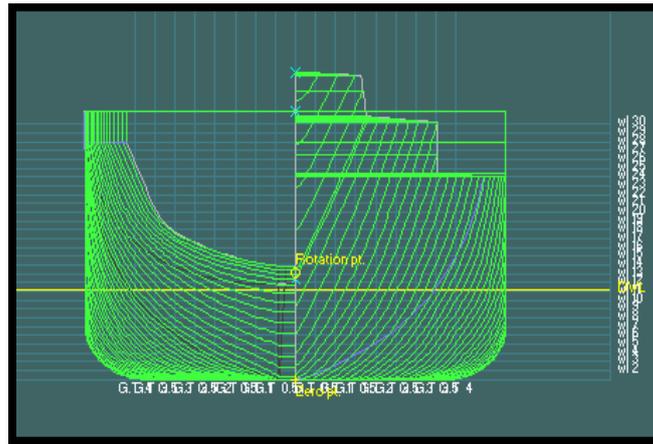
Shear Plan



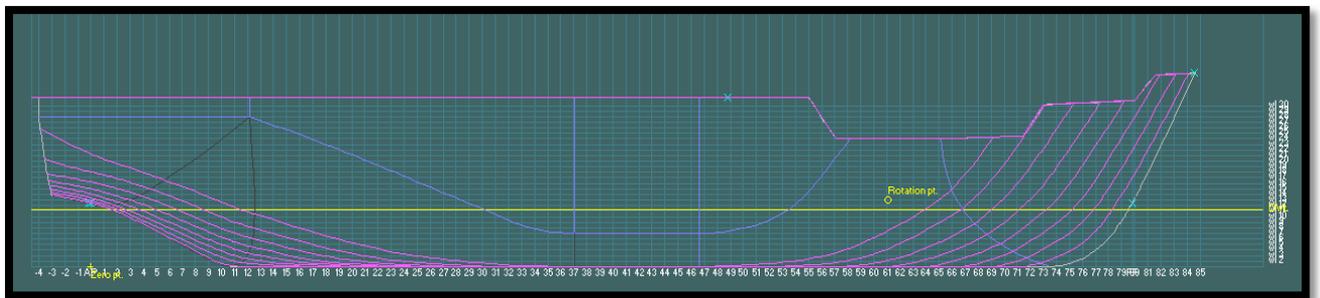
Half Breadth Plan



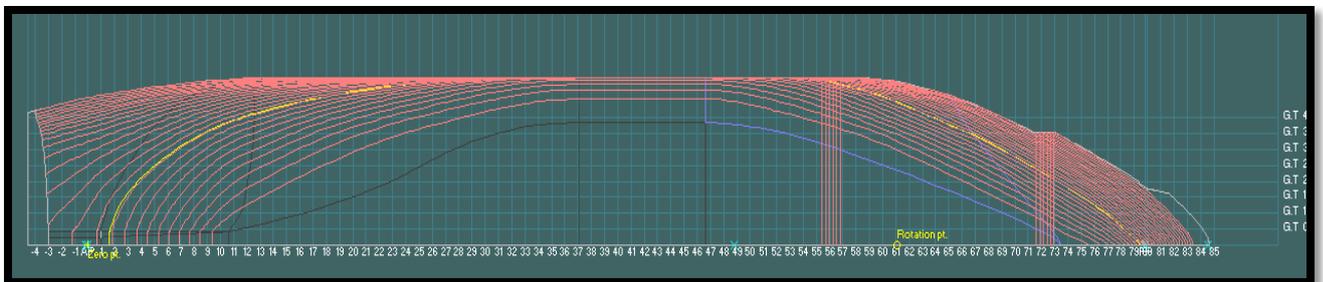
MODEL 4 B = 10.5 m ; H= 3.6 m



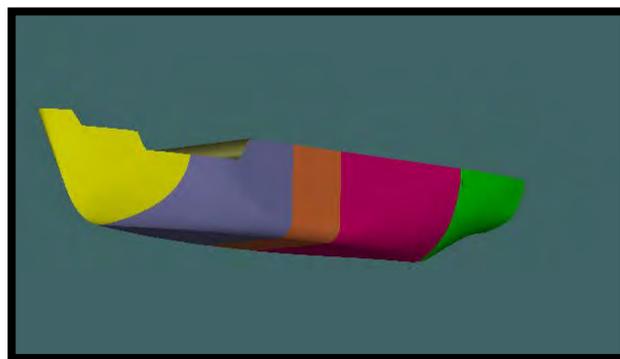
Body Plan



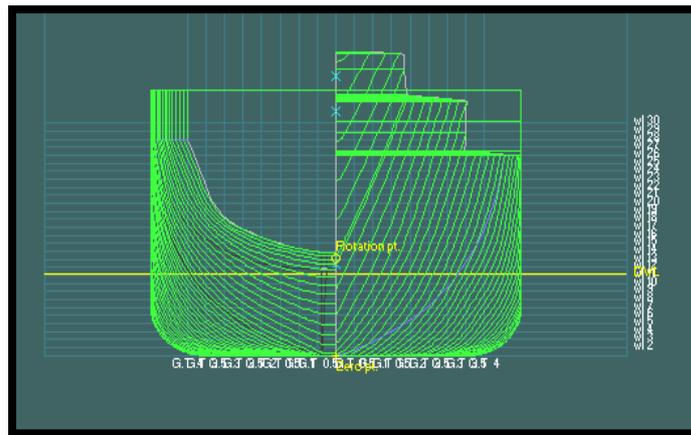
Sheer Plan



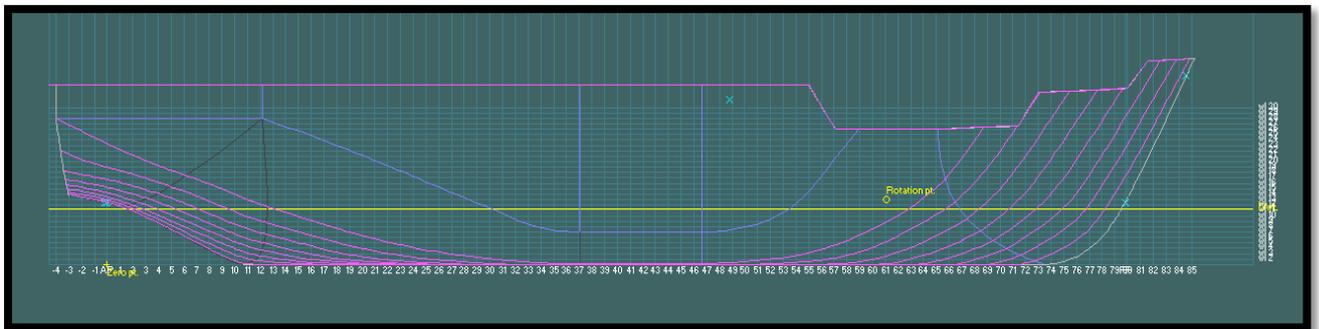
Half Breadth Plan



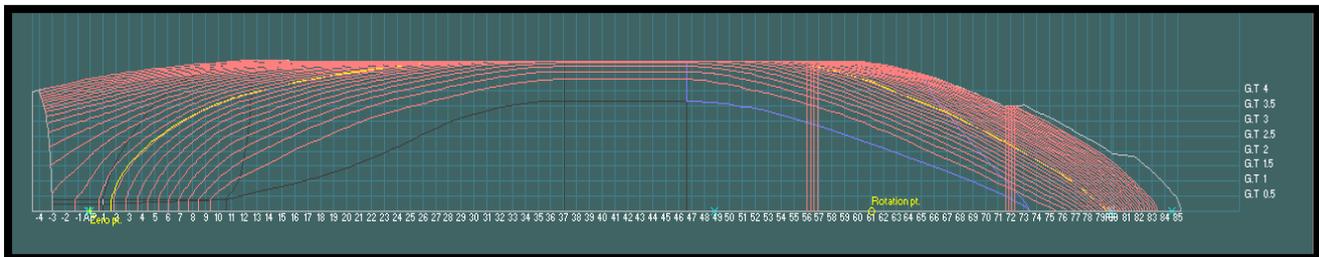
MODEL 5 B = 10 m ; H= 4 m



Body Plan



Sheer Plan



Half Breadth Plan

