



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA STABILITAS KAPAL LAMBUNG PELAT RATA SEBAGAI
ARMADA PELAYARAN RAKYAT**

SKRIPSI

BERLIANTHINO

0404080129

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JULI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA STABILITAS KAPAL LAMBUNG PELAT RATA SEBAGAI
ARMADA PELAYARAN RAKYAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

BERLIANTHINO

0404080129

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JULI 2009


i

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah kami nyatakan dengan benar.**

Nama : Berlianthino

NPM : 0404080129

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Berlianthino
NPM : 0404080129
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Analisa Stabilitas Kapal Lambung Pelat Rata Sebagai Armada Pelayaran Rakyat

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

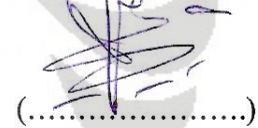
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Hadi Tresno Wibowo



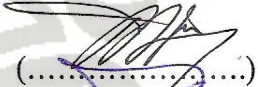
(.....)

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo



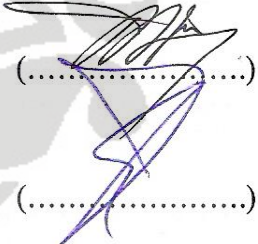
(.....)

Penguji : Ir. M. A. Talahatu, MT



(.....)

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



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 17 Juli 2009

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan, Departemen Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada:

- (1) Allah SWT yang selalu memberikan Rahmat dan Karunia-NYA sehingga dapat diselesaikannya skripsi ini.
- (2) Orangtua dan keluarga saya yang selalu memberikan dukungannya sehingga saya tidak pantang menyerah.
- (3) Kekasihku Ade Nihayah, terimakasih atas segala dukungan dan kasih sayangnya.
- (4) Bapak Ir. Hadi Tresno Wibowo selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam menyusun skripsi ini;
- (5) Bapak Ir. Marcus Albert Talahatu M.T, yang telah memberikan bimbingannya dalam penulisan skripsi ini.
- (6) Bapak Ir. Sunaryo, Ph.D selaku koordinator Program Studi Teknik Perkapalan, Departemen Teknik Mesin FTUI.
- (7) Bapak Ir. Tony Wicaksono; Bapak Prof. Nakoela Soenarta ; Bapak Prof. Yanuar selaku dosen pengajar mata kuliah di program studi Teknik Perkapalan.
- (8) Partner saya dalam mengerjakan skripsi ini, Dwidjo Guswondo. Dan kawan-kawan lain dari Departemen Teknik Mesin (Riyan, Asep, Tuhin, Arief, Koko, Adam, Wahyu Bayu Ajie, Birong, Yahya, Budi, dst).
- (9) Teman saya Suhendra yang selalu membantu dan mendukung pembuatan skripsi ini.

(10) Teman saya Agus Salim yang selalu membantu dan mendukung pembuatan skripsi ini.

(11) Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moral maupun spiritual hingga dapat diselesaikannya skripsi ini.

Akhir kata saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi kedepan.

Depok, 16 Juli 2009



Penulis

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

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

Nama : Berlianthino
NPM : 0404080129
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

ANALISA STABILITAS KAPAL LAMBUNG PELAT RATA SEBAGAI
ARMADA PELAYARAN RAKYAT

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 16 Juli 2009

Yang menyatakan



(Berlianthino)

ABSTRAK

Nama : Berlianthino
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Analisa Stabilitas Kapal Lambung Pelat Rata Sebagai Armada Pelayaran Rakyat

Untuk mengembangkan dunia maritim pada umumnya dan Pelayaran Rakyat pada khususnya, maka pengembangan kapal sebagai alat transportasi laut tidak dapat dipungkiri lagi. Pemerintah pun menyadari akan hal ini, dengan dikeluarkannya azas Cabotage melalui Keppres No. 5 Tahun 2005 mengenai alat transportasi laut berbendera Indonesia, diikuti dengan Undang undang Pelayaran No 17 tahun 2008 mengenai pemberdayaan alat transportasi diatas air. Maka pembuatan kapal, khususnya jenis kapal barang yang mengangkut komoditas sehari-hari dan berbagai barang lainnya sangatlah penting dan dibutuhkan. Pada penelitian ini, penulis menganalisa stabilitas dari kapal dengan lambung pelat rata yang dirancang untuk klasifikasi usaha Pelayaran Rakyat (kapal barang dengan rute pelayaran dalam negeri). Dalam penelitian ini kapal lambung pelat rata dihitung dan dianalisa stabilitasnya agar sesuai dengan kriteria IMO mengenai stabilitas kapal. Dari analisa dan perhitungan kapal lambung pelat rata ini stabil dalam berbagai kondisi pemuatan dan stabilitas awal yang bagus sesuai dengan kriteria IMO. Kecuali keadaan kapal kosong menyebabkan kapal kurang stabil, sehingga perlu adanya air ballast agar kapal kembali stabil. Dengan adanya ballast kapal kosong yang tidak stabil menjadi stabil kembali.

Kata kunci : Kapal lambung pelat rata, Stabilitas, Kriteria IMO.

ABSTRACT

Name : Berlianthino

Study Programme : Naval Engineering

Title : The Stability Analysis of Flat Plate Hull Ship for
“Pelayaran Rakyat” Fleet

To develop maritime world in general, and “Pelayaran Rakyat” in particular, so development of ship as a sea transportation is undeniable. The government also realize about it, by way of implementation of the Cabotage principalality with Keppres No. 5 Tahun 2005 about Indonesian Flagged Sea Transportation Fleet, that follow by Undang-Undang Pelayaran No 17 tahun 2008 about utilizing of sea transportation fleet on the water. So, the making of ship, especially general cargo ship that carry daily commodity and other variety good is needed and important. On this research, we analyze the stability from the flat hull ship which designed for classified as Pelayaran Rakyat (general cargo ship with local sea voyage). In this research flat plate hull ship analysis and calculation must meet the stability criteria in accordance with the IMO. stability analysis and calculation show that the ship is stable in a variety of ship loading condition and initial stability is good because in accordance with IMO criteria. except at the time of the empty ship, ship does not look stable, so the boat less stable Ballast required to stabilize the ship. with the Ballast, the empty vessels that were previously unstable, become stable again.

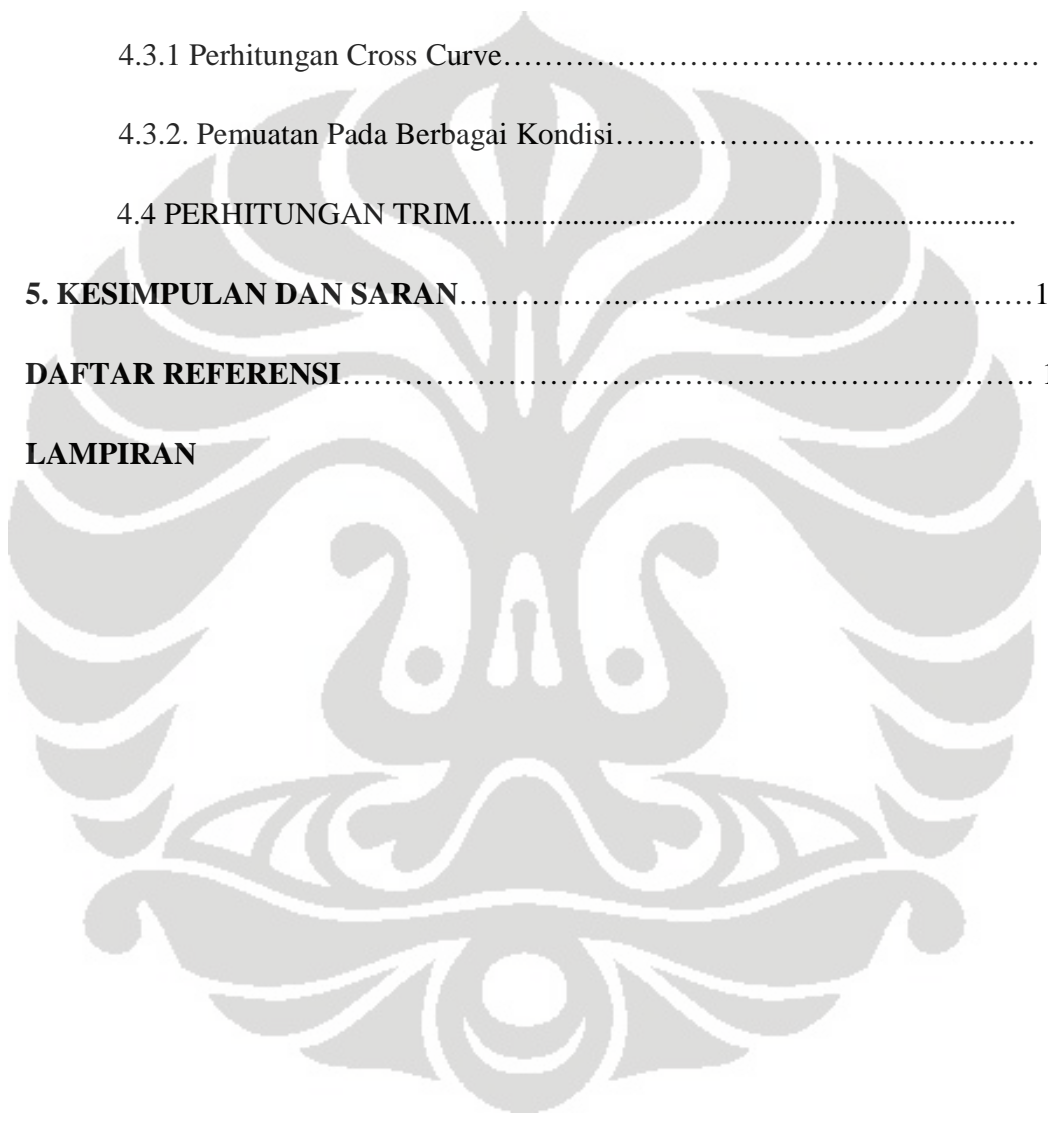
Keywords : Flat plate hull ship, Stability , IMO criteria.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENULISAN.....	6
1.3 PEMBATASAN MASALAH.....	6
1.4 METODOLOGI PENULISAN.....	6
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	7
2. LANDASAN TEORI.....	9
2.1 KONSEP DESAIN.....	9
2.2. LINGKUP PERHITUNGAN KONSEPTUAL DISAIN	10
2.2.1. Prakiraan Displacement.....	10

2.2.2. Prakiraan Ukuran Utama.....	13
2.2.3. Prakiraan Koefisien Bentuk Kapal	17
2.3. PERHITUNGAN LUASAN, TITIK BERAT DAN VOLUME.....	19
2.3.1 Perhitungan Luas Moment Luasan, dan Moment Inersia Menggunakan Simpson Rules.....	19
2.4 DESAIN RENCANA GARIS.....	23
2.5 TEORI STABILITAS.....	31
3. CONCEPTUAL DESIGN DAN PERHITUNGAN DATA.....	42
3.1 Conceptual Design.....	42
3.1.1 Lines Plan.....	42
3.1.2. Penentuan kecepatan dinas (Vs)	47
3.1.3 Estimasi Sementara Tenaga Penggerak.....	48
3.1.4 Estimasi LWT (Light Weight Tonnage).....	49
3.1.5 Estimasi DWT (Dead Weight Tonnage) dan Payload.....	50
3.2 Konstruksi Kapal.....	54
3.2.1 Perkiraan Beban.....	54
3.2.2 Pelat Kulit.....	58
3.2.3 Geladak.....	63
3.2.4 Gading.....	65
3.2.5 Konstruksi Geladak.....	67
3.2.6 Sekat Kedap Air.....	71
3.2.7 Kubu.....	73
3.2.7 Konstruksi.....	74

4. ANALISA STABILITAS.....	78
4.1 Pembuatan HSC (Hydrostatic Curve).....	78
4.2 STABILITAS AWAL.....	96
4.3 STABILITAS PEMUATAN.....	100
4.3.1 Perhitungan Cross Curve.....	100
4.3.2. Pemuatan Pada Berbagai Kondisi.....	101
4.4 PERHITUNGAN TRIM.....	120
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	117
DAFTAR REFERENSI.....	119
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Gading-gading kapal kayu	2
Gambar 1.2 Geladak Haluan Kapal Kayu(atas) dan Kapal Besi(bawah)	3
Gambar 1.3. Rancangan badan kapal serta profil buritan dan haluan untuk kapal dengan gading-gading lurus(patah-patah)	4
Gambar 2.1. Simpson I	20
Gambar 2. 2. Simpson II	20
Gambar 2. 3. Luasan kurva	22
Gambar 2.4. Visualisasi perumusan persamaan bidang	23
Gambar 2.5. Garis alir kapal pembanding	24
Gambar 2.6. Garis alir kapal patah-patah yang dibuat	25
Gambar 2.7. Koordinat pada body plan kapal	25
Gambar 2. 8. Jendela ukuran utama	27
Gambar 2.9. Jendela titik nol	27
Gambar 2.10. Penentuan DWL	28
Gambar 2.11. Merubah format	30
Gambar 2.12. Kesetimbangan	32
Gambar 2.13. Empat titik stabilitas	34
Gambar 2.14. Lengan koppel (Righting arms)	35
Gambar 2.15. Kurva stabilitas	36
Gambar 2.16 Hubungan kurva lengan stabilitas terhadap cross curve	37
Gambar 2.17 Sketsa kapal pada keadaan miring	38

Gambar 2.18 Cross Curve	39
Gambar 3.1. Lines Plan Kapal Rancang	43
Gambar 3.2. Shell Expansion Kapal Rancang	43
Gambar 3.4. Ketinggian Gelombang Laut di Indonesia	44
Gambar 3.5. Dimensi Generator Set	53
Gambar 3.6. Bagian Luar dan Dalam Genset	53
Gambar 3.7. 3D lambung kapal pelat rata	77
Gambar 4.1 HSC	96
Gambar 4.2 kurva stabilitas awal kapal lambung pelat rata	98
Gambar 4.3 Cross Curve Kapal Pelat Rata	100
Gambar 4.4 Rencana Pemuatan pada GA	101
Gambar 4.5 kurva kondisi pemuatan 1	104
Gambar 4.6 kurva kondisi pemuatan 2	107
Gambar 4.7 kurva kondisi pemuatan 3	110
Gambar 4.8 kurva kondisi kapal tiba	113
Gambar 4.9 kurva kondisi kapal kosong	116
Gambar 4.10 kurva kondisi kapal muatan penuh	119
Gambar 4.11 Diagram Trim Kapal Lambung Pelat Rata	122

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1. Mencari titik berat	22
Tabel 2.2. Data hidrostatik pada sarat air maksimal	29
Tabel 2.3. lengan stabilitas	40
Tabel 3.1 Data hidrostatik dari software MAXSURF Pro pada sarat air maksimal	45
Tabel 3.2 Ukuran utama kapal rancangan	45
Tabel 3.3 kapal pembanding	46
Tabel 3.4 Range ratio kapal pembanding	46
Tabel 3.5 Ratio ukuran utama kapal rancangan	47
Tabel 3.6. Spesifikasi Mesin Utama	49
Tabel 3.7. Spesifikasi Generator Set	52
Tabel 3.8 Konstruksi kapal lambung pelat rata	76
Tabel 4.1 Perhitungan menggunakan metode simpson untuk tiap waterline	78
Tabel 4.2 Tabel momen dan luasan tiap waterline	92
Tabel 4.3 Mencari luas Midship dengan Metode Simpson I ($2.c.t.\Sigma n$)	94
Tabel 4.4. Stabilitas awal kapal	97
Tabel 4.5. Data Cross Curve Kapal Pelat Rata	101
Tabel 4.6 kondisi pemuatan 1	102
Tabel 4.7 kondisi pemuatan 2	105
Tabel 4.8 kondisi pemuatan 3	108
Tabel 4.9 kondisi kapal tiba	111
Tabel 4.10 kondisi kapal kosong	114
Tabel 4.11 kondisi kapal muatan penuh	114
Tabel 4.12 Perhitungan Trim Kapal Lambung Pelat Rata	121

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luas Area	[m ²]
C _b	Koefisien Blok	
C _p	Koefisien Prismatic	
C _m	Koefisien Midship	
C _w	Koefisien Luas Garis Air	
T	Sarat air maksimum(draught)	[m]
H	Tinggi Kapal	[m]
L _{wl}	Panjang Garis air	[m]
B	Lebar kapal(breadth)	[m]
Δ	Displacement	[ton]
∇	Volume displacement	[m ³]
G	Pusat titik berat	
M	Metacentra	
B	Titik tengah daya apung	
K	Titik Baseline kapal(keel)	
W	Berat muatan	[ton]
MG	Tinggi Metasentra	[m]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Negara Kesatuan Republik Indonesia adalah Negara kepulauan yang terbesar di dunia, dengan jumlah pulau sebanyak ± 17000 , dan negara dengan garis pantai terpanjang setelah Canada. Sebagai Negara kepulauan yang terbesar dan memiliki jumlah pulau yang sangat banyak, maka dibutuhkan suatu moda transportasi yang dapat menghubungkan pulau-pulau tersebut sehingga penduduk yang berada di dalam pulau-pulau tersebut dapat saling berhubungan dan saling mencukupi kebutuhan masing-masing dengan jalan perdagangan.

Moda transportasi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat yang hidup di Negara kepulauan seperti Indonesia adalah kapal, mengingat sebagian besar wilayah Republik Indonesia adalah merupakan wilayah perairan (mencapai $\frac{2}{3}$ dari keseluruhan luas wilayah). Kapal yang dibutuhkan untuk Negara kepulauan seperti Indonesia ini adalah kapal-kapal yang berukuran kecil atau sedang, mengingat banyak juga sungai-sungai yang berada di wilayah kepulauan Republik Indonesia, sehingga diharapkan kapal-kapal kecil ini dapat masuk hingga wilayah pedalaman dengan menyusuri aliran sungainya.

Kapal-kapal berukuran kecil hingga sedang ini dapat menghubungkan pulau-pulau yang berada di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Sesungguhnya sejak zaman nenek moyang kita, kapal-kapal seperti ini sudah banyak dibuat dan berkembang cukup pesat, hal ini dapat dilihat dari adanya orang-orang yang memiliki keterampilan untuk membuat kapal-kapal kayu, terutama di wilayah Sulawesi yang terkenal dengan kapal Phinisi-nya. Kapal-kapal Phinisi ini sempat merajai angkutan antarpulau di Indonesia, tetapi kini keberadaannya semakin berkurang dan hanya digunakan untuk melayani jenis klasifikasi usaha Pelayaran Rakyat atau sering disingkat dengan sebutan Pelra. Pemerintah juga didorong untuk melestarikan kapal-kapal Pelayaran Rakyat ini, hal ini tertuang dalam Undang-undang Nomor 21 Tahun

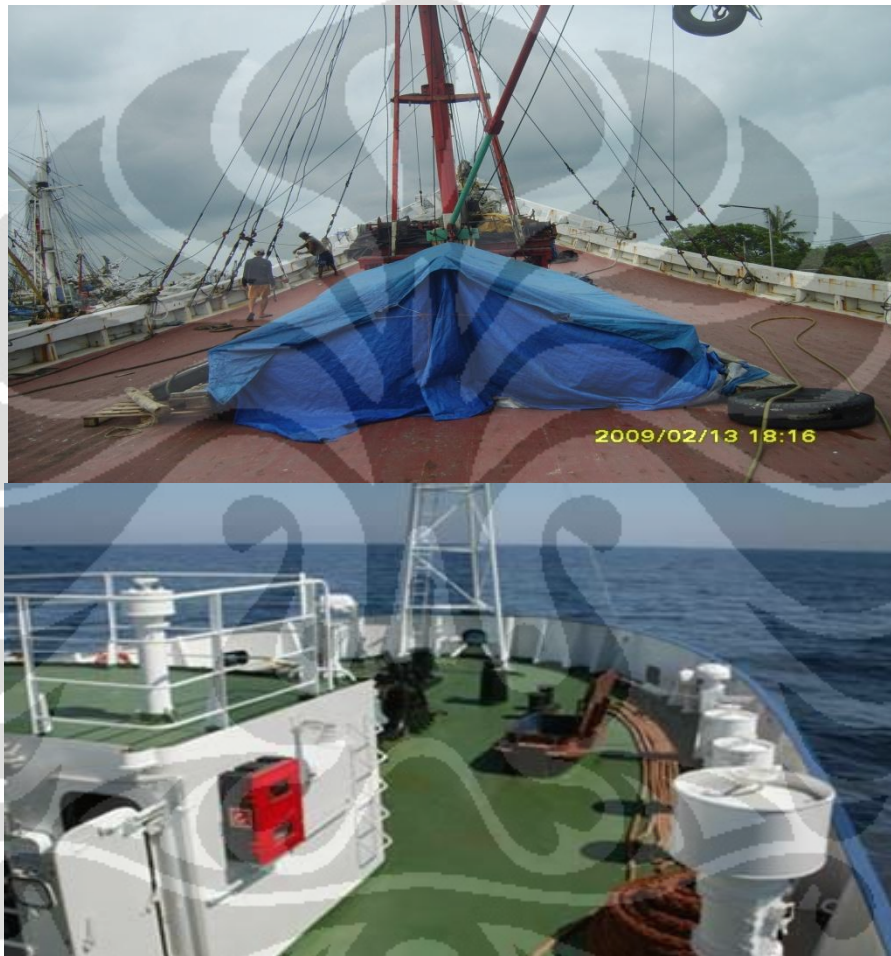
1992 tentang Pelayaran. Untuk mengembangkan dunia maritim pada umumnya dan Pelayaran Rakyat pada khususnya, maka pengembangan kapal sebagai alat transportasi laut tidak dapat dipungkiri lagi. Pemerintah pun menyadari akan hal ini, dengan dikeluarkannya azas Cabotage melalui Keppres No. 5 Tahun 2005 mengenai alat transportasi laut berbendera Indonesia, diikuti dengan Undang undang Pelayaran No 17 tahun 2008 mengenai pemberdayaan alat transportasi diatas air. Memproduksi kapal secara masal tidak semudah dan secepat memproduksi mobil, karena pembuatan kapal dengan bentuk lambung yang melengkung dikerjakan sepotong demi sepotong dengan melengkungkan pelat baja atau bilah-bilah kayu, kalau material yang digunakan adalah FRP, maka pengerjaannya dikerjakan selapis demi selapis. Ditambah lagi populasi kapal kayu yang digunakan untuk menangkap ikan maupun untuk pelayaran rakyat semakin berkurang akibat bahan baku kayu untuk membuat kapal makin langka dan mahal.



Gambar 1.1 Gading-gading kapal kayu (Sumber : Kompas, 17 Februari 2009)

Kapal kayu pada gambar di atas berukuran 30 GT dengan harga Rp 250 juta/unit dengan lama pengerjaan 4 bulan. Karena kelangkaan dan mahalnya harga kayu yang ada saat ini, maka tidak salah kalau material baja menjadi pilihan untuk pembuatan kapal, termasuk kapal kapal kecil berukuran di bawah 200 GT dengan

kecepatan tidak lebih dari 12 knots. Selain itu, kapal besi memiliki tingkat higienitas dan kerapihan yang lebih baik dibandingkan kapal kayu (berdasarkan survey awal yang dilakukan penulis, dengan cara memasuki hingga kamar mesin kapal pinisi yang ada di Pelabuhan Sunda Kelapa). Perbandingannya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1.2 Geladak Haluan Kapal Kayu(atas) dan Kapal Besi(bawah)

Kapal kapal inilah yang harus diperhatikan perkembangannya karena menyangkut kesejahteraan banyak orang yang tersebar di seluruh pulau-pulau Nusantara. Kapal baja masih mempunyai nilai jual sebagai besi scrap, pada waktu kapal sudah tidak layak beroperasi.

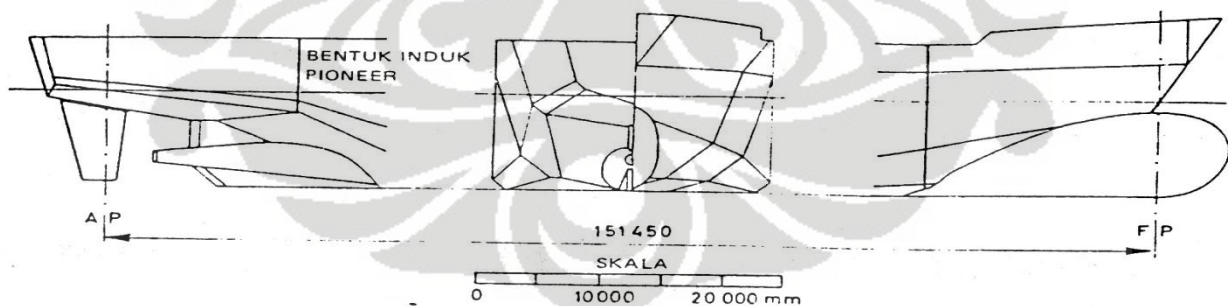
Kendala yang dihadapi untuk membuat kapal baja ukuran kecil ini ialah :

- ✚ Galangan-galangan kapal di Indonesia saat ini tidak berpihak pada pembuat kapal-kapal kecil karena dari skala investasi dan produksi, lebih menguntungkan membuat kapal-kapal dengan *tonnage* besar.
- ✚ Jika pembuatan kapal baja diserahkan pada industri di luar galangan kapal, tetap akan ada kendala untuk membuat kapal baja. Sebabnya adalah selain pengetahuan dan ketrampilan, perlu investasi yang cukup besar untuk pengadaan peralatan, dimana untuk membentuk lambung yang melengkung proses pembuatannya harus di-*bending*, di-*roll* atau di-*press* dengan mesin mesin khusus yang harganya sangat tinggi.

Dengan latar belakang tersebut, pada dasarnya perlu dibuat pengembangan rancangan lambung kapal yang memenuhi kriteria berikut :

- Sederhana dan mudah dibuat.
- Dapat dikerjakan di industri diluar galangan.

Rancangan kapal seperti ini pernah dibuat oleh Prof. Gallin untuk kapal container bernama “ Pioneer”



Gambar 1.3. Rancangan badan kapal serta profil buritan dan haluan untuk kapal dengan gading-gading lurus(patah-patah).

Suatu rancangan lambung kapal yang terdiri dari pelat pelat lurus yang membentuk lambung kapal sedemikian rupa, yang tujuan dasarnya adalah supaya tumpukan kontainer yang diangkut dalam kapal Pioneer, tidak menyisakan ruang karena lambung yang melengkung. Dengan mengatur posisi patahan {sambungan} sedemikian rupa mengikuti garis aliran dan membatasi besarnya sudut antara dua permukaan datar yang saling bertemu, maka dapat diperoleh tahanan kapal yang besarnya mendekati tahanan kapal yang menggunakan lambung lengkung.

Contoh kapal “Pioneer” ini memang nyata ada dan untuk kapal besar, yang dibutuhkan adalah untuk kapal kapal kecil, bagaimana konsep desainnya perlu dicari. Secara teori memang kelihatan mudah untuk mendesign lambung kapal yang patah patah, kenyataannya adalah cukup sulit untuk membuat patahan sedemikian rupa yang saling sambung membentuk sudut yang tidak terlalu tajam mengikuti garis aliran air menuju propeller kapal sehingga diperoleh hambatan kapal sekecil mungkin.

Ketepatan titik titik sambungan sulit didapat dengan cara digambar, secara matematis posisi dari pelat pelat datar tersebut dapat di buat persamaan bidangnya , yaitu menggunakan Aljabar Linier yang pernah didapat dibangku kuliah. Dengan demikian setiap titik potong dari patahan itu dapat ditentukan secara akurat, luas tiap bidang dapat dihitung dan digambar secara presisi, kemudian dirangkai membentuk lambung kapal yang patah patah sesuai dengan desigan kapal yang diinginkan.

Kapal semacam ini dapat dibuat diluar galangan kapal karena hanya memerlukan mesin potong pelat dan mesin las. Harga pelat baja untuk kapal Rp 12.000,-/ kg, galangan kapal menawarkan Rp 40.000,- /kg sudah termasuk ongkos pembuatannya, belum termasuk finishing pengecatan. Dengan lambung pelat datar harga ini dapat ditekan karena pembuatan jauh lebih mudah.

Untuk membuat bentuk lambung kapal yang sederhana dan mudah dibuat, penelitian ini di ilhami oleh bentuk kapal “Pioneer” yang dirancang oleh Prof. Gallin pada tahun 1977 – 1979, kapal untuk mengangkut container dengan panjang kapal 151,450 meter, kecepatan kapal 21 knots, jumlah kapal yang dibuat hanya 5 kapal.

Dengan kecepatan kapal sebesar itu kapal ini mempunyai tambahan hambatan sebesar 6 % dibandingkan kapal sejenis yang mempunyai lambung lengkung.

Kapal ini tidak dibuat lagi karena kalah bersaing, tidak ekonomis dalam pengoperasiannya. Pada waktu pengetesan di towing tank sampai kecepatan 12 knots, besarnya hambatan masih sebanding dengan kapal sejenis dengan lambung lengkung.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan tugas akhir mengenai kapal lambung pelat rata ini secara khusus adalah untuk mengetahui stabilitas kapal pelat rata dari kapal rancangan yang ada sehingga dapat layak untuk digunakan dalam pelayaran rakyat.

Secara umum, tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk melengkapi syarat kelulusan sebagai Sarjana Teknik Perkapalan Universitas Indonesia.

1.3 PEMBATAHAN MASALAH

Pembatasan masalah pada tugas akhir ini dilakukan agar pembahasan mengenai hal ini dapat berjalan secara terarah dan jelas (tidak menyimpang dari pokok permasalahan).

- Perencanaan/desain kapal, hanya sampai *conceptual design* saja, tidak mencapai *detail design*.
- Perhitungan stabilitas kapal lambung pelat rata

1.4 METODOLOGI PENULISAN

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metoda penelitian, yaitu:

- ✓ Studi Lapangan

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data primer yang didapat dari wawancara, pengamatan dan data lapangan lainnya.

✓ **Studi Literatur**

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data sekunder yang terdiri dari buku, bahan kuliah, internet dan sumber literatur lainnya. Data sekunder ini berfungsi sebagai informasi yang mendukung penelitian yang bersifat teoritis.

✓ **Pengolahan Data dan Analisa Data.**

Kegiatan ini dilakukan untuk mengolah data primer dan data sekunder yang diperoleh, sehingga dapat diambil kesimpulan dari masalah yang ada.

I.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan tugas akhir ini disusun secara berkelanjutan, agar antara bab yang satu dengan yang lainnya saling mendukung. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pengantar umum mengenai penelitian secara keseluruhan yang meliputi latar belakang, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan dasar-dasar teori yang berhubungan dengan perencanaan kapal, terutama yang berkaitan dengan pengoperasian suatu kapal. Khususnya yang berkaitan dengan operasional suatu kapal untuk jenis usaha Pelayaran Rakyat.

BAB III CONCEPTUAL DESIGN

Bab ini berisi data pokok untuk membuat rancang bangun kapal yang baru merupakan prakiraan atau estimasi dari parameter desain yang direncanakan memenuhi ketentuan desain.

BAB IV ANALISA STABILITAS

Bab ini berisi analisa perhitungan stabilitas kapal lambung pelat rata yang diproyeksikan untuk armada pelayaran rakyat (pelayaran lokal, dalam negeri).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang pembahasan dan evaluasi dari hasil analisa perhitungan stabilitas yang telah dilakukan



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. KONSEP DESAIN

Konsep Desain adalah data pokok untuk membuat rancang bangun kapal yang baru, merupakan prakiraan atau estimasi dari parameter disain yang direncanakan memenuhi ketentuan disain.

Data pokok tersebut adalah prakiraan berat kapal atau displacement, prakiraan ukuran utama kapal, estimasi tenaga mesin penggerak utama kapal dan denah ruangan utama dan bangunan kapal.

Karena masih merupakan prakiraan maka harus dilakukan pengecekan melalui perhitungan perencanaan secara teori bangunan kapal (naval architect) yaitu perhitungan yang berhubungan dengan kapasitas, kecepatan, manouver, stabilitas, lambung timbul, tonase, konstruksi utama kapal dan perhitungan lainnya berdasarkan desain bentuk lambung kapal (rencana garis/lines plan). Lingkup perhitungan desain dalam tahap konseptual design adalah :

- **Prakiraan Displacement**
yaitu prakiraan awal berat kapal keseluruhan yaitu yang terdiri dari berat konstruksi bangunan kapal termasuk peralatan dan permesinan dan berat muatan yang diangkut.

Pertimbangan dalam menentukan Displacement kapal yang akan dirancang adalah bagaimana menentukan displacement yang sekecil mungkin tetapi mempunyai daya muat, kecepatan dan kemampuan olah gerak sesuai dengan misi operasi kapal yang diinginkan.

- **Prakiraan Ukuran Utama dan Koefisien Bentuk**

Yaitu prakiraan ukuran utama kapal yang diperkirakan akan memenuhi ketentuan desain yang terdiri dari panjang (L), lebar (B), tinggi (D) dan sarat (d) serta Koefisien Bentuk yaitu koefisien blok (C_b), koefisien gading tengah (C_m), koefisien prismatik (C_p), koefisien garis air (C_w)

Dalam menentukan Ukuran Utama kapal perlu mempertimbangkan aspek-aspek yang nantinya akan berpengaruh pada karakteristik kapal antara lain daya muat, stabilitas, tahanan kapal dan kemampuan olah gerak kapal.

- **Estimasi Tenaga Mesin Utama Kapal**
Yaitu estimasi awal kebutuhan tenaga mesin penggerak kapal didasarkan pada data yang baru ada yaitu estimasi ukuran utama kapal dan displacement.
- **Layout Rencana Umum kapal**
Yaitu konsep atau rancangan dasar bangunan kapal dan susunan ruangan utama di kapal.

2.2. LINGKUP PERHITUNGAN KONSEPTUAL DISAIN

2.2.1. Prakiraan Displacement

Yang dimaksud dengan Displacement adalah berat kapal keseluruhan yang terdiri dari berat konstruksi badan kapal termasuk peralatan dan permesinan yang menjadi bagian dari kelengkapan kapal yang disebut Lightweight (LWT) ditambah berat muatan Yang dibawa antara lain muatan, bahan bakar, air tawar, awak kapal dan penumpang. beserta barang bawaannya yang disebut Deadweight (DWT).

Unsur-unsur yang termasuk dalam komponen Lightweight (LWT) terdiri dari :

- **Berat konstruksi / struktur badan kapal.**
Yaitu bangunan kapal termasuk bangunan atas, rumah geladak dan struktur pelengkap antara lain kemudi.

- Berat permesinan kapal.
Yaitu berat komponen dan peralatan yang ada didalam ruang mesin, ruang pompa antara lain mesin induk, mesin bantu, pompa, kompresor, perpipaan termasuk propeller dan poros propeller.
- Berat perlengkapan dan peralatan kapal
Yaitu berat peralatan yang ada diatas geladak antara lain mesin geladak. alat bongkar muat, alat penambatan kapal, peralatan keselamatan.

Disamping itu juga termasuk peralatan dan perlengkapan diruang muat, gudang serta ruang akomodasi.

Unsur-unsur yang termasuk dalam komponen Deadweight (DWT) terdiri dari :

- Berat Muatan Bersih.
Yaitu berat muatan (barang atau penumpang) yang diangkut kapal.
- Berat Bahan Bakar.
Yaitu berat bahan bakar untuk mesin induk, mesin bantu maupun permesinan/ pesawat lainnya yang ada dikapal yang menggunakan bahan bakar.
- Berat Air Tawar.
Yaitu berat air tawar yang dibutuhkan dan sesuai dengan kapasitas tangki air tawar yang ada dikapal.
- Berat Awak Kapal dan Penumpang serta perlengkapan yang dibawa.
Yaitu berat awak kapal dan penumpang jika ada termasuk barang bawaanya,
- Berat Makanan (provian.)
Yaitu berat makanan yang dibawa dikapal selama pelayaran. Berat Pelumas Yaitu berat minyak pelumas untuk permesinan di kapal.

Displacement adalah data pokok kapal yang merupakan awal mula dibuatnya rancang bangun suatu kapal.

Pertimbangan dalam menentukan displacement kapal adalah bagaimana merancang kapal dengan Displacement yang sekecil mungkin dalam arti bahwa Lightweight (LWT) yang seringan mungkin dan memenuhi kemampuan, daya muat yang diperlukan.

Oleh karena itu dalam tahap konseptual desain sudah harus mulai dipertimbangkan unsur-unsur yang dapat menyebabkan penambahan berat. Displacement dapat diprakirakan dengan cara pendekatan dan rumus empiris yaitu dengan pendekatan Deadweight dan Lightweight.

Pertimbangan perencanaan dalam hal displacement adalah displacement sangat berhubungan dengan deadweight (DWT), Lightweight (LWT), kapasitas ruang muat dan ukuran utama dan koefisien bentuk kapal (L, B, D, Cb) sesuai formula berikut :

$$\text{Displacement} = \text{Lightweight} + \text{Deadweight}$$

$$\text{Displacement} = L_{pp} \times B \times d \times C_b \times 1,025$$

Hubungan antara displacement dengan deadweight dalam perencanaan kapal terutama dalam perencanaan tipe Kapal Barang adalah rasio DWT/Displacement. Untuk tipe Kapal Penumpang, ukuran kapal umumnya didasarkan pada besarnya Tonase mengingat Kapal Penumpang dirancang memiliki banyak geladak untuk ruang akomodasi dan tidak untuk mengangkut muatan barang dalam jumlah besar.

Semakin besar ruang tertutup dikapal akan menambah besarnya tonase kapal.

Untuk perencanaan kapal penumpang yang dalam operasi pelayarannya akan banyak singgah di berbagai pelabuhan perlu dipertimbangkan bahwa tonase yang lebih kecil akan lebih ekonomis sehubungan dengan biaya sandar di pelabuhan.

2.2.2. Prakiraan Ukuran Utama.

Penentuan ukuran utama kapal adalah menentukan panjang (Loa/Lpp/Lwl), lebar (Bmld), tinggi (Dmld), sarat (d) dan koefisien bentuk kapal (Cb, Cp, Cm, Cwl). Ukuran utama kapal dan koefisien bentuk kapal sangat menentukan besar displacement kapal dan bentuk luar badan kapal yang berupa desain Rencana Garis (Lines Plan).

Pertimbangan dalam menentukan ukuran utama kapal adalah pengaruh dari ukuran utama kapal tersebut terhadap kekuatan kapal, stabilitas, tahanan kapal dan olah gerak kapal. Disamping itu penentuan perbandingan diantara ukuran utama itu sendiri juga akan berpengaruh terhadap aspek tersebut diatas.

Pertimbangan dalam menentukan ukuran utama kapal adalah :

- Panjang keseluruhan / Length overall (Loa)

Yaitu panjang yang diukur dari ujung paling belakang sampai ke ujung haluan kapal.

- Panjang antara garis air / Length waterline (lwl)

Yaitu panjang antara titik potong garis air pada muatan penuh dengan linggi haluan dan linggi buritan.

- Panjang antara garis tegak / Length between perpendiculars (Lpp)

Yaitu jarak antara titik potong garis air pada muatan penuh dengan linggi haluan sampai poros kemudi. Panjang kapal berpengaruh pada tahanan kapal, kekuatan, olah gerak kapal terutama saat kapal memasuki pelabuhan, selat atau terusan. Penambahan L dengan Displacement tetap dapat mengurangi tahanan kapal namun dapat mengurangi kekuatan memanjang kapal dan kemampuan olah gerak terutama di pelabuhan dan alur sempit. Pengurangan L pada displacement tetap menyebabkan ruangan badan yang bertambah besar.

Kapal yang memiliki perbandingan L/B yang besar sesuai untuk kapal cepat karena tahanan lebih kecil namun akan mengurangi olah gerak kapal dan stabilitas.

Kapal yang memiliki perbandingan L/B yang kecil akan memiliki stabilitas yang lebih baik namun tahanan kapal akan bertambah besar.

Kapal dengan perbandingan L/D yang besar dapat memperbesar longitudinal bending stress dan L/D yang kecil dapat menambah kekuatan memanjang kapal.

- Lebar / Breadth moulded (Bmld)

Yaitu jarak antara kedua sisi luar gading pada kedua sisi lambung kapal. Lebar kapal berpengaruh pada tahanan kapal dan juga stabilitas kapal yaitu tinggi titik metacentra kapal.

Penambahan B dengan displacement, panjang dan sarat yang tetap akan menyebabkan kenaikan tinggi metacentre MG namun dapat menambah besar tahanan kapal.

Kapal yang memiliki perbandingan B/d Yang besar akan memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan Kapal dengan perbandingan B/d yang Kecil.

Perbandingan B/D dapat berpengaruh pada stabilitas karena tinggi titik berat kapal KG dipengaruhi oleh Tinggi (D) dan KM oleh lebar kapal (B).

- Tinggi Geladak / Depth moulded (D_{mld})

Yaitu jarak dari garis dasar kapal sampai tepi geladak diukur ditengah kapal. Tinggi geladak kapal berpengaruh pada letak titik berat kapal, kekuatan kapal dan ruangan didalam kapal. Penambahan D dapat menyebabkan kenaikan titik berat kapal KG yang menyebabkan tinggi metacentre MG berkurang namun dapat menambah kekuatan memanjang kapal.

- Sarat / Draught (d)

Yaitu jarak dari garis dasar kapal sampai garis air pada muatan penuh. Sarat berpengaruh pada titik buoyancy kapal (KB), lambung timbul dan stabilitas. Penentuan sarat perlu mempertimbangkan kedalaman perairan yang akan dilayari kapal dan pelabuhan yang akan disinggahi.

Penambahan d pada Displacement, L dan B tetap dapat menambah tinggi titik tekan keatas (KB) sehingga mengurangi stabilitas kapal namun mengurangi tahanan. Perbandingan D/d berpengaruh pada cadangan daya apung kapal dimana perbandingan D/d yang besar dijumpai pada kapal penumpang.

- Koefisien Blok I Block Coeff. (C_b)

Yaitu perbandingan antara Volume displacement ($V_{displ.}$) dengan volume balok yang dibatasi oleh panjang kapal (L), lebar (B) dan Sarat (d).

$$C_b = \frac{V_{displ.}}{L B d}$$

- Koefisien Prismatic Memanjaiig / Longitudinal Prismatic Coefisien (C_p)

Yaitu perbandingan antara Volume displacement ($V_{displ.}$) dengan volume prisma yaitu luas penampang tengah kapal (A_o) dikalikan panjang kapal (L).

$$C_p = \frac{V_{displ.}}{A_o \cdot L}$$

- Koefisien Gading Tengah / Midship Coefisien (C_m)

yaitu perbandingan antara luas penampang tengah kapal (A_0) dengan luas bidang yang dibatasi oleh lebar kapal (B) dan sarat (d).

$$C_m = \frac{A_o}{B d}$$

- Koefisien Garis Air / Waterline Coefisien (C_{wl})

Yaitu perbandingan antara luas garis air pada muatan penuh (A_{wl}) dengan luas bidang yang dibatasi oleh panjang kapal (L) dan lebar (B).

$$C_{wl} = \frac{A_{wl}}{L B}$$

2.2.3. Prakiraan Koefisien Bentuk Kapal

a) Penentuan Koefisien blok (C_b)

C_b ditentukan dengan pertimbangan kecepatan kapal dimana untuk kapal cepat umumnya mempunyai C_b yang kecil dan sebaliknya untuk kapal kecepatan rendah mempunyai C_b yang lebih besar. Umumnya besar C_b adalah antara 0,20 sampai 0,84 dimana batas terendah biasanya untuk kapal layar dan batas terbesar untuk kapal Tanker, kapal barang besar dan kapal yang berlayar di sungai.

Jika panjang kapal (L) telah ditentukan, maka C_b dapat dipilih sesuai dengan kecepatan ekonomis dengan pertimbangan letak titik buoyancy (LCB).

Pada tahap conceptual design, pertimbangan dari aspek propulsi dan perhitungan berat untuk penentuan LCB belum dapat dilakukan sehingga C_b ditentukan dengan rumus pendekatan berikut :

Van Lammeren $\longrightarrow C_b = 0,137 - 0,6 \frac{V}{\sqrt{L}}$

Todd Ayre $\longrightarrow C_b = c - 0,5 \frac{V}{\sqrt{L}}$

dimana :

$c = 1,040$	untuk $V/\sqrt{L} = 0,50$
$c = 1,045$	untuk $V/\sqrt{L} = 0,60$
$c = 1,050$	untuk $V/\sqrt{L} = 0,70$
$c = 1,060$	untuk $V/\sqrt{L} = 0,80$
$c = 1,070$	untuk $V/\sqrt{L} = 0,90$
$c = 1,080$	untuk $V/\sqrt{L} = 1,0$

Minorsky $\longrightarrow C_b = 1,22 - 0,709 \frac{V}{\sqrt{L}}$

Chirila $\longrightarrow C_b = 1,214 - 0,374 V/\sqrt{L}$

b) Penentuan Koefisien Prismatic (C_p)

Dalam perencanaan kapal umumnya yang dipakai adalah koefisien prismatic memanjang / longitudinal prismatic coefisien. C_p kapal akan menunjukkan kelangsingan badan kapal dimana besar C_p umumnya adalah antara 0,50 sampai 0,92. Kapal dengan C_p kecil berarti mempunyai luas penampang tengah yang besar sedangkan kapal dengan C_p besar menunjukkan bahwa perubahan badan kapal di sepanjang kapal adalah kecil. Kapal dengan C_p kecil akan mempunyai tahanan yang lebih kecil.

Untuk mendapatkan C_p yang paling optimal maka harus ditentukan C_m terbesar yang bisa dipilih.

C_m dipengaruhi luas midship kapal sesuai dengan rancangan bentuk penampang melintang ditengah kapal.

Untuk kapal ukuran besar saat ini umumnya tidak menggunakan bentuk rise of floor yang masih seperti pada kapal kecil dan kapal kecepatan tinggi.

c) Penentuan Koefisien Gading Tengah (C_m)

C_m berpengaruh pada jari-jari metacentre (MB) dan daya apung pada displacement dan sarat kapal tetap.

Pada umumnya besar C_m adalah antara 0,50 sampai 0,995 dimana batas terendah untuk kapal Tunda dan batas terbesar untuk kapal sungai dan kapal barang.

d) Penentuan Koefisien Garis Air (C_{wl})

C_{wl} berpengaruh pada jari-jari metacentre (MB) karena menyangkut momen inersia dan daya apung pada displacement dan sarat kapal tetap.

Pada Umumnya besar C_{wl} adalah antara 0,10 sampai 0,90 dimana batas terendah untuk kapal kecepatan tinggi..

2.3 PERHITUNGAN LUASAN, TITIK BERAT DAN VOLUME

Dalam perhitungan perancangan kapal diperlukan metode-metode untuk mencari atau mengukur luasan, moment luasan, dan moment inersia dari suatu luasan. Dalam penulisan ini akan di kemukakan metode perhitungan manual dan *AutoCAD*.

2.3.1 Perhitungan Luas Moment Luasan, dan Moment Inersia Menggunakan Simpson Rules.

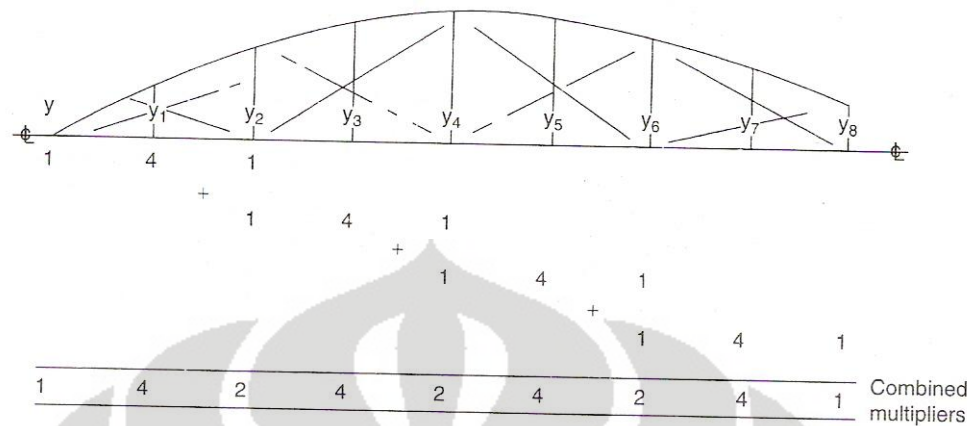
Luasan merupakan suatu bentuk integrasi dari persamaan kurva dan garis, tetapi dalam praktiknya persamaan dari kurva sangatlah sulit ditentukan. Sehingga tidak memungkinkan memperoleh luasan dengan menggunakan metode integrasi matematik. Sehingga mendorong para pakar matematika untuk memecahkan permasalahan ini, dan hingga saat ini ada beberapa metode pendekatan untuk mencari luasan diantaranya :

1. Trapesoidal Rule
2. Simpson First Rule
3. Simpson Second Rule
4. Simpson Third Rule

Tetapi hanya metode simpson lah yang akan dibahas pada bab ini [2].

a. Aturan Simpson 1

Aturan ini digunakan ketika jumlah jarak pembagiannya adalah 2. kelipatan 1 4 1 menjadi 1 4 2 4 2 . . . 4 1 dilakukan jika terdapat rentang panjang yang besar sehingga tidak memungkinkan untuk membaginya menjadi 2.



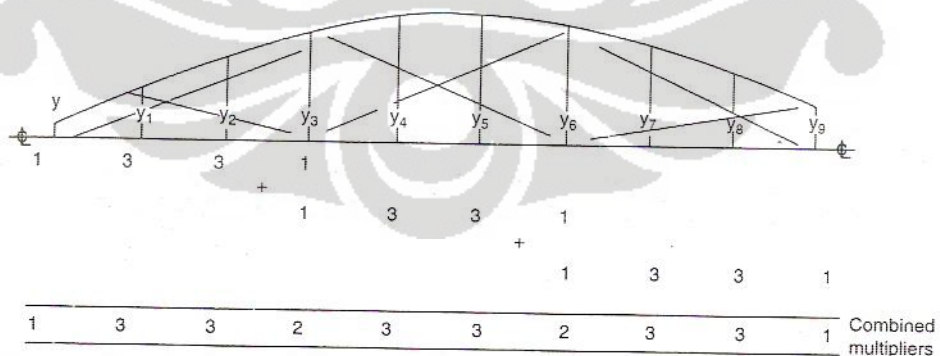
Gambar 2.1. Simpson I

Luasannya menjadi $(A) = \frac{1}{3} h \times y + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + 2y_6 + 4y_7 + y_8$

Luasan pada gambar diatas hanya mewakili luasan dari setengah kapal maka untuk mendapatkan luasan yang sebenarnya harus dikalikan 2.

b. Aturan Simpson 2

Aturan ini digunakan ketika jumlah jarak pembagiannya adalah 3. kelipatan 1 3 3 1 menjadi 1 3 3 2 3 3 2 ... 3 3 1 dipakai jika terdapat rentang panjang yang besar sehingga tidak memungkinkan untuk membaginya menjadi 3.



Gambar 2. 2. Simpson II

$$\text{Luasannya menjadi } (A) = \frac{3}{8}h \times y + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 3y_5 + 2y_6 + 3y_7 + 3y_8 + y_9$$

Titik berat dapat diketahui dengan mencari terlebih dahulu besar momen statis. Moment statis daripada luasan adalah jumlah luasan-luasan atau volume-volume kecil dari luas atau volume tersebut dikalikan dengan jarak terhadap sumbu[3]. Dengan perjanjian bahwa semua moment statis terhadap sumbu x adalah (+) jika terlihat diatas sumbu x dan disebelah kanan sumbu y. Sedangkan momen statis dapat diketahui dengan menggunakan rumusan

$$A = \int y dx \quad \longrightarrow \quad \text{luasan terhadap sumbu y dan x}$$

$$S_y = \int xy dx \quad \longrightarrow \quad \text{moment statis terhadap sumbu y}$$

$$S_x = \frac{1}{2} \int y^2 dx \quad \longrightarrow \quad \text{moment statis terhadap sumbu x}$$

Maka jarak titik berat luasan terhadap sumbu yang dipilih adalah

$$\text{Titik berat} = \frac{\text{moment statis}}{\text{luasan}}$$

Tabel 2. 1. Mencari titik berat

Ordinat	y [m]	SM	Hasil Ganda	Jarak [m]	Hasil Ganda
	①	②	③=①×②	④	⑤=③×④

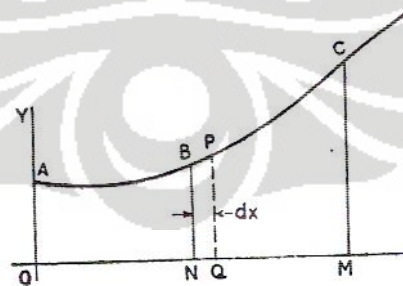
			$\Sigma_1 = \dots$		$\Sigma_2 = \dots$

$$\text{Luas} = \frac{1}{3} l \times \sum_1 [\text{m}^2]$$

$$\text{Momen statis terhadap sumbu} = \frac{1}{3} l^2 \times \sum_2 [\text{m}^4]$$

$$\text{Jarak titik berat dari sumbu} = \frac{\sum_2 l}{\sum_1} [\text{m}]$$

Momen inersia (I) disebut juga moment kedua dari luasan adalah jumlah element luasan dikali dengan kuadrat jarak element luasan terhadap sumbu.



Gambar 2. 3. Luasan kurva

Misalkan $d I_1 =$ moment inersia dari suatu bagian bidang NBPQ terhadap sumbu OA. Maka moment inersia bagian tersebut adalah

$$d I_1 = x^2 dA = x^2 y dx$$

dan moment inersia luasannya adalah

$$I_1 = \int_0^l x^2 y dx$$

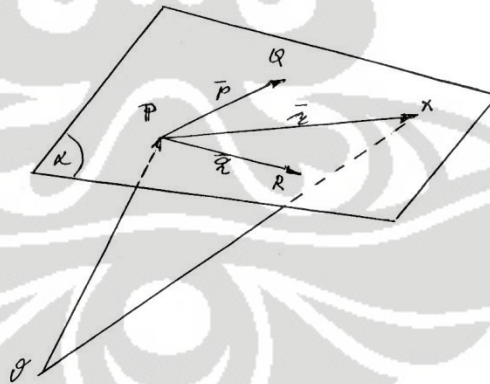
Jika I_g adalah moment inersia memanjang sumbu vertical terhadap titik beratnya kemudian kita dapatkan dari prinsip mekanik

$$I_g = I_1 - Ax^2$$

2.4 DESAIN RENCANA GARIS

Pembuatan *Lines Plan* kapal pelat rata ini menggunakan metode aljabar linier untuk menentukan titik-titik koordinat yang saling berhubungan pada suatu bidang.

Secara matematis bidang bidang datar tersebut dapat dituliskan persamaan bidanganya dengan menggunakan Aljabar linear [2]



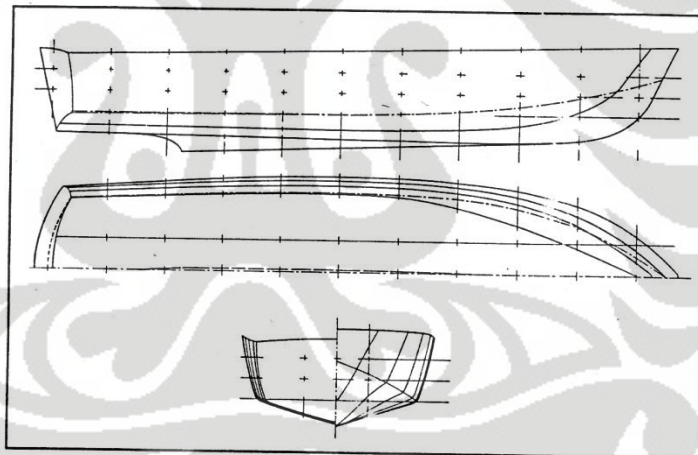
$$\bar{r} = \bar{OP} + \lambda \bar{p} + \mu \bar{q}$$

Gambar 2.4. Visualisasi perumusan persamaan bidang

Dengan mengeliminasi λ dan μ , maka akan didapat persamaan bidang datar tersebut.

Persamaan bidang datar dibuat melalui 3 buah titik yang diketahui atau ditetapkan sesuai dengan garis aliran yang akan dibentuk. Setelah persamaan matematis didapat, maka dapat ditentukan koordinat titik yang keempat dengan akurat, demikian seterusnya sambung menyambung bidang bidang datar yang membentuk lambung kapal secara patah-patah dapat dibuat secara presisi membentuk garis alir dan patahan semi stream line.

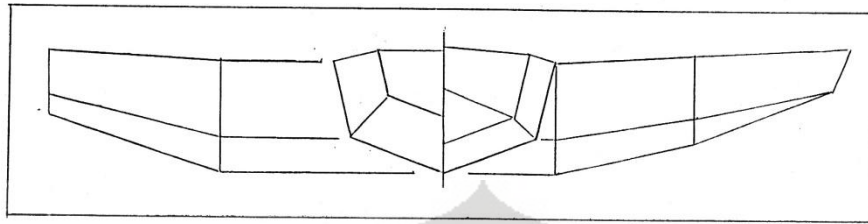
Untuk mendapatkan garis alir yang sudah teruji, dapat diambil dari rancangan garis alir dari kapal pemandang.



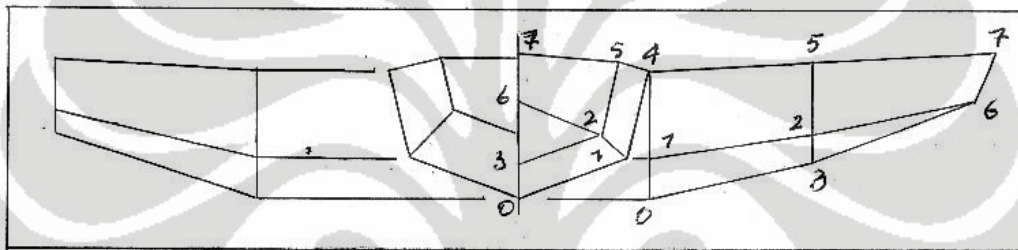
Gambar 2.5. Garis alir kapal pemandang

Kemudian dibuat rancangan garis alir yang patah patah dengan sudut patahan yang tidak

terlalu tajam, dari sini ditetapkan 3 buah titik acuan untuk membuat persamaan matematisnya.



Gambar 2.6. Garis alir kapal patah-patah yang dibuat



Gambar 2.7. Koordinat pada body plan kapal

Sebagai contoh perhitungan :

Koordinat titik O (0,0,0) titik 1 (0, 1,35 , 0,5) titik 2 (2, 1, 0,8) ditentukan melalui gambar awal untuk mendapatkan garis alir dan sudut patahan tidak terlalu tajam.

Persamaan bidang dapat dibuat melalui titik O , titik 1 dan titik 2 memakai persamaan Aljabar Linier :

$$\bar{x} = \{0,0,0\} + \lambda \{0, 1,35 , 0,5 \} + \mu \{2, 1, 0,8 \}$$

Dengan mengeliminasi λ dan μ maka didapat persamaan bidang

$$0,29 x_1 + 0,5 x_2 - 1,35 x_3 = 0$$

Koordinat titik 3 dapat ditentukan dengan tepat dengan memasukkan kedalam persamaan nilai $x_2 = 0$ dan $x_1 = 2$ maka didapat $x_3 = 0,429$

koordinat titik 3 (2, 0, 0,429)

Seterusnya persamaan dapat dibuat melalui titik 1, titik 2 dan titik 4 , kemudian didapat titik 5 ; demikian sampai seluruh bidang datar yang membentuk lambung bagian depan kapal selesai dibuat.

Maxsurf

Dengan menggunakan *software* Maxsurf maka dapat dibuat gambaran kapal tersebut dengan memasukkan koordinat yang telah didapatkan dengan acuan garis tetap (*datum*) adalah *midship* dan garis sarat tertinggi.

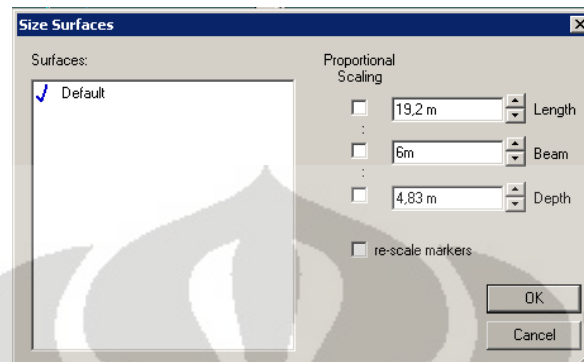
Pertama kita harus membuka option new design pada maxsurf pro, kemudian pilih pada option surface untuk default. Kemudian pada option data kita atur dimensinya pada Units dengan dimension units meters dan weight units tones. Dengan zero pint yang telah diatur pada amidship dan base line.

Setelah itu, dari koordinat didapatkan ukuran seperti LOA, B, dan H. Dari koordinat yang telah didapatkan melalui metode aljabar linier, kita masukkan titik (x,y,z) yang didapatkan sebagai control point pada perancangan body plan di maxsurf.

1. Memasukkan ukuran utama

Dari menu data, pilih *size* kemudian akan tampil *dialog box* seperti pada gambar dibawah:

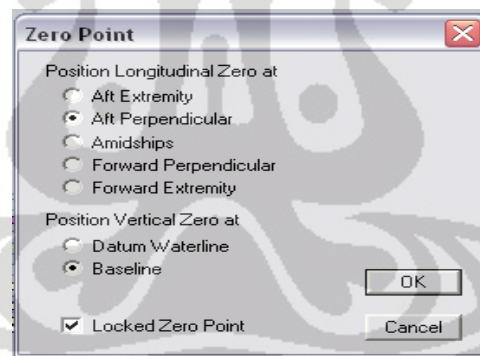
- Pada kotak *Length* diisikan panjang kapal (Loa)
- Pada kotak *beam* diisikan lebar kapal (B)
- Pada kotak *depth* koordinat kapal tertinggi (H)



Gambar 2. 8. Jendela ukuran utama

2. Menentukan Letak Titik Nol

Untuk menentukan letak titik nol dari menu data dipilih *Zero Point*, akan muncul kotak dialog berikut :

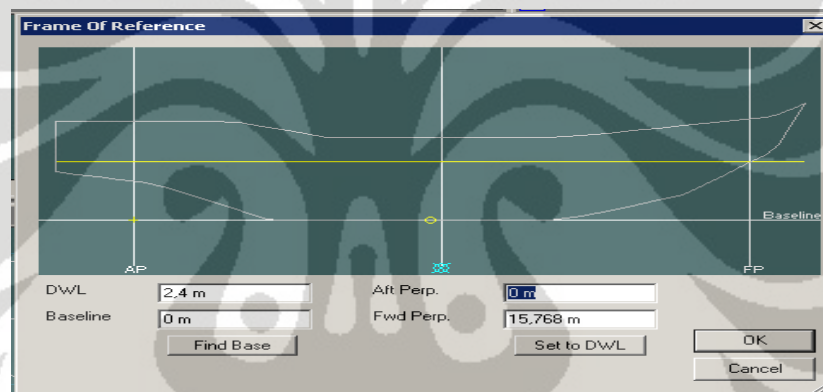


Gambar 2.9. Jendela titik nol

Pada *Position Longitudinal Zero at*, dipilih *Aft Perpendicular* yang artinya adalah letak titik nol secara memanjang terletak pada Ap. Pada position vertical *Zero Point at* dipilih letak titik nol pada *baseline*.

3. Penentuan Lpp (Frame of Reference)

Setelah ukuran utama ditentukan maka langkah selanjutnya adalah menentukan Lpp. Lpp adalah jarak dari AP ke FP. Fp adalah garis tegak lupus yang memotong linggi haluan kapal dan sarat dan Ap adalah garis tegak lurus pada buritan kapal sebagai sumbu kemudi kapal. Oleh karena itu dalam penentuan Lpp data yang diperlukan adalah tinggi sarat dan jarak Lpp. Untuk memasukkan nilai Lpp dan sarat, pilih menu data kemudian klik *Frame of Reference*, maka akan muncul kotak dialog seperti dibawah ini :



Gambar 2.10. Penentuan DWL

Pada kotak *DWL* diisi sarat kapal dan 0 m pada *baseline*. Pada kotak *Aft Perp.* atau *Ap* diisi 0 m karena merupakan titik acuan dan pada kotak *Fwd Perp.* diisi dengan data Lpp kapal.

Dari hasil pengolahan data sementara Maxsurf bisa didapatkan nilai hidrostatik untuk karakteristik-karakteristik kapal pada sarat air maksimal sebagai berikut :

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	81,19	tonne
2	Volume	79,21	m ³
3	Draft to Baseline	2,4	m
4	Immersed depth	2,4	m
5	Lwl	17,768	m
6	Beam wl	5,286	m
7	WSA	96,267	m ²
8	Max cross sect area	7,557	m ²
9	Waterplane area	67,87	m ²
10	Cp	0,59	
11	Cb	0,351	
12	Cm	0,596	
13	Cwp	0,723	
14	LCB from zero pt	7,605	m
15	LCF from zero pt	7,211	m
16	KB	1,621	m
17	KG	0	m
18	BMt	1,486	m
19	BMI	14,915	m
20	Gmt	3,106	m
21	GMI	16,536	m
22	KMt	3,106	m
23	KMI	16,536	m
24	Immersion (TPc)	0,696	tonne/cm
25	MTc	0,851	tonne.m
26	RM at 1 deg = Gmt.Dis	4,402	tonne.m
27	Precision	Medium	50 stations

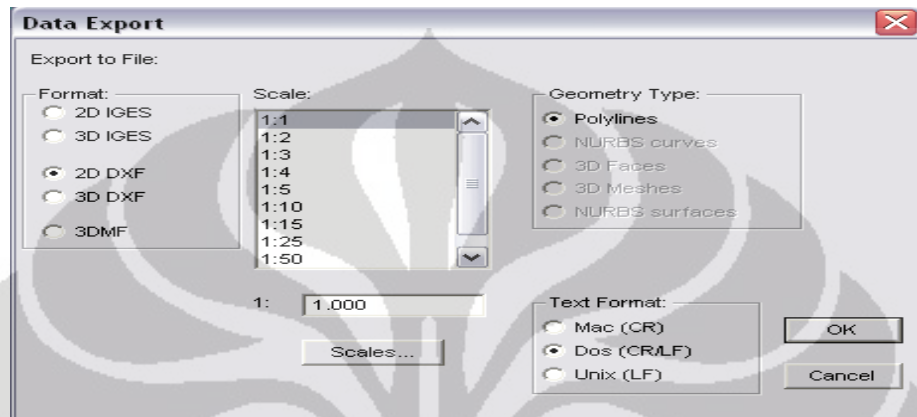
Density Recalculate

VCG Close

Tabel 2.2. Data hidrostatik pada sarat air maksimal

Memindahkan Gambar Dari Maxsurf Ke Autocad

Lines yang telah jadi selanjutnya diolah lagi di Autocad dengan cara diekspor. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.11. Merubah format

Dari menu utama pilih File kemudian *Export*, akan muncul kotak dialog *Data Export*, langsung pilih OK. Kemudian simpan file yang di *export* di tempat yang diinginkan. File yang di simpan tersebut berformat dxf (*Data Exchange Files*) dan dapat dibuka di AutoCad.

Dari autocad kita dapat membuat diagram HSC nya dan GA (*General Arrangement*) dari kapal rancangan. Kita juga menggunakan software google sketchup untuk membuat tampilan 3D kapal agar terlihat lebih baik.

2.5. TEORI STABILITAS

Suatu benda disebut di dalam keseimbangan jika benda tersebut itu tidak diperlakukan percepatan. hukum kedua Newton menunjukkan bahwa jika penjumlahan dari semua gaya yang berkerja pada benda tersebut adalah nol dan penjumlahan moment dari gaya tersebut juga nol.

Gaya apung merupakan resultan dari gaya-gaya hidrostatis yang bekerja pada permukaan benda di bawah air. Gaya-gaya hidrostatis ini dapat diurai menjadi dua komponen, yaitu komponen horisontal dan komponen vertikal. dua gaya selalu beraksi pada suatu badan yang mengapung yaitu berat/beban benda tersebut dan gaya apung benda tersebut. Pada keadaan seimbang, gaya-gaya horisontal akan saling meniadakan, dan komponen vertikal akan membentuk resultan gaya yang sama besar, berlawanan arah, dan garis kerjanya berimpit dengan gaya berat benda tersebut. Gaya-gaya ini pulalah yang bekerja pada sebuah kapal yang terapung di air tenang, dan yang mempengaruhi keseimbangan kapal tersebut. Selanjutnya ada tiga kondisi keseimbangan yang perlu diperhatikan, yaitu keseimbangan stabil, keseimbangan tidak stabil, dan keseimbangan netral.

Pada sebuah kapal dalam keadaan miring, letak titik berat G dan titik tekan gaya apung B mendasari terbentuknya titik metasentra (*metacenter*) M , yaitu perpotongan antara garis kerja gaya tekan dengan sumbu vertikal kapal. Posisi titik M terhadap titik G inilah yang menentukan keseimbangan kapal.

1. Keseimbangan Stabil

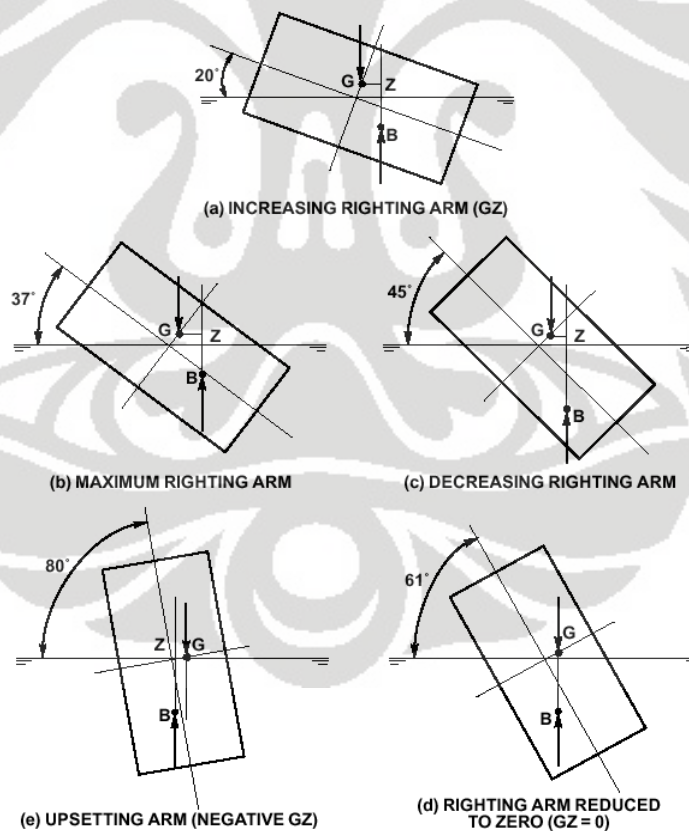
Keseimbangan stabil terjadi bila kapal dalam keadaan miring karena mengalami gangguan dari luar maupun dari dalam kapal itu sendiri, akan kembali ke posisi tegak setelah gangguan tersebut dihilangkan. Pada kondisi ini titik metasentra M berada di atas titik berat G . Momen pengembali yang dimaksud adalah $W \times GZ$. Momen inilah yang membuat kapal memiliki kecenderungan untuk kembali ke posisi semula setelah gangguan dihilangkan.

2. Keseimbangan Tidak Stabil

Kapal dikatakan tidak stabil jika setelah mengalami gangguan, kapal tersebut terus miring dan kemungkinan dapat terbalik. pada kapal seperti ini titik G berada diatas titik M, akibatnya momen yang terjadi tidak mengembalikan kapal ke posisi tegak, tetapi justru malah membuat kapal semakin miring .

3. Keseimbangan Netral

Kapal dikatakan berada pada kesetimbangan netral bila posisi kapal miring tidak berubah setelah gangguan yang menyebabkan kemiringan tersebut dihilangkan. Kasus seperti ini sebenarnya jarang terjadi. Pada keseimbangan netral titik M dan G berimpit, sehingga tidak terjadi momen pengembali.



Gambar 2.12. Kesetimbangan

Dari penjelasan diatas dapat dikatakan bahwa Stabilitas kapal adalah kemampuan usaha kapal untuk tegak kembali setelah mengalami kemiringan atau keolengan ke salah satu sisi kapal akibat gangguan luar dan gangguan dalam. Dimana gangguan yang dialami oleh kapal mungkin berasal dari angin, arus, pengaruh cibar maupun pergeseran muatan di dalam kapal.

Stabilitas kapal dibagi menjadi dua macam :

1. Stabilitas statis

Stabilitas statis ditunjukkan oleh besarnya momen pengembali, berlaku untuk kapal yang diam dan mengalami kemiringan sampai sudut tertentu

- Stabilitas awal/initial stability dimana sudut oleng lebih kecil dari 6° dan pada perhitungan ini titik M sebagai titik metasentra.
- Stabilitas lanjut/overall stability dimana sudut oleng lebih besar dari 6° dan pada perhitungan ini titik N dipakai sebagai titik metasentra palsu.

2. Stabilitas dinamis

Stabilitas dinamis ditunjukkan oleh besarnya kerja atau penambahan energi potensial yang ditimbulkan oleh gerakan naik turun pada momen pengembali selama proses terjadinya kemiringan pada sudut tertentu.

Selama gaya yang bekerja untuk mengembalikan posisi kapal lebih besar dari gaya yang membuat kapal terbalik, maka kapal tersebut akan tetap stabil dan dikatakan dalam kondisi stable.

Dalam stabilitas ada 4 titik yang memegang peranan penting, yakni:

➤ Titik G (Centre of Gravity)

Adalah titik berat daripada kapal yang dipengaruhi oleh kontruksi kapal

➤ Titik B (Centre of Buoyancy)

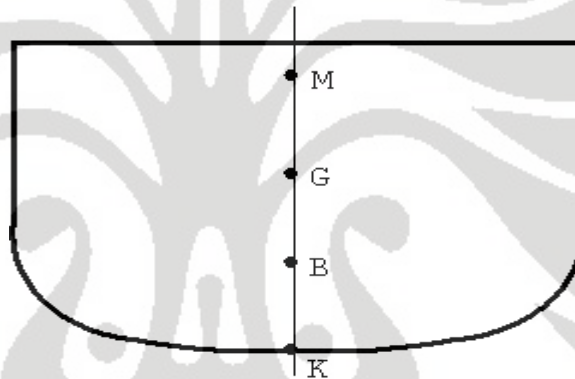
Adalah titik tekan air pada kapal dan dipengaruhi oleh bentuk kapal dibawah permukaan air.

➤ Titik M (Metacentre)

Adalah titik potong vektor γV dengan sumbu vertikal setelah terjadi oleng dimana letak titik M berubah-ubah sesuai dengan perubahan sudut oleng kapal. Pada sudut oleng kurang dari 6° , letak titik M dianggap tetap.

➤ Titik K (Keel)

Adalah titik lunas (baseline) yang dianggap sebagai acuan terhadap titik-titik yang lain



Gambar 2.13. Empat titik stabilitas

Tinggi dari titik G, titik B, dan titik B terhadap titik K inilah yang akan menentukan besarnya dari lengan koppel yang akan terbentuk saat kapal oleng. Tinggi titik G terhadap titik K atau GK dipengaruhi oleh faktor distribusi berat, tinggi titik B terhadap titik K atau KB dipengaruhi oleh volume kapal yang tercelup di dalam air. Besarnya KB dapat diperoleh dengan cara menjumlahkan hasil perkalian

$$KB = \frac{1}{\nabla} \int a_{wp} z \, dz$$

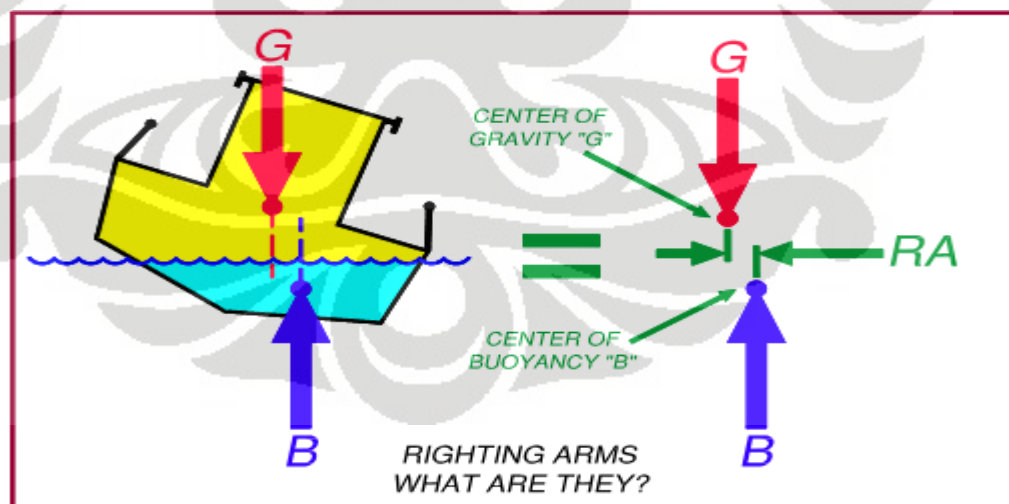
tinggi waterline terhadap baseline dengan setiap kenaikan luasan waterline dibagi dengan total volume kapal atau dapat diformulasikan sebagai berikut.

Dimana V adalah volume total kapal, a_{wp} adalah luas waterline, dan z adalah tinggi waterline terhadap baseline. Perhitungan ini dapat digunakan jika memiliki gambar linesplan yang akurat, jika tidak untuk kapal-kapal umum dapat digunakan formula berikut.

$$KB = \frac{1}{3} \left(\frac{5T}{2} - \frac{\nabla}{A_{WP}} \right) \quad (\text{Morrish's Formula})$$

$$KB = T_m \frac{A_{WP}}{A_{WP} + \frac{\nabla}{T_m}} \quad (\text{Posdunine's Formula})$$

Stabilitas kapal bergantung pada besarnya MG (tinggi metasentra terhadap titik berat G) dimana MG ini yang akan menentukan besarnya lengan koppel $h = MG \sin \phi$. Lengan koppel merupakan jarak horizontal antara titik G dan titik B saat kapal oleng.

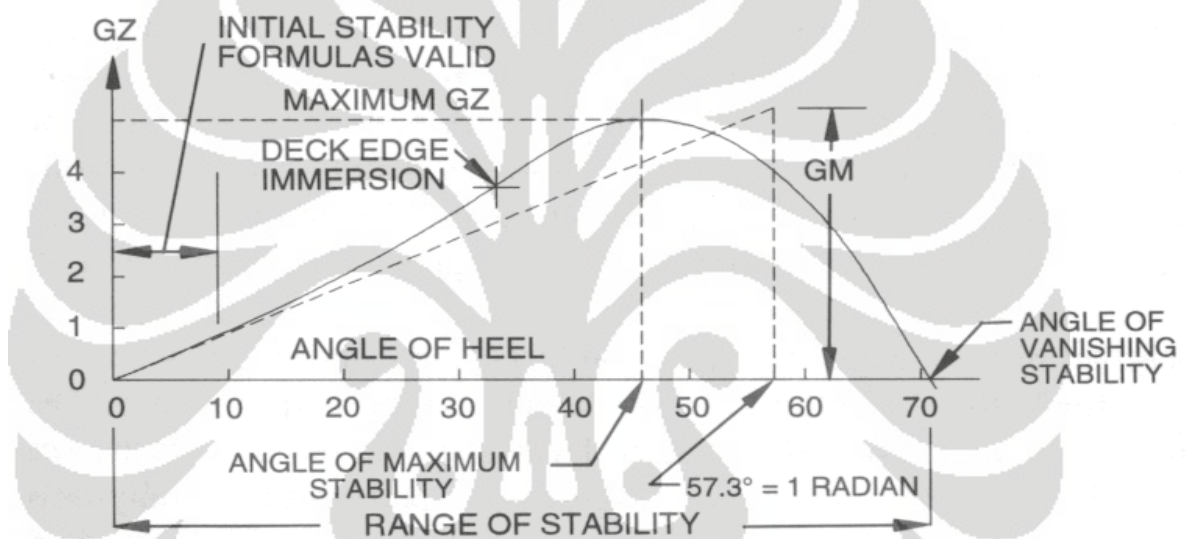


Gambar 2.14. Lengan koppel (*Righting arms*)

Besarnya lengan koppel ini akan digambarkan pada kurva stabilitas dan cross curve sehingga bisa dilihat karakteristik dari kapal tersebut pada berbagai kondisi berat.

KURVA LENGAN STABILITAS

Kurva ini menggambarkan besarnya lengan koppel pada berbagai sudut oleng. Gambar 2.28 menunjukkan salah satu kurva stabilitas dari suatu kapal.



Gambar 2.15. Kurva stabilitas

Dalam kurva lengan stabilitas kita dapat melihat karakteristik stabilitas dari suatu kapal pada kondisi pemuatan tertentu. Hal-hal yang didapatkan dari kurva lengan stabilitas adalah:

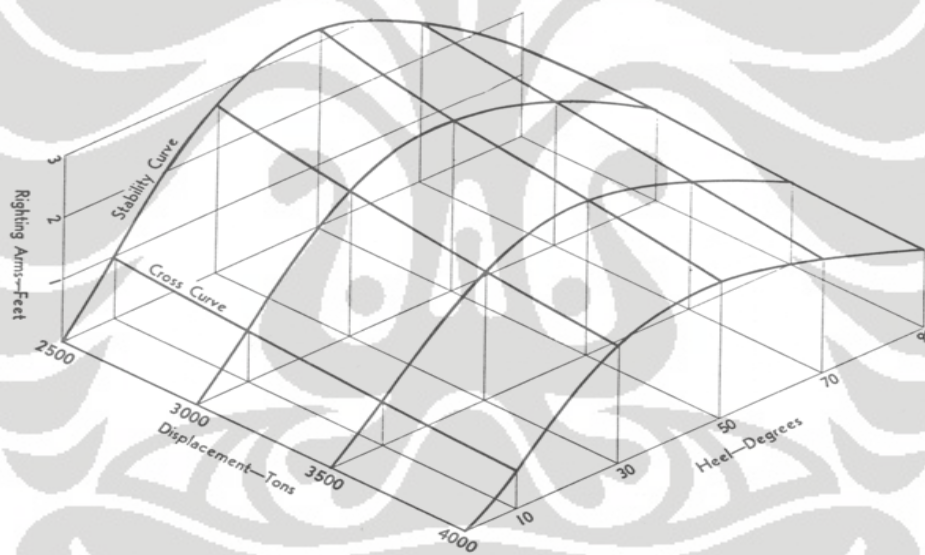
- Luas di bawah kurva merupakan indikasi dari kemampuan kapal untuk kembali ke posisi stabil. Semakin besar luas di bawah kurva maka semakin besar pula kemampuan kapal tersebut untuk mengatasi gaya-gaya yang membuat kapal terbalik.
- Sudut oleng dimana lengan koppel bernilai nol merupakan transisi dari stabilitas positive ke stabilitas negative, sehingga semakin tinggi sudut oleng tersebut

maka semakin besar kemampuan kapal untuk mengatasi gaya-gaya yang membuat kapal terbalik.

- Lengan koppel maksimum merupakan indikasi dari kemampuan kapal untuk kembali ke posisi stabil pada sudut oleng tertinggi.

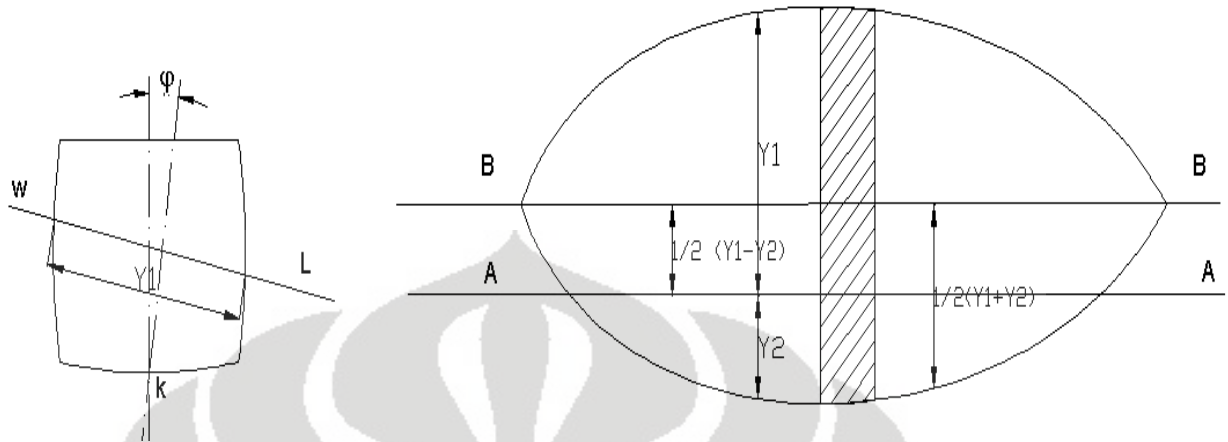
CROSS CURVE

Merupakan sebuah kurva yang melukiskan tiap keadaan oleng kapal pada tiap displacement yang berbeda, cross curve ini umumnya dibuat sebelum kita membuat kurva stabilitas. Hubungan antara kurva lengan stabilitas dan cross curve diperlihatkan pada gambar



Gambar 2.16. Hubungan kurva lengan stabilitas terhadap cross curve

Pada metode ini, bodyplan diputar sesuai dengan sudut oleng yang ingin dicari, kemudian data-data yang didapat dimasukkan kedalam tabel perhitungan.



Gambar 2.17. Sketsa kapal pada keadaan miring

Pada sketsa di atas menunjukkan bahwa kapal pada keadaan miring pada saat line WL dengan suatu segmen dx yang tegak lurus A-A dengan luasan $(Y1+Y2) dx$, letak titik tekan z terhadap sumbu A-A adalah $\frac{1}{2} (Y1-Y2)$ dan moment statis (S) terhadap sumbu A-A adalah:

$$S = \frac{1}{2} (Y1 + Y2) (Y1 - Y2) dx = \frac{1}{2} (Y1^2 - Y2^2)$$

Dengan perjanjian bahwa bila:

A-A diukur kebidang dalam $Y2$ adalah negatif.

A-A diukur kebidang luar $Y2$ adalah positif.

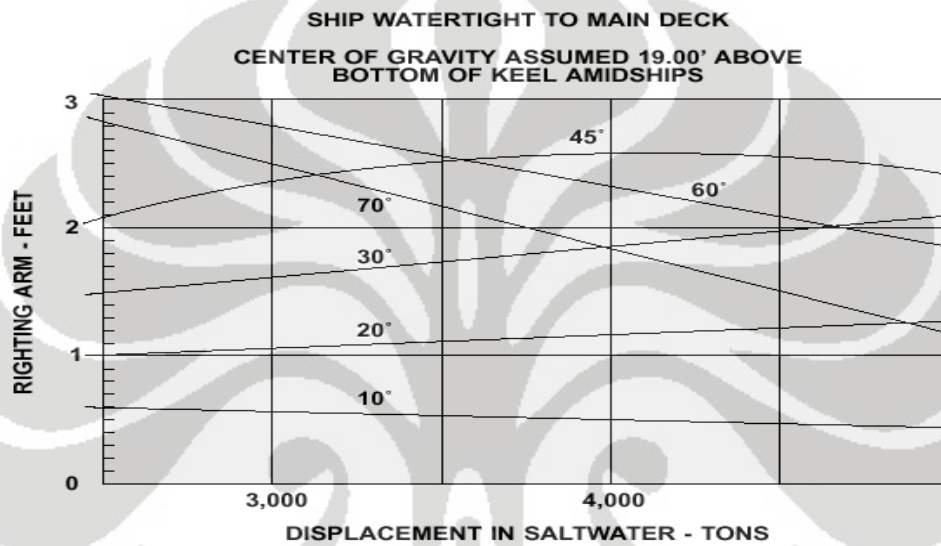
Maka luas segmen dari sebuah WL yang miring adalah:

$$dO_{WL} = (Y1 + \frac{1}{2}) dx$$

Sehingga moment statisnya pun menjadi $dS\phi = \frac{1}{2} (Y1^2 - Y2^2) dx$, maka untuk seluruh WL berlaku $O_{WL} = \int (Y1 + Y2) dx$ dan moment statisnya $S = \frac{1}{2} \int (Y1^2 - Y2^2) dx$. Jadi jarak pemindahan titik tekan terhadap sumbu A-A menjadi:

$$b = \frac{S}{O_{WL}} \text{ atau } b = \frac{1/2 \int Y1^2 - Y2^2 dx}{\int Y1 + Y2 dx}$$

Maka dapat digambarkan cross curve sebagai berikut:



Gambar 2.18. Cross Curve

Kemudian dengan hal yang sama dengan teori semula maka dibuatkan table untuk membuat kurva lengan stabilitas, yakni:

$$h = b - GK \sin \varphi = MG \sin \varphi$$

Tabel 2.3. lengan stabilitas

φ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	dst
NK sin $\varphi = b$								
GK sin φ								
$h = MG \sin \varphi$								

MOMENT LISTING

Jika kapal dalam keadaan tegak maka titik berat kapal (G) dan titik pusat data apung (B) terletak pada satu garis yaitu pada garis dipertengahan kapal (center line), tetapi jika bobot yang berada diatas kapal digeser secara melintang, maka akan mengakibatkan titik berat kapal (G) akan berpindah di G_1 dan hal ini akan menghasilkan moment kemiringan sebesar $W \times GG_1$ dimana kapal akan miring sampai titik G_1 dan titik apung (B) berada pada satu garis tegak yang sama dan posisi dari titik G_1 ini juga berada tegak lurus dibawah titik metacenter (M) sepanjang sudut kemiringannya kecil.

Jika letak titik akhir dari metacentra dan titik berat kapal diketahui maka kemiringan kapal dapat diketahui maka kemiringan kapal dapat dihitung menggunakan trigonometri

$$\text{Tg } \varphi = \frac{G_1G_2}{G_1M}$$

$$G_1G_2 = \frac{W \times d}{\Delta} \text{ [m]}$$

$$G_1M = \frac{GG_2}{tg\varphi} = \frac{w \times d}{\Delta} \times \frac{1}{tg\varphi}$$

$$G_1M = \frac{W \times d}{\Delta \times tg\varphi}$$



BAB III CONCEPTUAL DESIGN

3.1 Conceptual Design

3.1.1 Lines Plan

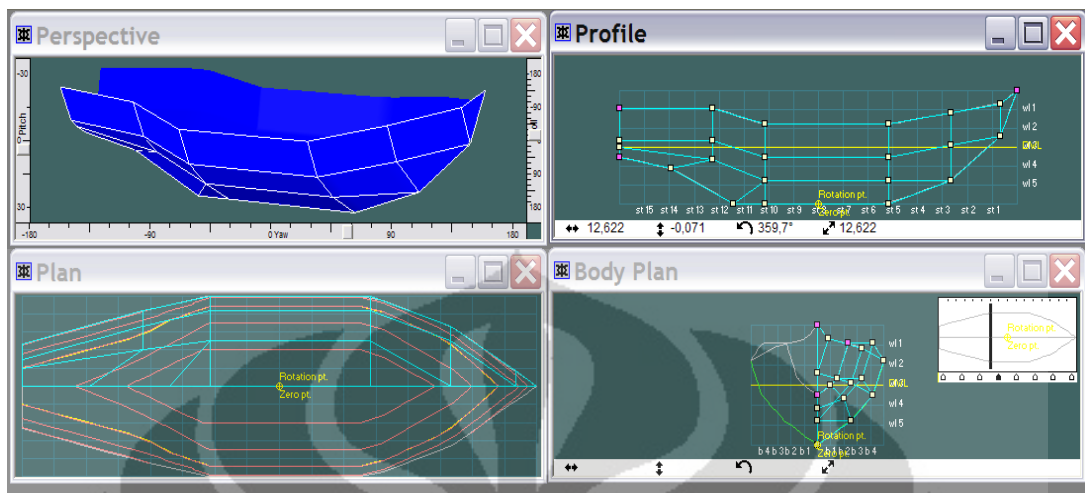
Dari perhitungan awal yang telah digunakan, mempergunakan metode Aljabar Linier dalam menentukan koordinat bidang-bidang dalam pembentukan lambung kapal, maka didapatkan dimensi-dimensi:

LOA : 19.2 meter.
Breadth (B) : 6 meter.
Height (H) : 3.4 meter

Dengan menggunakan *software* Maxsurf maka dapat dibuat gambaran kapal tersebut dengan memasukkan koordinat yang telah didapatkan dengan acuan garis tetap (*datum*) adalah *midship* dan garis sarat tertinggi.

Dari koordinat yang telah didapatkan melalui metode aljabar linier, kita masukkan titik (x,y,z) yang didapatkan sebagai control point pada perancangan body plan di maxsurf.

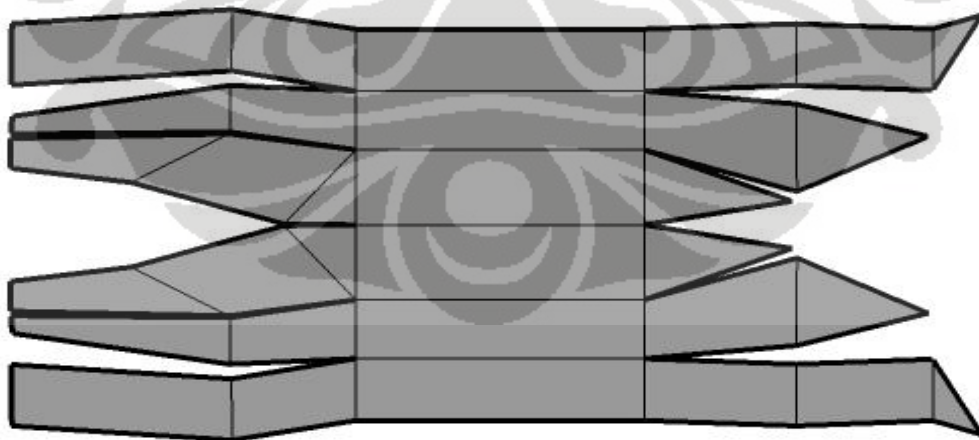
Hasil disain penggabungan titik-titik koordinat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.1. Lines Plan Kapal Rancang

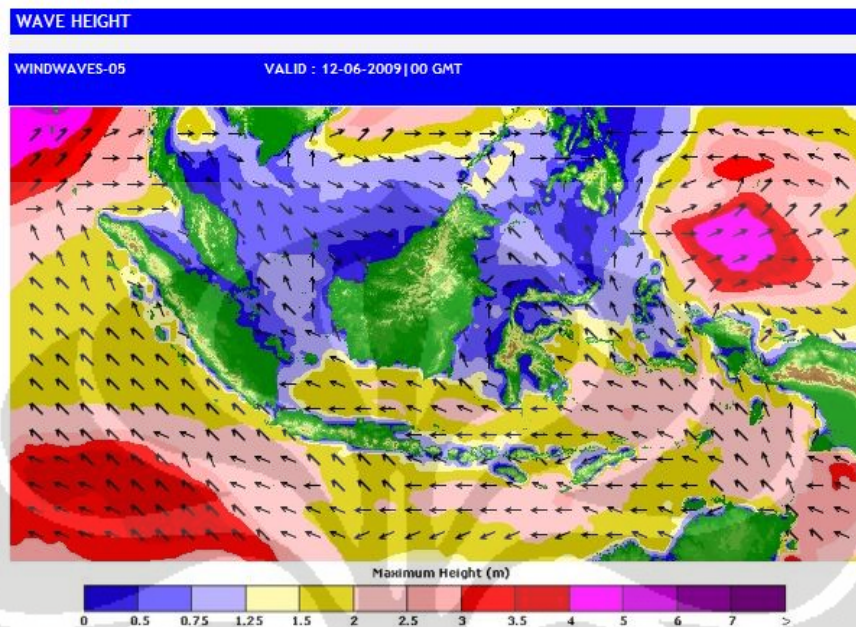
Untuk tinggi sarat maksimum (draught kapal) diambil 2.4 meter sehingga kapal rancangan akan menghasilkan freeboard sebesar 1 meter. Freeboard sebesar satu meter tersebut cocok untuk kapal ini yang akan berlayar di perairan Indonesia bagian barat yang mempunyai ketinggian gelombang laut rata-rata 1 meter.

Sekedar untuk mengetahui bukaan kulitnya (shell expansion) kami menggambarinya pada google sketchup



Gambar 3.2. Shell Expansion Kapal Rancang

Seperti yang bisa dilihat pada grafik berikut:



Gambar 3.4. Ketinggian Gelombang Laut di Indonesia (Sumber: BMKG)

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa wilayah perairan laut yang akan dilayari kapal rancangan, berkisar antara 0 – 2 meter, sehingga diambil rata-ratanya, sebesar 1 meter sebagai freeboard kapal rancangan.

Setelah sarat air maksimum (draught) telah ditentukan, maka dapat ditentukan perhitungan hidrostatis dengan software Maxsurf Pro. Dari hasil pengolahan data sementara Maxsurf bisa didapatkan nilai hidrostatis untuk karakteristik-karakteristik kapal pada sarat air maksimal sebagai berikut:

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	81,19	tonne
2	Volume	79,21	m ³
3	Draft to Baseline	2,4	m
4	Immersed depth	2,4	m
5	Lwl	17,768	m
6	Beam wl	5,286	m
7	WSA	96,267	m ²
8	Max cross sect area	7,557	m ²
9	Waterplane area	67,87	m ²
10	Cp	0,59	
11	Cb	0,351	
12	Cm	0,596	
13	Cwp	0,723	
14	LCB from zero pt	9,605	m
15	LCF from zero pt	9,211	m
16	KB	1,621	m
17	KG	0	m
18	BMt	1,486	m
19	BMI	14,915	m
20	Gmt	3,106	m
21	GMI	16,536	m
22	KMt	3,106	m
23	KMI	16,536	m
24	Immersion (TPc)	0,696	tonne/cm
25	MTc	0,771	tonne.m
26	RM at 1deg = GMt.Dis	4,402	tonne.m
27	Precision	Medium	50 stations

Density: 1,025 tonne/m³ Recalculate

VCG: 0 m Close

Tabel 3.1 Data hidrostatik dari software MAXSURF Pro pada sarat air maksimal

Koreksi ukuran Utama

Dari perhitungan aljabar linier dan maxsurf didapatkan :

Kapal rancangan	
Loa	19,2
Lwl	17,768
B	6
T	2,4
Δ	81,19

Tabel 3.2 Ukuran utama kapal rancangan

Ukuran kapal rancangan tersebut harus memiliki ratio yang berada pada kapal pembanding. Karena rancangan kita dibuat dengan meniru rancangan phinisi, maka kami mengambil perbandingan dari beberapa kapal phinisi yang ada.

Kapal pembanding	1	2	3	4	5	Rata rata
Loa	50	38	36	30,4	50	40,88
Lwl	38	30	33,3	24	40	33,06
B	12	10	8,5	8,5	14	10,6
T	4	3,8	3,6	3,5	5	3,98
Δ	650	372	250	245	850	473,4

Sumber www.kastenmarine.com

Loa/B	4,167	3,800	4,235	3,576	3,571	3,870
Lwl/B	3,167	3,000	3,918	2,824	2,857	3,153
B/T	3,000	2,632	2,361	2,429	2,800	2,644
T/B	0,333	0,380	0,424	0,412	0,357	0,381
Loa/T	12,500	10,000	10,000	8,686	10,000	10,237
Lwl/T	9,500	7,895	9,250	6,857	8,000	8,300

Tabel 3.3 kapal pembanding

Kemudian ditentukan range untuk ratio

Loa/B	3,571-4,235
Lwl/B	2,824-3,918
B/T	2,361-3,00
T/B	0,333-0,424
Loa/T	8,686-12,50
Lwl/T	6,857-9,500

Tabel 3.4 Range ratio kapal pembanding

Sedangkan pada kapal rancangan

Ratio	Nilai	koreksi
Loa/B	3,2	ok
Lwl/B	2,961	ok
B/T	2,5	ok
T/B	0,4	ok
Loa/T	8	ok
Lwl/T	7,403	ok

Tabel 3.5 Ratio ukuran utama kapal rancangan

Karena rasio pada kapal rancangan berada pada range yang telah ditentukan melalui kapal pembanding, maka kita anggap ukuran utama kapal tersebut tidak bermasalah.

3.1.2. Penentuan kecepatan dinas (V_s)

Untuk penentuan kecepatan service yang optimal, maka awalnya dihitung Froude number untuk kapal tersebut dengan rumusan sebagai berikut:

$$Fn = \frac{Vs(m/s)}{\sqrt{g \times Lpp}} ; \text{dimana } g = \text{percepatan gravitasi} = 9.81 \text{ m/s}^2.$$

$$Lpp = 17.42 \text{ meter.}$$

Untuk perhitungan awal, dihitung $V_s = 10 \text{ knot} = 5.144 \text{ m/s}$.

$$Fn = \frac{5.144}{\sqrt{9.8 \times 17.42}} = 0.45$$

Menurut Jensen (1994), Froude number yang berada pada kisaran:

- $0.25 < Fn < 0,27$
- $0,37 < Fn < 0,5$

harus dihindari, karena dapat menyebabkan terjadinya interferensi/crash antara gelombang haluan dan buritan. Karena perhitungan awal menghasilkan angka froud number yang berada pada daerah tersebut, maka Fn dihitung kembali dengan memvariasikan kecepatan kapal sedangkan untuk Lpp -nya sudah tetap. Agar tidak

termasuk dalam angka F_n yang tidak dianjurkan, maka V_s kecenderungannya adalah ditambah terus hingga, mendapatkan F_n yang baik. Setelah diolah dengan menggunakan Microsoft Excel, maka didapat V_s yang optimal adalah 9 knot.

3.1.3 Estimasi Sementara Tenaga Penggerak

Sebelum menentukan besarnya tenaga penggerak yang dibutuhkan kapal, maka Penentuan besar daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dengan pendekatan metode Admiralty, dimana besarnya daya yang disalurkan ke poros adalah

$$SHP = \frac{\Delta^{2/3} \times V^3}{Ac} \quad \text{HP}$$

Dimana: Δ = Displacement sarat maksimum = 81.19 ton
 V = Kecepatan service kapal (knot) = 12,5 knot
 Ac = Kostanta Admiralty

$$Ac = 10 \left(\sqrt{Lpp} + \frac{150}{VS} \right)$$

$$Ac = 10 \left(\sqrt{17.42} + \frac{150}{12.5} \right)$$

$$Ac = 161.73$$

$$SHP = \frac{81.19^{2/3} \times 12.5^3}{161.73} \quad \text{HP} = 226,42 \text{ HP}$$

Untuk menjamin mesin beroperasi pada kecepatan maksimal secara kontinyu, maka besar daya mesin terpasang 15% lebih besar dari daya yang dibutuhkan ke poros. Besar daya mesin minimum :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= 1.15 \times 226.42 \text{ HP} \\ &= 260,38 \text{ HP} \end{aligned}$$

Maka dalam perhitungan selanjutnya, diambil daya mesin **BHP = 270 HP**.

3.1.4 Estimasi LWT (Light Weight Tonnage)

Berat kapal kosong untuk kapal barang umum (general cargo ship) terdiri dari berat baja kapal, dan berat mesin utama (tidak diperlukan alat bongkar muat di kapal karena pada pelayaran rakyat, untuk proses bongkar muatnya masih menggunakan tenaga manusia).

a. Berat baja kapal (BK)

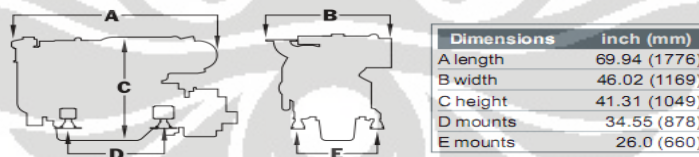
$$\begin{aligned} BK &= 0.102 \times L \times B \times T \\ &= 0.102 \times 17.42 \times 6 \times 2.4 \\ &= 25.58 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Berat mesin utama (BM)

Dari estimasi sementara tenaga penggerak didapatkan besar BHP adalah 270 HP. Oleh karena itu akan digunakan daya mesin yang lebih besar dan dipilih mesin NORTHERN LIGHT type L1276A2 dengan kapasitas daya output saat bekerja secara kontinyu sebesar 340 HP (brosur mesin terlampir).

NORTHERN LIGHTS L1276A2

Output rating	CONTINUOUS	MEDIUM	HIGH OUTPUT
FWHP (kW)	340 (252)	425 (315)	525 (389)
Maximum RPM	1800	2100	2100
Cylinders / Configuration / Cycle	6 / Inline / 4	6 / Inline / 4	6 / Inline / 4
Displacement CID (ltr)	763 (12.5)	766 (12.5)	766 (12.5)
Aspiration	All Models: Turbocharged Aftercooled		
Bore x Stroke in (mm)	All Models: 5 x 6.5 (127 x 165)		
Approximate Weight			
Dry weight with HE, no gear - lbs (kg)	3210 (1456)	3210 (1456)	3210 (1456)
Dry weight, KC, no gear - lbs (kg)	3093 (1403)	3093 (1403)	3093 (1403)



Tabel 3.6. Spesifikasi Mesin Utama

Dapat dilihat pada tabel di atas (tulisan berwarna merah) bahwa untuk kapal dengan daya sebesar 340 HP memiliki berat mesin 1456 kg = 1.45 ton.

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi LWT} &= \text{BK} + \text{BM} \\
 &= 25.58 + 1.456 \\
 &= 27.036 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3.1.5 Estimasi DWT (Dead Weight Tonnage) dan Payload

Unsur-unsur yang termasuk dalam komponen DWT terdiri dari : $DWT_2 = \text{Pay Load} + [\text{consumables } (W_1) + \text{Crew } (W_2) + \text{Luggage } (W_3)]$

dimana consumables terdiri dari :

- berat bahan bakar (W_{fo})
- berat minyak pelumas (W_{lub})
- berat air tawar (W_{fw})
- berat makanan (W_{prov})

Pay load = DWT rancangan – (consumables + crew + luggage)

1. Berat Consumables (W_1)

Berat consumables (W_1) = $W_{fo} + W_{lub} + W_{fw} + W_{prov}$.

1.1 Berat Bahan Bakar (W_{fo})

$$W_{fo} = (\text{BHP}_{me} \times b_{me}) \times \frac{Cr}{Vs} \times 10^{-6} \times k$$

dimana : BHP_{me} = BHP mesin utama (kW)

$$= 270 \text{ HP} / 1.341 \text{ kW} = 201.34 \text{ kW}$$

b_{me} = angka spesifik konsumsi pemakaian bahan bakar mesin utama (205 – 211 gr/kW)

Cr = 970 nm (nautical miles)

Vs = 12.5 knot

K = konstanta (1.3 – 1.5) ; diambil = 1.3

$$W_{fo} = (201.34 \times 205) \times \frac{970}{12.5} \times 10^{-6} \times 1.3$$

$$= 4.16 \text{ ton}$$

1.2 Berat Minyak Pelumas (W_{lub})

$$\begin{aligned} W_{lub} &= 3\% \times W_{fo} \\ &= 0.03 \times 4.16 \\ &= \mathbf{0.13 \text{ ton}} \end{aligned}$$

1.3 Berat Air Tawar (W_{fw})

$$W_{fw} = N \times t \times C_{fw}$$

dimana: N = jumlah kru,

$$t = \text{waktu pelayaran} = \frac{Cr}{Vs} = \frac{970}{12.5} = 77.6 \text{ jam}$$

= 3.2 hari dibulatkan menjadi 4 hari

C_{fw} = Kebutuhan konsumsi air tawar, diambil

= 20 kg/orang/hari.

$$W_{fw} = 5 \times 4 \times 20 = 400 \text{ kg} = \mathbf{0.4 \text{ ton}}$$

1.4 Berat Makanan ($W_{prov.}$)

$$W_{prov.} = N \times t \times C_{prov.}$$

dimana : N = jumlah kru = 5 orang

t = waktu pelayaran = 4 hari

$C_{prov.}$ = kebutuhan konsumsi makanan

= (3 – 5 kg/orang/hari)

diambil maksimal = 5 kg/orang/hari

$$W_{prov.} = 5 \times 4 \times 5 = 100 \text{ kg} = \mathbf{0.1 \text{ ton}}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Berat consumables } (W_1) &= W_{fo} + W_{lub} + W_{fw} + W_{prov.} \\ &= 4.16 + 0.13 + 0.4 + 0.1 \\ &= \mathbf{4.79 \text{ ton}} \end{aligned}$$

2. Berat Kru (W_2)

Berat kru (W_2) = $N \times C_{crew}$

dimana : $C_{crew} = 75 \text{ kg/orang}$

$(W_2) = 5 \times 75 = 375 \text{ kg} = \mathbf{0.375 \text{ ton}}$

3. Berat Luggage (W_3)

Luggage (W_3) = $N \times C_{lugg.}$

dimana : $C_{lugg} = 40 \text{ kg/orang (jarak pendek)}$

$= 60 \text{ kg/orang (jarak jauh)}$

$(W_3) = 5 \times 60 = 300 \text{ kg} = \mathbf{0.3 \text{ ton}}$

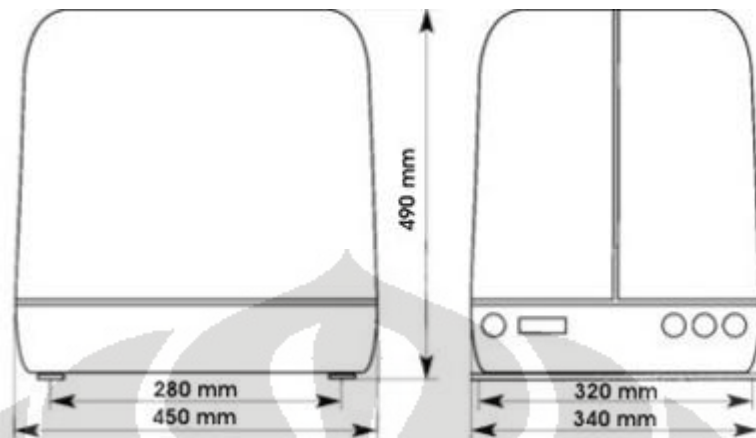
4. Berat Genset (W_g)

Estimasi kebutuhan daya genset yang dibutuhkan adalah maksimum 3000 W, maka dapat dipilih genset dengan spesifikasi sebagai berikut :

Technical Specification and Performance

Generator manufacturer	Volpi Tecno Energia (VTE) - Italy	
Engine	BUKH - FARYMANN DIESEL, Germany	
Mechanical power (continuous)	50 Hz	3.6 kW
	60 Hz	Not available
Speed (rpm)	50 Hz	3000 rpm
	60 Hz	Not available
Fuel consumption	0.35 l/kW/h	
Weight (soundproof hood included)	60 kg	
Weight of separate inverter	6 kg	
Remote Control	Fitted with hourmeter, load indicator, automatic shut-off device for low oil pressure and water over temperature, starting motor self disengagement, 10 m cable and socket	

Tabel 3.7. Spesifikasi Generator Set



Gambar 3.5. Dimensi Generator Set



Gambar 3.6. Bagian Luar dan Dalam Genset

Dari tabel spesifikasi genset yang dipilih (ditandai dengan kotak merah), maka didapat berat genset = 60 kg + 6 kg = 66 kg = 0.066 ton.

1. Berat Pay Load

$$\begin{aligned} \text{Displacement} &= \text{DWT} + \text{LWT} \\ \text{DWT} &= \text{Displacement} - \text{LWT} \\ &= 81.19 - 27.03 \\ &= 54.16 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pay load} &= \text{DWT} - (\text{consumables} + \text{crew} + \text{luggage} + \text{genset} + \text{outfit} + \text{akomodasi} + \text{beart lain-lain} + \text{peralatan tambat} + \text{ballast}) \\ &= 54.16 - (4.76 + 0.375 + 0.3 + 0.066 + 1.5 + 1 + 0.8 + 4) \\ &= \mathbf{41.3 \text{ ton}} \end{aligned}$$

3.2 Konstruksi Kapal

Dalam perencanaan *midship section* dan konstruksi *profil* ini digunakan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia. Dasar penentuan ukuran dan detail konstruksi dan perhitungan ini didasarkan pada :

- ✓ Faktor bahan (k), untuk kapal baja normal = 1
- ✓ Panjang antara garis tegak (L_{pp}) = 17.42 m
- ✓ Lebar kapal (B) = 6 m
- ✓ Tinggi sarat air (T) = 2.4 m
- ✓ Tinggi Kapal (H) = 3.4 m

3.2.1 Perkiraan Beban

Dalam menentukan ukuran-ukuran dari konstruksi geladak dan menyangga alas dalam sisi alas, alas kapal dan tangki-tangki maka perlu ditentukan dahulu beban yang akan dipakai, beban yang diterima atau dialami harus dapat diketahui. Perkiraan beban pada kapal antara lain adalah :

1. Beban Geladak

a. Beban Geladak Cuaca

Yang dianggap sebagai geladak cuaca adalah semua geladak yang bebas, kecuali bangunan atas yang tidak efektif. Untuk daerah 0.1 L dari garis tegak buritan sampai 0.2 L dari garis tegak haluan, beban geladak cuaca adalah :

$$P = P_o \pm \Delta P \text{ (t/m}^2\text{)}$$

dimana :

$$P_o = 0.75 + \frac{3L}{1000}, \text{ t/m}^2; \text{ untuk } L \leq 200 \text{ m}$$

$$= 0.75 + \frac{3 \times 17.42}{1000}$$

$$= 0.8 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta P = 0.08 \times (A_w - A_{wo})$$

dimana :

$$\begin{aligned} A_w &= H - T \\ &= 3.4 - 2.4 \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{wo} &= 0.025L - 0.75 \text{ (m) ; untuk } L < 50 \\ &= 0.025 \times 17.42 - 0.75 \\ &= -0.31 \text{ m, karena bernilai negatif maka diambil nilai} \\ &\text{minimum sebesar 0.} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} \Delta P &= 0.08 \times (1 - 0) \\ &= 0.08 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} P &= P_o \pm \Delta P \text{ (t/m}^2\text{)} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^2 + 0.08 \text{ t/m}^2 \\ &= 0.88 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Pada daerah 0.1 L dari FP diperbesar 20% sehingga :

$$\begin{aligned} P &= 20\% P + P \\ &= 20\% (0.88) + 0.88 = 1.06 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Pada daerah 0.2 L dari FP dan 0.1 L dari AP diperbesar 10% sehingga :

$$\begin{aligned} P &= 10\% P + P \\ &= 10\% (0.88) + 0.88 = 0.97 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban Geladak Bangunan Atas.

i. Geladak bangunan atas I

$$\begin{aligned} \Delta P &= 0.08(A_w - A_{wo}) \times 0.75 \\ &= 0.08 \times (1 - 0) \times 0.75 \\ &= 0.06 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

maka ;

$$P = P_o \pm \Delta P \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$$= 0.8 \text{ t/m}^2 + 0.06 \text{ t/m}^2$$

$$= 0,86 \text{ t/m}^2$$

c. Beban Geladak Muatan dan Geladak Akomodasi

Beban geladak akomodasi di bawah cuaca dihitung sebagai berikut :

$$P = 0.5 \text{ t/m}^2 \text{ untuk } L < 20 \text{ m}$$

$$P = 1 \text{ t/m}^2 \text{ untuk } L > 100 \text{ m}$$

Diambil nilai $P = 0.5 \text{ t/m}^2$

d. Beban Alas Dalam.

Beban alas dalam akibat tekanan beban dihitung dari :

$$P_i = h \times \frac{G}{v}$$

dimana :

$$G = \text{Berat muatan dalam ruangan}$$

$$= 48,65 \text{ ton (diambil dari estimasi berat payload pada pra rancangan)}$$

$$v = \text{Volume ruangan, estimasi volume ruangan}$$

$$= 36 \text{ m}^3$$

$$H = \text{Tinggi pinggir atas muatan di hitung dari alas, dimana dianggap ruang terisi penuh.}$$

$$= 1 \text{ m}$$

maka :

$$P_i = 1 \times \left(\frac{48.65}{36} \right)$$

$$= 1,35 \text{ t/m}^2$$

2. Beban luar untuk sisi dan alas kapal

a) Sisi Kapal

Beban luar (h_s) untuk penentuan konstruksi sisi kapal adalah :

$$h_s = Z_2 + c \left(1 - \frac{Z_2}{2T} + b \right) (\text{t/m}^2)$$

dimana :

Z_2 = jarak tegak antara garis muat dan batas bawah pelat atau pertengahan dari panjang L yang tidak tertumpu / tinggi sarat

$$= 1 \text{ m}$$

c = $0.023 L$ (t/m^2) ; untuk $L < 100 \text{ m}$

$$= 0.023 \times 17.42$$

$$= 0,40 \text{ t/m}^2$$

b = 0 untuk daerah $0.6 L$ tengah kapal

$$= 0.7 - 3.5 \frac{X}{L}$$

untuk daerah $0 \leq X/L \leq 0,2$ maka yang diambil adalah 0.1, sehingga :

$$b = 0.7 - (3.5 \times 0.1)$$

$$= 0.35$$

jadi :

$$h_s = 1 + 0.4 \left(1 - \frac{48.65}{2 \times 2.4} + 0.35 \right) (\text{t/m}^2)$$

$$= 1,32 \text{ t/m}^2$$

b) Alas Kapal

Beban luar (h_b) untuk penentuan konstruksi alas kapal.

$$h_b = T + c (0.5 + b) (\text{t/m}^2)$$

$$= 2.4 + 0.4 (0.5 + 0.35) (\text{t/m}^2)$$

$$= 2,76 \text{ t/m}^2$$

3.2.2 Pelat Kulit

Dalam perencanaan ini dihitung semua bagian plat yang menjadi dinding atau kulit kapal dan harus disesuaikan dengan beban yang harus ditumpu oleh masing-masing bagian.

Dalam perencanaan ini, perhitungan pelat kulit antara lain adalah :

- A. Pelat Alas :
1. Pada 0.4 L tengah kapal
 2. Diluar 0.4 L tengah kapal
 3. Pelat lunas
- B. Pelat Sisi :
1. Pada 0.4 L tengah kapal
 2. Diluar 0.4 L tengah kapal
 3. Pelat sisi lajur atas
 4. Lajur Bilga

Pada perhitungan pelat kulit ini faktor yang mempengaruhi antara lain :

- hb = Beban alas
= 2,76 t/m²
- hs = Beban sisi
= 1,32 t/m²
- h₁ = 10, untuk sisi gading-gading lintang
- k = Faktor bahan
= 1 (untuk baja kapal normal)

A. Pelat Alas

1. Daerah pelat alas pada 0.4L tengah kapal

Untuk panjang kapal di bawah 100 m, tebal pelat tidak boleh lebih kecil dari :

$$s = n_1 \times a \sqrt{\frac{hb \times k}{1.65 + \frac{L}{500}}} \text{ (mm)}$$

dimana :

- n₁ = 10, untuk sistim gading-gading lintang
- k = Faktor bahan

= 1 (untuk kapal baja normal)

a = Jarak antar gading, untuk kapal yang $L < 100$ m.

$$a = 2L + 460 \text{ mm}$$

$$= 2(17.42) + 460 \text{ mm}$$

$$= 494. \text{ mm}$$

$$= 0.494 \text{ m}$$

hb = Beban alas

$$= 2,76 \text{ t/m}^2$$

jadi :

$$s = 10 \times 0.49 \sqrt{\frac{2.76 \times 1}{1.65 + \frac{17.42}{500}}} \text{ (mm)}$$

$$= 4.98 \text{ mm}$$

maka direncanakan tebal pelat $s = 5 \text{ mm}$

2. Daerah pelat alas diluar $0.4L$ tengah kapal

Tebal pelat ujung untuk $0.1L$ bagian depan garis tengah buritan dan untuk $0.05L$ di belakang garis tegak haluan, tidak boleh kurang dari nilai yang lebih besar dari harga berikut :

$$s_2 = (4.3 \times a \sqrt{hs \times k}) + 1.5$$

$$= (4.3 \times 0.49 \sqrt{1.32 \times 1}) + 1.5 \text{ (mm)}$$

$$= 3.94 \text{ mm}$$

maka direncanakan tebal pelat $s_2 = 4 \text{ mm}$

3. Daerah pelat lunas

Lebar pelat lunas tidak boleh kurang dari :

$$b = 4L + 800 \text{ (mm)}$$

$$= (4 \times 17.42) + 800 \text{ (mm)}$$

$$= 869,68 \text{ mm}$$

maka direncanakan lebar pelat lunas $b = 869.7$ mm. Sedangkan tebal lunas pada daerah $0.7 L$ tengah kapal tidak boleh lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} S_k &= 1.1 \times s \\ &= 1.1 \times 4.98 \\ &= 5.48 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka direncanakan tebal pelat lunas $S_k = 5.5$ mm

Tebal lunas maksimum pada daerah $0.15 L$ dari ujung kapal :

$$\begin{aligned} S_k \text{ max} &= s + 2.5 \\ &= 5 + 2.5 \\ &= 7.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

B. Pelat sisi.

1. Daerah pelat sisi pada $0.4L$ tengah kapal

Tebal pelat sisi pada $0.4L$ tengah kapal untuk kapal $L < 100$ m adalah :

$$\begin{aligned} s &= n_1 \times a \sqrt{\frac{T \times k}{1.8 + \frac{6L}{1000}}} \text{ (mm)} \\ &= 10 \times 0.5 \sqrt{\frac{2.4 \times 1}{1.8 + \left(\frac{6 \times 17.42}{1000}\right)}} \text{ (mm)} \\ &= 5.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka direncanakan tebal pelat sisi $s = 6$ mm

2. Daerah pelat sisi di luar $0.4L$ tengah kapal

Tebal pelat harus lebih besar dari nilai berikut :

$$\begin{aligned} s_3 &= \left(0.3 \times a \sqrt{hs \times k} \right) + 1.5 \text{ (mm)} \\ &= \left(0.3 \times 0.5 \sqrt{1.32 \times 1} \right) + 1.5 \text{ (mm)} \\ &= 3.94 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{dan } s_2 = (1.5 - 0.01L) \times \sqrt{L \times k}$$

$$= \left(0.5 - 0.01 \times 17.42 \right) \times \sqrt{17.42 \times 1}$$

$$= 6.3 \text{ mm}$$

maka direncanakan tebal pelat sisi $s_3 = 4 \text{ mm}$ dan $s_2 = 7 \text{ mm}$.

3. Daerah pelat sisi lajur atas (sheer strake)

Tebal pelat sisi lajur atas pada 0.4 L tengah kapal tidak boleh kurang dari tebal pelat sisi pada 0.4 L tengah kapal.

$$S_1 = S + 10\% \cdot S$$

dimana

$$s = \text{Tebal pelat sisi pada 0.4 L tengah kapal}$$

$$= 5.7 \text{ mm}$$

sehingga ;

$$S_1 = 5.7 + (10\% \times 5.7) \text{ mm}$$

$$= 6.3 \text{ mm}$$

Maka tebal sisi lajur atas direncanakan $S_1 = 7 \text{ mm}$

Lebar pelat sisi lajur atas tidak boleh kurang dari :

$$b = 0.12 H \text{ (m)}$$

$$= 0.12 \times 3.4 \text{ (m)}$$

$$= 0.408 \text{ m}$$

Maka lebar pelat sisi lajur atas yang direncanakan :

$$b = 0.5 \text{ m untuk } b_{\max} = 1 \text{ m}$$

4. Tebal Pelat kritis

Untuk sistem gading-gading lintang, tebal pelat geladak pada 0.4L tengah kapal disamping palka minimum adalah :

$$S_{\text{Krit}} = 23 \times a \times \frac{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{gel}}}{500}\right)^2 - 1}}{1 + \left(\frac{a}{b_1}\right)^2} \text{ (mm)}$$

dimana :

σ_{gel} = Tegangan tekan yang terbesar di geladak disebabkan lenturan bujur.

$$\sigma_{\text{min}} = 750 \text{ kg/cm}^2$$

b_1 = Lebar bidang pelat, diperkirakan = 1 m

jadi :

$$S_{\text{Krit}} = 23 \times 0.5 \times \frac{\sqrt{\left(\frac{750}{500}\right)^2 - 1}}{1 + \left(\frac{0.5}{1}\right)^2} \text{ (mm)}$$

$$= 6.5 \text{ mm}$$

diambil tebal pelat kritis $S = 7 \text{ mm}$

5. Pelat kulit dari bangunan atas

Semua bangunan atas yang terletak diluar 0.4L bagian tengah kapal atau mempunyai panjang kurang dari 0.25L atau kurang dari 19 m, menurut kelas Bab 16 dapat diperlakukan sebagai bangunan atas yang tidak efektif.

a. Tebal pelat samping untuk akil dan anjungan adalah :

$$s = 0.9\sqrt{L} \text{ (mm)}$$

$$= 0.9\sqrt{17.42}$$

$$= 3.75 \text{ mm; diambil 4 mm}$$

b. Tebal pelat samping untuk kimbul adalah :

$$s = 0.85\sqrt{L} \text{ (mm)}$$

$$= 0.85\sqrt{17.42}$$

$$= 3.5 \text{ mm; diambil 4 mm}$$

c. Tebal pelat geladak untuk akil dan anjungan adalah :

$$s = 5.0 + 0.03L \text{ (mm)}$$

$$= 5 + (0.03 \times 17.42)$$

$$= 5.5 \text{ mm; diambil 6 mm}$$

d. Tebal pelat geladak untuk kimbul adalah :

$$s = \frac{a_0}{100} \text{ (mm)}$$

$$= \frac{494}{100}$$

$$= 4.94 \text{ mm; diambil 5 mm}$$

e. Daerah pelat sisi lajur bilga

Tebal pelat dibagian melengkung sama dengan tebal pelat sisi untuk gading melintang, sehingga diambil 4 mm.

3.2.3 Geladak

A. Geladak Kekuatan

i. Tebal pelat geladak kekuatan

Untuk geladak kekuatan, tebal plat minimum untuk kapal dengan panjang sampai dengan 100 m ditentukan dengan tabel 1 pada buku BKI halaman 188 yaitu untuk $L = 10.846$ m tebalnya $s_{\text{minimum}} = 5.5$ mm.

Maka yang diambil $s = 5.5$ mm

1. Tebal pelat di samping palka pada 0.4 L tengah kapal.

Untuk daerah 0.4L tengah kapal disamping palka, tebalnya:

$$\begin{aligned}
 s &= (4.5 + 0.05L) \times \sqrt{k} \\
 &= (4.5 + 0.05 \times 17.42) \times \sqrt{1} \\
 &= 5 \text{ mm (yang dipakai)}
 \end{aligned}$$

2. Tebal Pelat antara lubang palka.

Untuk daerah diantara lubang palka, tebalnya:

$$\begin{aligned}
 s &= 5 + 0.03L \\
 &= 5 + (0.03 \times 17.42) \\
 &= 5.52 \text{ mm} \\
 &\approx 5.5 \text{ mm (yang dipakai)}
 \end{aligned}$$

3. Tebal pelat ujung (untuk poop & forecastle)

Untuk daerah pelat ujung , tebalnya:

$$\begin{aligned}
 sa &= 5 + 0.03L \\
 &= 5 + (0.03 \times 17.42) \\
 &= 5.52 \text{ mm} \\
 &\approx 5.5 \text{ mm (yang dipakai)}
 \end{aligned}$$

ii. Radius pembulatan sudut lubang palka

$$r = 0.1 \times b \left(1 - \frac{b}{B} \right) (mm).$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 b &= \text{lebar palka} \\
 &= 0.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \text{lebar kapal} \\
 &= 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= 0.1 \times 0.5 \left(1 - \frac{0.5}{2.128} \right) \\
 &= 0.13 \text{ m} = 133.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$r_{\min} = 100 \text{ mm}$$

$$r_{\max} = 0.06 \times b$$

$$= 0.06 \times 4$$

$$= 0.24 \text{ m} = 240 \text{ mm}$$

yang direncanakan akan dipakai adalah 100 mm.

3.2.4 Gading

A. Gading Biasa

Jarak antara gading-gading biasa:

jika $L < 100 \text{ m}$

$$\begin{aligned} a &= a_0 \text{ (mm)} \\ &= (2 \times 17.42) + 460 \text{ mm} \\ &= 494.84 \text{ mm} \\ &= 0.494 \text{ m} \end{aligned}$$

Modulus penampangnya gading biasa :

$$W = k \times n \times a \times l^2 \times h_s \times f$$

dimana

$$\begin{aligned} n &= 6.25 - \frac{L}{40} \\ &= 6.25 - \frac{17.42}{40} \\ &= 5.82 \end{aligned}$$

$$a = 0.494 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} h_s &= \text{beban luar untuk sisi kapal} \\ &= 1.32 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

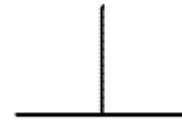
$$\begin{aligned} l &= \text{panjang tidak ditumpu} \\ &= 0.7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= 1.4 - t/0.25 \ l \ (f \geq 0.9), \ t = \text{tinggi pelat lutut dalam [m] di} \\ &\quad \text{atas puncak wrang atau alas dalam; } t = 0.1 \text{ m} \\ &= 1.4 - 0.1/(0.25 \times 0.8) \end{aligned}$$

$$= 1.12$$

sehingga :

$$\begin{aligned} w &= 1 \times 5.82 \times 0.494 \times (0.7)^2 \times 1.32 \times 1.12 \\ &= 2.10 \text{ cm}^3 \approx 5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



maka dipilih profil ukuran 50 mm x 5 mm

B. Gading Utama

Gading utama umumnya dipasang setiap 3 gading biasa. Sehingga jaraknya menjadi 4 x $a = 4 \times 0.494 \text{ m} = 1.976 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$.

Modulus penampangnya:

$$\begin{aligned} w &= k \times n \times a \times l^2 \times h_s \times f \\ &= 1 \times 5.82 \times 2 \times (0.7)^2 \times 1.32 \times 1.12 \\ &= 9.03 \text{ cm}^3 \\ &\approx 9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



maka dipilih profil ukuran 65 mm x 6 mm

C. Gading-gading ceruk

Modulus penampang gading-gading ceruk tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} w &= 8 \times a \times l^2 \times h_s \text{ (cm}^3\text{)} \\ &= 8 \times 0.49 \times (0.7)^2 \times 1.32 \\ &= 2.58 \text{ cm}^3 \approx 5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



maka dipakai profil 50 mm x 5 mm

D. Gading-gading bangunan atas

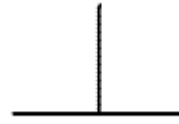
Modulus penampang bangunan-bangunan atas tidak boleh kurang dari :

$$w = 8 \times a \times l^2 \times h_s \text{ (cm}^3\text{)}$$

dimana l adalah tinggi bangunan atas yang tidak efektif.

$$\begin{aligned}
 w &= 8 \times 0.49 \times \pi^2 \times 1.32 \\
 &= 5.2 \text{ cm}^3 \approx 5 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

maka dipakai profil 50 mm x 5 mm



E. Pelat Lutut

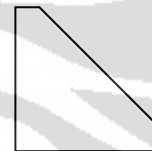
Tebal pelat lutut bilga

$$\begin{aligned}
 s &= 0.5H + 5 \\
 &= (0.5 \times 3.4) + 5 \\
 &= 6.7 \text{ mm} \approx 7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dengan tebal 7 mm didapatkan modulus penampang pelat lutut,

$$w = 10 \text{ cm}^3$$

maka dipakai profil 100 mm x 6.5 mm



3.2.5 Konstruksi Geladak

Dalam perencanaan ini konstruksi geladak menggunakan sistem balok lintang. Balok lintang geladak tersebut bertumpu oleh penumpu bujur, kemudian penumpu bujur bertumpu pada pelintang geladak.



A. Balok melintang geladak pada geladak kekuatan (pelintang)

Modulus penampangya tidak boleh kurang dari:

$$w = k \times 7 \times P \times a \times l^2$$

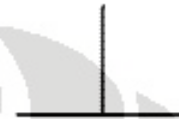
dimana

$$\begin{aligned}
 l &= \text{Panjang tidak ditumpu} \\
 &= 0.7 \text{ m} \\
 P &= \text{Beban geladak cuaca} \\
 &= 0.88 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 w &= 1 \times 7 \times 0.88 \times 2 \times (0.7)^2 \\
 &= 6.05 \text{ cm}^3 \approx 7 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

maka dipilih profil ukuran 50 mm x 7 mm



B. Penumpu membujur (pembujur/gading-gading busur/*carling*)

Penumpu membujur dimaksudkan untuk menambah kekuatan konstruksi kapal, sesuai dengan fungsinya yaitu sebagai penopang atau penumpu balok-balok lintang.

Pembujur memiliki modulus penampang:

$$w = k \times c \times P \times e \times l^2$$

dimana

$$c = 6 \text{ untuk penumpu yang dijepit kedua ujungnya}$$

$$\begin{aligned}
 e &= \text{Lebar geladak yang ditumpu} \\
 &= 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \text{Panjang tidak ditumpu} \\
 &= 0.7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 w &= 1 \times 6 \times 0.88 \times 6 \times (0.7)^2 \\
 &= 15.56 \text{ cm}^3 \approx 16 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

maka dipilih profil ukuran 50 mm x 16 mm



C. Penumpu melintang geladak sebagai penumpu pembujur

Modulus penampangnya:

$$w = k \times 7 \times P \times a \times l^2$$

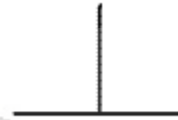
dimana :

$$\begin{aligned} a_R &= \text{Jarak gading pelintang geladak} \\ &= 0.49 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} w &= 1 \times 7 \times 0.88 \times 0.5 \times (0.7)^2 \\ &= 1.513 \text{ cm}^3 \approx 5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

maka dipilih profil ukuran 50 mm x 5 mm



D. Balok geladak pada bangunan atas

1. Balok lintang geladak pada geladak pertama (bangunan atas 1)

Modulus penampangnya:

$$w = k \times 6 \times a \times P \times l^2$$

dimana

$$\begin{aligned} P &= \text{Beban geladak pertama} \\ &= 0.86 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading utama} \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga

$$\begin{aligned} w &= 1 \times 6 \times 0.86 \times 0.5 \times (0.7)^2 \\ &= 5.07 \text{ cm}^3 \approx 6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

maka dipilih profil ukuran 50 mm x 6 mm



E. Cantilever

$$w = k \times c \times e \times P \times l^2$$

dimana

$$P = \text{Beban geladak cuaca}$$

$$= 0.88 \text{ t/m}^2$$

e = Lebar yang ditumpu

$$= 6 \text{ m}$$

l = Panjang yang tidak ditumpu

$$= 0.7 \text{ m}$$

c = Untuk salah satu ujungnya ditumpu bebas

$$= 8$$

sehingga

$$w = 1 \times 8 \times 6 \times 0.88 \times 0.7^2$$

$$= 20.75 \text{ cm}^3$$

maka dipilih profil ukuran 65 mm x 6 mm

F. Penyambungan pelat lutut dengan pelintang geladak

tebal pelat lutut

$$s = 1.26 \times \sqrt[3]{w} + 1$$

dimana

w = Modulus penampang lutut

$$= 10 \text{ cm}^3$$

sehingga :

$$s = 1.26 \times \sqrt[3]{10} + 1$$

$$= 3.7 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$

Panjang sisinya tidak boleh kurang dari:

$$l = 16 \times \sqrt{\frac{w}{s}}$$

$$= 16 \times \sqrt{\frac{10}{4}}$$

$$= 25.3 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}$$

3.2.6 Sekat Kedap Air

Pada setiap kapal harus mempunyai sekat tubrukan, sekat tabung buritan dan sekat kedap air pada ujung-ujung kamar mesin. Pada umumnya jumlah sekat kedap air tergantung dari panjang kapal dan tidak boleh kurang dari :

- ✓ Untuk $L \leq 65$ m, minimal 3 sekat
- ✓ Untuk $65 \leq L \leq 85$ m, minimal 4 sekat
- ✓ Untuk $L \geq 85$ m, minimal 4 sekat ditambah 1 sekat di setiap jarak 20 m perpanjangan kapal yang lebih besar dari 85 m

Pada kapal rancangan jumlah sekat yang digunakan yaitu 3 buah sekat, antara lain:

1. Sekat tubrukan
2. Sekat tabung buritan
3. Sekat lintang pembagi ruang muat I dan II

Letak sekat

1. Sekat tubrukan

Pengukuran letak sekat didasarkan dari acuan garis tegak, nilainya berada di antara dua nilai berikut :

$$\begin{aligned} a &= 0.05 L \\ &= 0.05 \times 17.42 = 0.871 \text{ m} \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} a &= 0.08 L \\ &= 0.08 \times 17.42 = 1.39 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi bila kita anggap x sebagai jarak dari garis tegak (letak sekat), maka $0.871 \text{ m} \leq x \leq 1.39 \text{ m}$

Tebalnya tidak boleh kurang dari :

$$s = cp \times a \times \sqrt{h.k} + 1,5$$

dimana

$$cp = 4.3$$

$$a = \text{Jarak penegar}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.5 \text{ m} \\
 h &= \text{Tinggi} \\
 &= 3.4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

sehingga:

$$\begin{aligned}
 s &= 4.3 \times 0.5 \times \sqrt{3.4 \times 1} + 1.5 \\
 &= 5.5 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Sekat tabung buritan

Untuk tabung buritan minimal :

$$\begin{aligned}
 a &= 3 \times a_0 \\
 &= 3 \times 0.5 \\
 &= 1.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Sekat kedap air lainnya

Untuk kapal yang mempunyai panjang kurang dari 100 m, tidak diharuskan untuk menentukan jarak sekat berdasarkan perhitungan penggenangan dalam keadaan bocoran dari satu atau dua ruangan muat yang berdampingan oleh konvensi garis muat internasional 1966.

Tebalnya tidak boleh kurang dari:

$$s = cp \times a \times \sqrt{h.k} + 1,5$$

dimana

$$\begin{aligned}
 cp &= 2.9 \\
 a &= \text{Jarak penegar} \\
 &= 0.5 \text{ m} \\
 h &= \text{Tinggi} \\
 &= 3.4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

sehingga

$$\begin{aligned}
 s &= 2.9 \times 0.5 \times \sqrt{3.4 \times 1} + 1.5 \\
 &= 4.17 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

untuk memperkuat pelat sekat maka dipasang penegar dengan jarak yang sama dengan jarak gading-gading.

Modulus penampangnya tidak boleh kurang dari :

$$w = k \times cs \times a \times h \times l^2$$

dimana

$$cs = 2.6$$

$$a = \text{Jarak penegar} \\ = 0.5 \text{ m}$$

$$h = \text{Tinggi} \\ = 3.4$$

$$l = 0.7 \text{ m}$$

sehingga :

$$w = 1 \times 2.6 \times 0.5 \times 3.4 \times (0.7)^2 \\ = 2.16 \text{ cm}^3 \approx 5 \text{ cm}^3$$

maka dipilih profil ukuran 50 mm x 5 mm

3.2.7 Kubu

Kubu harus ditumpu pada tiap gading-gading kedua. Tebal pelat kubu tidak boleh kurang dari:

$$s = \left(0.75 - \frac{L}{1000} \right) \sqrt{L} \quad \text{jika } L \leq 100 \text{ m}$$

$$s = \left(0.75 - \frac{17.42}{1000} \right) \sqrt{17.42} \\ = 2.43 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

Tinggi kubu atau *railing* minimal 1 m

Modulus penampang untuk kubu tidak boleh kurang dari:

$$w = 40 \times P \times e \times l^2$$

dimana

$$\begin{aligned}
 P &= 0.75 + \frac{L}{100} \\
 &= 0.75 + \frac{17.42}{100} \\
 &= 0.92 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$e = \text{Jarak penumpu} = 0.5 \text{ m}$$

$$l = \text{panjang penumpu} = 1 \text{ m}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 w &= 40 \times 0.92 \times 0.5 \times 1 \\
 &= 18.48 \text{ cm}^3 \approx 19 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$



Maka dipilih profil ukuran 60 mm x 40 mm x 6 mm

3.2.8 Konstruksi

No	Tebal Pelat	Nilai	Satuan
1	Pelat alas (0.4 L dari tengah kapal)	5	mm
2	Pelat alas (> 0.4 L dari tengah kapal)	4	mm
3	Pelat lunas (0.7 L tengah kapal)	5.5	mm
4	Pelat lunas (0.15 L dari ujung kapal)	7.5	mm
5	Pelat sisi (0.4 L dari tengah kapal)	6	mm
6	Pelat sisi s3 (> 0.4 L dari tengah kapal)	4	mm
7	Pelat sisi s2 (> 0.4 L dari tengah kapal)	7	mm
8	Pelat sisi lajur atas/sheer strake (0.4 L dari tengah kapal)	7	mm
9	Pelat kritis	7	mm
10	Pelat samping untuk akil	4	mm
11	Pelat samping untuk kimbul	4	mm
12	Pelat geladak untuk akil	5	mm
13	Pelat geladak untuk kimbul	5	mm
14	Pelat sisi lajur bilga	6	mm
15	Pelat geladak kekuatan	5.5	mm
16	Pelat di samping palka pada 0.4 L tengah kapal	5	mm
17	Pelat antara lubang palka	5.5	mm

18	Pelat ujung (untuk poop dan forecastle)	5.5	mm
19	Radius pembulatan sudut lubang palka	100	mm

No	Uraian Beban	Nilai	Satuan
1	Geladak cuaca	0.9	t/m ²
2	Geladak cuaca (0.1 L dari FP)	1.06	t/m ²
3	Geladak cuaca (0.2 L dari FP dan 0.1 L dari AP)	0.9	t/m ²
4	Geladak bangunan atas I	0.86	t/m ²
7	Geladak muatan	1	t/m ²
10	Alas dalam	1.4	t/m ²
11	Sisi kapal	1.31	t/m ²
12	Alas kapal	2.76	t/m ²

No	Konstruksi Gading	Nilai	Satuan	Ukuran Profil	Profile
1	Gading biasa				
	Jarak antara gading biasa	0.5	m	-	-
	Modulus penampang gading biasa	5	cm ³	50 x 5	⊥
2	Gading utama				
	Jarak antara gading utama	2	m	-	-
	Modulus penampang gading utama	9	cm ³	65 x 6	⊥
3	Gading ceruk				
	Modulus penampang gading ceruk	5	cm ³	50 x 5	⊥
4	Gading bangunan atas				
	Modulus penampang gading bangunan atas	5	cm ³	50 x 5	⊥
5	Pelat lutut				
	Tebal pelat lutut	6	mm	-	-
	Modulus penampang pelat lutut	10	cm ³	100 x 6.5	⊥

No	Konstruksi Geladak	Nilai	Satuan	Ukuran Profil	Profile
1	Balok melintang pada geladak kekuatan				
	Modulus penampang balok melintang	7	cm ³	50 x 7	⊥
2	Penumpu membujur				
	Modulus penampang penumpu membujur	16	cm ³	50 x 7	⊥

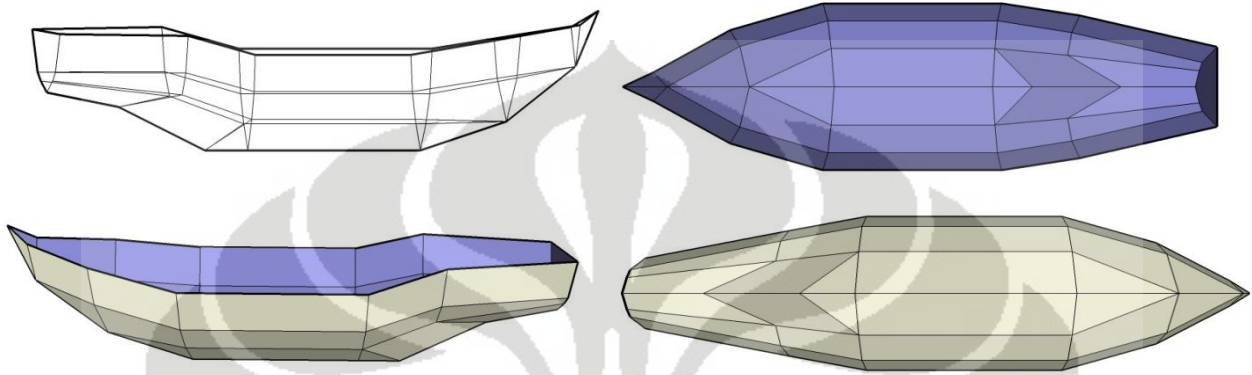
3	Penumpu melintang				
	Modulus penampang penumpu melintang	5	cm ³	50 x 5	└┘
4	Balok lintang geladak pada bangunan atas				
	Modulus penampang balok bangunan atas I	6	cm ³	50 x 6	└┘
5	Cantilever				
	Modulus penampang cantilever	21	cm ³	65 x 6	└┘
6	Penyambungan pelat lutut dan pelintang geladak				
	Panjang sisi	27	mm	-	-

No	Konstruksi Kubu	Nilai	Satuan	Ukuran Profil	Profile
1	Kubu				
	Tebal minimum pelat kubu	4	mm	-	-
	Tinggi minimum kubu	1	m	-	-
	Modulus penampang kubu	19	cm ³	60 x 40 x 6	└┘

No	Konstruksi Sekat Kedap Air	Nilai	Satuan	Ukuran Profil	Profile
1	Sekat tubrukan				
	Letak sekat dari garis tegak	0.87 – 1.4	m	-	-
	Tebal pelat sekat tubrukan	6	mm	-	-
2	Sekat tabung buritan				
	Letak sekat tabung buritan dari garis tegak	1.5	m	-	-
3	Sekat kedap air lainnya				
	Tebal pelat sekat kedap air	5	mm	-	-
	Modulus penampang penegar pada sekat	3	cm ³	50 x 5	└┘
	Jarak penegar	0.5	m	-	-

Tabel 3.8 Konstruksi kapal lambung pelat rata

Kita juga mencoba membuat tampilan 3D dari lambung rancangan kapal pelat rata tersebut dengan menggunakan google sketchup



Gambar 3.7. 3D lambung kapal pelat rata

BAB IV

ANALISA STABILITAS

4.1 Pembuatan HSC (Hydrostatic Curve)

Untuk menghitung stabilitas diperlukan HSC diagram yang komponen yang berada didalamnya telah dihitung melalui microsoft excell adalah sebagai berikut memakai simpson rule:

Semua Perhitungan dilakukan dalam ukuran sebenarnya

Tabel 4.1 Perhitungan menggunakan metode simpson untuk tiap waterline

Water Line 1

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,389792	0	-3,77958	0	0	0
2	b	0,1604	1,559167	0,25009	-3,38979	-0,84775	2,87371	0,006434
3	3,5	0,3208	1,389792	0,445845	-3	-1,33754	4,012607	0,045883
4	4	0,6949	4	2,7796	-2	-5,5592	11,1184	1,34223
5	4,5	0,72	2	1,44	-1	-1,44	1,44	0,746496
6	5	0,72	4	2,88	0	-9,18449	0	1,492992
7	5,5	0,72	2	1,44	1	1,44	1,44	0,746496
8	6	0,72	4	2,88	2	5,76	11,52	1,492992
9	6,5	0,72	2	1,44	3	4,32	12,96	0,746496
10	7	0,72	4	2,88	4	11,52	46,08	1,492992
11	7,5	0,6246	1,766458	1,10333	5	5,516649	27,58325	0,430437

12	c	0,3676	3,065833	1,127	5,766458	10,18767	37,47506	0,152291
13	d	0	0,766458	0	6,532917	0	0	0
				18,66587		38,74432	156,503	8,695739

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,3742 \text{ m}$$

$$l'' = 0,7358 \text{ m}$$

$$A_{wl} = 11,94615405 \text{ m}^2$$

$$a = 1,520285055 \text{ m}$$

$$I_x = 1,855091083 \text{ m}^4$$

$$I_y = 92,30924042 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot A_{wl} = 27,61074743 \text{ m}^4 -$$

$$I_L = \frac{\quad}{\quad} 64,69849299 \text{ m}^4$$

Water Line 2

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,389792	0	-4,77958	0	0	0
2	b	0,1604	1,559167	0,25009	-4,38979	-1,09784	4,819308	0,006434
3	3	0,3208	1,389792	0,445845	-4	-1,78338	7,133523	0,045883
4	3,5	0,7322	4	2,9288	-3	-8,7864	26,3592	1,570179
5	4	1,1436	2	2,2872	-2	-4,5744	9,1488	2,991248
6	4,5	1,44	4	5,76	-1	-5,76	5,76	11,94394
7	5	1,44	2	2,88	0	-22,002	0	5,971968
8	5,5	1,44	4	5,76	1	5,76	5,76	11,94394
9	6	1,44	2	2,88	2	5,76	11,52	5,971968
10	6,5	1,44	4	5,76	3	17,28	51,84	11,94394
11	7	1,44	2	2,88	4	11,52	46,08	5,971968
12	7,5	1,3446	4	5,3784	5	26,892	134,46	9,723874
13	8	0,9758	1,984375	1,936353	6	11,61812	69,70871	1,843768
14	c	0,5033	3,9375	1,981744	6,984375	13,84124	96,67242	0,501997
15	d	0	0,984375	0	7,96875	0	0	0
				41,12843		92,67136	469,262	70,4311

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,3742 \text{ m}$$

$$l'' = 0,945 \text{ m}$$

$$Awl = 26,32219672 \text{ m}^2$$

$$a = 1,649529481 \text{ m}$$

$$I_x = 15,02530032 \text{ m}^4$$

$$I_y = 276,7819691 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot A_w l = 71,62131561 \text{ m}^4 -$$

$$I_L = \frac{\quad}{205,1606535} \text{ m}^4$$

Water Line 3

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,428542	0	-5,85708	0	0	0
2	b	0,1542	1,714167	0,264325	-5,42854	-1,4349	7,789396	0,006285
3	2,5	0,3208	1,428542	0,458276	-5	-2,29138	11,4569	0,047162
4	3	0,7322	4	2,9288	-4	-11,7152	46,8608	1,570179
5	3,5	1,1436	2	2,2872	-3	-6,8616	20,5848	2,991248
6	4	1,5792	4	6,3168	-2	-12,6336	25,2672	15,75329
7	4,5	1,94	2	3,88	-1	-3,88	3,88	14,60277
8	5	1,94	4	7,76	0	-38,8167	0	29,20554
9	5,5	1,94	2	3,88	1	3,88	3,88	14,60277
10	6	1,94	4	7,76	2	15,52	31,04	29,20554
11	6,5	1,94	2	3,88	3	11,64	34,92	14,60277
12	7	1,94	4	7,76	4	31,04	124,16	29,20554
13	7,5	1,8446	2	3,6892	5	18,446	92,23	12,55268
14	8	1,4758	4	5,9032	6	35,4192	212,5152	12,85708
15	8,5	0,9958	1,868438	1,86059	7	13,02413	91,16891	1,844994
16	c	0,5692	3,47375	1,977259	7,868438	15,55793	122,4166	0,640609
17	d	0	0,868438	0	8,736875	0	0	0

60,60565

144,5273	828,1699	179,6885
----------	----------	----------

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,4114 \text{ m}$$

$$l'' = 0,8337 \text{ m}$$

$$Awl = 38,78761551 \text{ m}^2$$

$$a = 1,674467079 \text{ m}$$

$$Ix = 38,33353677 \text{ m}^4$$

$$Iy = 488,4744546 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot Awl = 108,7542678 \text{ m}^4 -$$

$$IL = \frac{\quad}{\quad} 379,7201867 \text{ m}^4$$

Water Line 4

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,046042	0	-8,09208	0	0	0
2	b	0,0133	0,184167	0,002449	-8,04604	-0,01971	0,158572	4,33E-07
3	1	0,0265	1,046042	0,02772	-8	-0,22176	1,774087	1,95E-05
4	1,5	0,3145	4	1,258	-7	-8,806	61,642	0,124429
5	2	0,6025	2	1,205	-6	-7,23	43,38	0,437423
6	2,5	0,8905	4	3,562	-5	-17,81	89,05	2,824631
7	3	1,2051	2	2,4102	-4	-9,6408	38,5632	3,500252
8	3,5	1,595	4	6,38	-3	-19,14	57,42	16,23088
9	4	2,0592	2	4,1184	-2	-8,2368	16,4736	17,46327
10	4,5	2,42	4	9,68	-1	-9,68	9,68	56,68995

11	5	2,42	2	4,84	0	-80,7851	0	28,34498	
12	5,5	2,42	4	9,68	1	9,68	9,68	56,68995	
13	6	2,42	2	4,84	2	9,68	19,36	28,34498	
14	6,5	2,42	4	9,68	3	29,04	87,12	56,68995	
15	7	2,42	2	4,84	4	19,36	77,44	28,34498	
16	7,5	2,3246	4	9,2984	5	46,492	232,46	50,24637	
17	8	1,9558	2	3,9116	6	23,4696	140,8176	14,96247	
18	8,5	1,4758	4	5,9032	7	41,3224	289,2568	12,85708	
19	9	0,9817	1,684167	1,653346	8	13,22677	105,8142	1,593388	
20	c	0,52	2,736667	1,423067	8,684167	12,35815	107,3202	0,384797	
21	d	0	0,684167	0	9,368333	0	0	0	
				84,71338			204,6289	1387,41	375,7298

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,0442 \text{ m}$$

$$l'' = 0,6568 \text{ m}$$

$$Awl = 54,21656487 \text{ m}^2$$

$$a = 1,403439372 \text{ m}$$

$$Ix = 80,15569047 \text{ m}^4$$

$$Iy = 818,3278618 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot Awl = 106,7872271 \text{ m}^4 -$$

$$IL = \frac{711,5406347}{\text{m}^4}$$

Water Line 5

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,254375	0	-8,50875	0	0	0
2	b	0,6597	1,0175	0,671245	-8,25438	-5,54071	45,73506	0,292128
3	1	0,7194	1,254375	0,902397	-8	-7,21918	57,75343	0,467023
4	1,5	0,9541	4	3,8164	-7	-26,7148	187,0036	3,474095
5	2	1,1887	2	2,3774	-6	-14,2644	85,5864	3,359284
6	2,5	1,4234	4	5,6936	-5	-28,468	142,34	11,53562
7	3	1,6851	2	3,3702	-4	-13,4808	53,9232	9,569892
8	3,5	2,0784	4	8,3136	-3	-24,9408	74,8224	35,91265
9	4	2,4174	2	4,8348	-2	-9,6696	19,3392	28,25371
10	4,5	2,6429	4	10,5716	-1	-10,5716	10,5716	73,84178
11	5	2,6429	2	5,2858	0	-140,87	0	36,92089
12	5,5	2,6429	4	10,5716	1	10,5716	10,5716	73,84178
13	6	2,6429	2	5,2858	2	10,5716	21,1432	36,92089
14	6,5	2,6429	4	10,5716	3	31,7148	95,1444	73,84178
15	7	2,6429	2	5,2858	4	21,1432	84,5728	36,92089
16	7,5	2,5679	4	10,2716	5	51,358	256,79	67,73206
17	8	2,2781	2	4,5562	6	27,3372	164,0232	23,64549
18	8,5	1,901	4	7,604	7	53,228	372,596	27,47934
19	9	1,4617	2	2,9234	8	23,3872	187,0976	6,24604
20	9,5	0,76	4	3,04	9	27,36	246,24	1,755904
21	10	0	1	0	10	0	0	0
				105,947		256,6716	2115,254	552,0113

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,2442 \text{ m}$$

$$A_{wl} = 67,80610696 \text{ m}^2$$

$$a = 1,04929448 \text{ m}$$

$$I_x = 117,7624051 \text{ m}^4$$

$$I_y = 1247,627396 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot A_{wl} = 74,65580574 \text{ m}^4 -$$

$$I_L = \frac{117,7624051}{74,65580574} \text{ m}^4$$

Water Line 0.5

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,136563	0	-3,27313	0	0	0
2	b	0,0575	0,54625	0,031409	-3,13656	-0,09852	0,309006	0,000104
3	3,5	0,115	1,136563	0,130705	-3	-0,39211	1,176342	0,001729
4	4	0,36	4	1,44	-2	-2,88	5,76	0,186624
5	4,5	0,36	2	0,72	-1	-0,72	0,72	0,093312
6	5	0,36	4	1,44	0	-4,09063	0	0,186624
7	5,5	0,36	2	0,72	1	0,72	0,72	0,093312
8	6	0,36	4	1,44	2	2,88	5,76	0,186624
9	6,5	0,36	2	0,72	3	2,16	6,48	0,093312
10	7	0,36	4	1,44	4	5,76	23,04	0,186624

11	7,5	0,2646	1,391458	0,36818	5	1,840899	9,204497	0,025777	
12	c	0,1602	1,565833	0,250847	5,391458	1,352428	7,291562	0,006438	
13	d	0	0,391458	0	5,782917	0	0	0	
				8,70114			14,71333	60,46141	1,06048

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,1311 \text{ m}$$

$$l'' = 0,3758 \text{ m}$$

$$A_{wl} = 5,56872988 \text{ m}^2$$

$$a = 1,172005959 \text{ m}$$

$$I_x = 0,226235645 \text{ m}^4$$

$$I_y = 35,66158887 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot A_{wl} = 7,649196051 \text{ m}^4 -$$

$$I_L = \frac{28,01239282}{} \text{ m}^4$$

Water Line 1.5

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,139792	0	-4,27958	0	0	0
2	b	0,0575	0,559167	0,032152	-4,13979	-0,1331	0,551018	0,000106
3	3	0,115	1,139792	0,131076	-4	-0,5243	2,097217	0,001733
4	3,5	0,5265	4	2,106	-3	-6,318	18,954	0,583788
5	4	0,9379	2	1,8758	-2	-3,7516	7,5032	1,650059
6	4,5	1,08	4	4,32	-1	-4,32	4,32	5,038848
7	5	1,08	2	2,16	0	-15,047	0	2,519424
8	5,5	1,08	4	4,32	1	4,32	4,32	5,038848
9	6	1,08	2	2,16	2	4,32	8,64	2,519424
10	6,5	1,08	4	4,32	3	12,96	38,88	5,038848
11	7	1,08	2	2,16	4	8,64	34,56	2,519424
12	7,5	0,9846	4	3,9384	5	19,692	98,46	3,818031
13	8	0,6158	1,641458	1,01081	6	6,06486	36,38916	0,383309
14	c	0,3079	2,565833	0,79002	6,641458	5,246885	34,84697	0,074896
15	d	0	0,641458	0	7,282917	0	0	0
				29,32426		61,24375	289,5216	29,18674

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,1342 \text{ m}$$

$$l'' = 0,6158 \text{ m}$$

$$Awl = 18,76752528 \text{ m}^2$$

$$a = 1,512361155 \text{ m}$$

$$Ix = 6,226504373 \text{ m}^4$$

$$Iy = 170,7667692 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot Awl = 42,92576439 \text{ m}^4$$

$$II = \frac{42,92576439}{18,76752528} \text{ m}^4$$

Water Line 2.5

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,139792	0	-5,27958	0	0	0
2	b	0,0575	0,559167	0,032152	-5,13979	-0,16526	0,849376	0,000106
3	2,5	0,115	1,139792	0,131076	-5	-0,65538	3,276901	0,001733
4	3	0,5265	4	2,106	-4	-8,424	33,696	0,583788
5	3,5	0,9379	2	1,8758	-3	-5,6274	16,8822	1,650059
6	4	1,3493	4	5,3972	-2	-10,7944	21,5888	9,826199
7	4,5	1,7	2	3,4	-1	-3,4	3,4	9,826
8	5	1,7	4	6,8	0	-29,0664	0	19,652
9	5,5	1,7	2	3,4	1	3,4	3,4	9,826
10	6	1,7	4	6,8	2	13,6	27,2	19,652
11	6,5	1,7	2	3,4	3	10,2	30,6	9,826
12	7	1,7	4	6,8	4	27,2	108,8	19,652
13	7,5	1,6046	2	3,2092	5	16,046	80,23	8,262859
14	8	1,2358	4	4,9432	6	29,6592	177,9552	7,549263
15	8,5	0,7558	1,710521	1,292812	7	9,049682	63,34777	0,738498
16	c	0,4102	2,842083	1,165823	7,710521	8,989099	69,31064	0,196166

17	d	0	0,710521	0	8,421042	0	0	0	
				50,75326			118,144	640,5369	117,2427

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,1342 \text{ m}$$

$$l'' = 0,6821 \text{ m}$$

$$Awl = 32,48208791 \text{ m}^2$$

$$a = 1,68490536 \text{ m}$$

$$Ix = 25,01177006 \text{ m}^4$$

$$Iy = 377,804028 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot Awl = 92,21359663 \text{ m}^4 -$$

$$IL = 285,5904314 \text{ m}^4$$

Water Line 3.5

No.	No. Ordinat	I Ordinat	II F.L	I x II H.Ganda	III F.M	I x II x III H.Ganda	I x II x III ²	I ³ x II
1	a	0	0,421042	0	-6,84208	0	0	0
2	b	0,1213	1,684167	0,204289	-6,42104	-1,31175	8,422807	0,003006
3	2	0,2425	1,421042	0,344603	-6	-2,06762	12,40569	0,020265
4	2,5	0,5787	4	2,3148	-5	-11,574	57,87	0,775212
5	3	0,9379	2	1,8758	-4	-7,5032	30,0128	1,650059
6	3,5	1,3584	4	5,4336	-3	-16,3008	48,9024	10,02635
7	4	1,8192	2	3,6384	-2	-7,2768	14,5536	12,04124
8	4,5	2,18	4	8,72	-1	-8,72	8,72	41,44093
9	5	2,18	2	4,36	0	-54,7542	0	20,72046

10	5,5	2,18	4	8,72	1	8,72	8,72	41,44093	
11	6	2,18	2	4,36	2	8,72	17,44	20,72046	
12	6,5	2,18	4	8,72	3	26,16	78,48	41,44093	
13	7	2,18	2	4,36	4	17,44	69,76	20,72046	
14	7,5	2,0846	4	8,3384	5	41,692	208,46	36,23499	
15	8	1,7158	2	3,4316	6	20,5896	123,5376	10,10253	
16	8,5	1,2358	4	4,9432	7	34,6024	242,2168	7,549263	
17	9	0,7417	1,526354	1,132097	8	9,056775	72,4542	0,622788	
18	c	0,4	2,105417	0,842167	8,526354	7,180611	61,22443	0,134747	
19	d	0	0,526354	0	9,052708	0	0	0	
				71,73896			174,1614	1063,18	265,6446

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,4042 \text{ m}$$

$$l'' = 0,5053 \text{ m}$$

$$Awl = 45,91293157 \text{ m}^2$$

$$a = 1,597889601 \text{ m}$$

$$Ix = 56,67085497 \text{ m}^4$$

$$Iy = 627,0892786 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot Awl = 117,2272465 \text{ m}^4 -$$

$$II_L = 509,8620321 \text{ m}^4$$

Water Line 4.5

No.	No.	I	II	I x II	III	I x II x III	I x II x III ²	I ³ x II
-----	-----	---	----	--------	-----	--------------	---------------------------	---------------------

	Ordinat	Ordinat	F.L	H.Ganda	F.M	H.Ganda		
1	a	0	0,254375	0	-8,50875	0	0	0
2	b	0,3133	1,0175	0,318783	-8,25438	-2,63135	21,72017	0,031291
3	1	0,3865	1,254375	0,484816	-8	-3,87853	31,02822	0,072423
4	1,5	0,6745	4	2,698	-7	-18,886	132,202	1,227456
5	2	0,9487	2	1,8974	-6	-11,3844	68,3064	1,70772
6	2,5	1,1834	4	4,7336	-5	-23,668	118,34	6,629102
7	3	1,4451	2	2,8902	-4	-11,5608	46,2432	6,035645
8	3,5	1,8384	4	7,3536	-3	-22,0608	66,1824	24,85307
9	4	2,2992	2	4,5984	-2	-9,1968	18,3936	24,30862
10	4,5	2,5571	4	10,2284	-1	-10,2284	10,2284	66,88106
11	5	2,5571	2	5,1142	0	-113,495	0	33,44053
12	5,5	2,5571	4	10,2284	1	-10,2284	10,2284	66,88106
13	6	2,5571	2	5,1142	2	10,2284	20,4568	33,44053
14	6,5	2,5571	4	10,2284	3	30,6852	92,0556	66,88106
15	7	2,5571	2	5,1142	4	20,4568	81,8272	33,44053
16	7,5	2,4822	4	9,9288	5	49,644	248,22	61,17448
17	8	2,1924	2	4,3848	6	26,3088	157,8528	21,07606
18	8,5	1,7158	4	6,8632	7	48,0424	336,2968	20,20505
19	9	1,2217	1,842083	2,250473	8	18,00379	144,0303	3,358946
20	c	0,64	3,368333	2,155733	8,842083	19,06117	168,5405	0,882988
21	d	0	0,842083	0	9,684167	0	0	0
				96,58561		232,659	1772,153	472,5276

$$l = 0,96 \text{ m}$$

$$l' = 0,2442 \text{ m}$$

$$l'' = 0,8084 \text{ m}$$

$$Awl = 61,81478735 \text{ m}^2$$

$$a = 1,184413807 \text{ m}$$

$$Ix = 100,8058892 \text{ m}^4$$

$$Iy = 1045,25823 \text{ m}^4$$

$$a^2 \cdot Awl = 86,71601313 \text{ m}^4 -$$

$$IL = \frac{\quad}{\quad} \text{ m}^4$$

Tabel 4.2 Tabel momen dan luasan tiap waterline

No	I	II	III	IV	V	VI
WL	Awl	a	Ix	Iy	a ² .Awl	IL
1	11,94615405	1,520285055	1,855091083	92,30924042	27,61074743	64,69849299
2	26,32219672	1,649529481	15,02530032	276,7819691	71,62131561	205,1606535
3	38,78761551	1,674467079	38,33353677	488,4744546	108,7542678	379,7201867
4	54,21656487	1,403439372	80,15569047	818,3278618	106,7872271	711,5406347
5	67,80610696	1,04929448	117,7624051	1247,627396	74,65580574	1172,97159
0,5	5,56872988	1,172005959	0,226235645	35,66158887	7,649196051	28,01239282
1,5	18,76752528	1,512361155	6,226504373	170,7667692	42,92576439	127,8410048
2,5	32,48208791	1,68490536	25,01177006	377,804028	92,21359663	285,5904314
3,5	45,91293157	1,597889601	56,67085497	627,0892786	117,2272465	509,8620321
4,5	61,81478735	1,184413807	100,8058892	1045,25823	86,71601313	958,5422172

No WL	I AWL	II F.L	I x II Hasil Ganda	III Faktor Moment	I x II x III Hasil Ganda	IV a	I x II x IV Hasil Ganda
0	0	1	0	0	0	0	0
0,5	5,56872988	4	22,27491952	1	22,27491952	1,172005959	26,10633842
1	11,94615405	1	11,94615405	2	23,89230811	1,520285055	18,16155947
		$\Sigma 1$	34,22107357	$\Sigma 1'$	46,16722763	$\Sigma 1''$	44,26789789
1	11,94615405	1	11,94615405	2	23,89230811	1,520285055	18,16155947
1,5	18,76752528	4	75,07010112	3	225,2103034	1,512361155	113,5331048
2	26,32219672	1	26,32219672	4	105,2887869	1,649529481	43,4192395
		$\Sigma 2$	147,5595255	$\Sigma 2'$	400,558626	$\Sigma 2''$	219,3818017
2	26,32219672	1	26,32219672	4	105,2887869	1,649529481	43,4192395
2,5	32,48208791	4	129,9283516	5	649,6417581	1,68490536	218,9169761
3	38,78761551	1	38,78761551	6	232,725693	1,674467079	64,94858525
		$\Sigma 3$	342,5976893	$\Sigma 3'$	1388,214864	$\Sigma 3''$	546,6666026
3	38,78761551	1	38,78761551	6	232,725693	1,674467079	64,94858525
3,5	45,91293157	4	183,6517263	7	1285,562084	1,597889601	293,4551836
4	54,21656487	1	54,21656487	8	433,7325189	1,403439372	76,08966175
		$\Sigma 4$	619,253596	$\Sigma 4'$	3340,23516	$\Sigma 4''$	981,1600331
4	54,21656487	1	54,21656487	8	433,7325189	1,403439372	76,08966175
4,5	61,81478735	4	247,2591494	9	2225,332344	1,184413807	292,8571505
5	67,80610696	1	67,80610696	10	678,0610696	1,04929448	71,14857377
		$\Sigma 5$	988,5354172	$\Sigma 5'$	6677,361093	$\Sigma 5''$	1421,255419

No	I	II	III	IV	V
WL	AWL	$V = c.t.\Sigma n$	$FK = t.\Sigma'n/\Sigma n$	$a' = \Sigma''n/\Sigma n$	$C_w = AWL/L.B$
1	11,94615405	2,737685886	0,323781035	1,293585889	0,837973769
2	26,32219672	11,80476204	0,65149349	1,486734259	0,746801186
3	38,78761551	27,40781515	0,972486324	1,59565175	0,71353786
4	54,21656487	49,54028768	1,294552738	1,584423634	0,668279607
5	67,80610696	79,08283337	1,621152499	1,437738491	0,72195439

t	0,24	m	COB		
No	VI	VII	VIII	IX	X
WL	$C_m = A_m/B.T$	$C_b = V/L.B.T$	$C_p = C_b/C_m$	$C_{p'} = C_b/C_w$	$TPC = AWL.\gamma/100$
1	0,5	0,400078021	0,800156041	0,477435017	0,122448079
2	0,5	0,348874215	0,69774843	0,467158089	0,269802516
3	0,538946163	0,350135273	0,64966651	0,490703146	0,397573059
4	0,549242424	0,31804129	0,579054487	0,475910512	0,55571979
5	0,595195934	0,350842284	0,58945679	0,485961841	0,695012596

Tabel 4.3 Mencari luas Midship dengan Metode Simpson I (2.c.t.Σn)

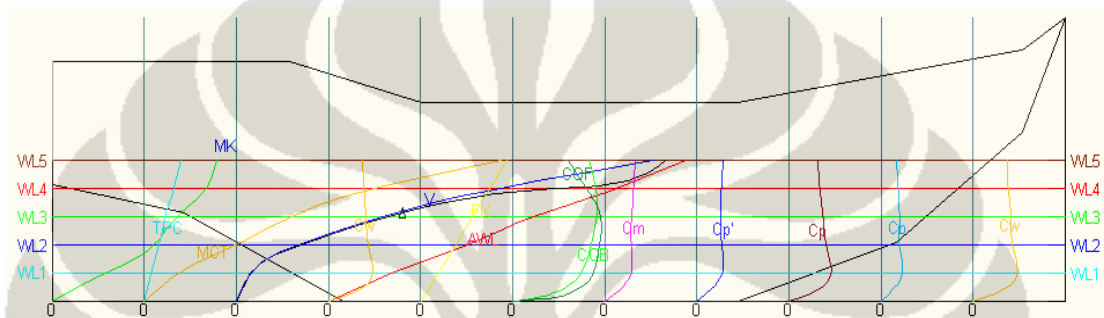
t	0,24	m			
WL	I	II	I x II		
	Half Ordinat	F.L	Hasil Ganda		
0	0	1	0		
0,5	0,36	4	1,44		
1	0,72	1	0,72		
		Σ1	2,16	A Midsip WL1	0,3456 m ²
1	0,72	1	0,72		
1,5	1,08	4	4,32		
2	1,44	1	1,44		
		Σ2	8,64	A Midsip WL2	1,3824 m ²
2	1,44	1	1,44		
2,5	1,7	4	6,8		

3	1,94	1	1,94	A Midsip WL3	3,0112 m ²
		$\Sigma 3$	18,82		
3	1,94	1	1,94	A Midsip WL4	5,104 m ²
3,5	2,18	4	8,72		
4	2,42	1	2,42		
		$\Sigma 4$	31,9		
4	2,42	1	2,42		
4,5	2,5571	4	10,2284	A Midsip WL5	7,550608 m ²
5	2,6429	1	2,6429		
		$\Sigma 5$	47,1913		

No	I	II	III	IV	V
WL	V	$\Delta = \rho V$	I _x	MF = I _x / V	IL
1	2,737685886	2,817352545	1,855091083	0,677612831	64,69849299
2	11,80476204	12,14828061	15,02530032	1,272816874	205,1606535
3	27,40781515	28,20538257	38,33353677	1,398635264	379,7201867
4	49,54028768	50,98191005	80,15569047	1,617990008	711,5406347
5	79,08283337	81,38414383	117,7624051	1,489101997	1172,97159

No	VI	VII	VIII	IX	X
WL	MLF = IL / V	FK (m)	MK = MF + FK	MLK=MLF+FK	MCT=IL. γ /Lwl
1	23,63254796	0,323781035	1,001393866	23,95632899	6,698581345
2	17,37948235	0,65149349	1,924310364	18,03097584	17,1827747
3	13,85444935	0,972486324	2,371121588	14,82693567	27,78070202
4	14,36286845	1,294552738	2,912542747	15,65742118	43,5106073
5	14,83218975	1,621152499	3,110254497	16,45334225	67,66483646

Hydrostatic Curve dapat dibuat dari data-data yang telah ditung dalam tabel. Hydrostatic curve kapal pelat rata yang akan dihitung stabilitasnya adalah sebagai berikut



Gambar 4.1 HSC

4.2 STABILITAS AWAL

Dari HSC dan tabel tabel yang telah dibuat kita dapat memperoleh perhitungan sebagai berikut melalui metode prohaska sebagai stabilitas awal kapal pada draft maksimum.

$$Loa = 19,2 \text{ m}$$

$$Lwl = 17,768 \text{ m}$$

$$Lpp = 15,768 \text{ m}$$

$$B = 6 \text{ m}$$

$$T = 2,4 \text{ m}$$

$$H = 3,4 \text{ m}$$

$$C_b = 0,35$$

$$C_m = 0,60$$

$$C_p = 0,59$$

$$C_{wl} = 0,72$$

$$KG = GK = 2,21 \text{ m}$$

$$BM = MF = 1,49 \text{ m}$$

$$KB = FK = 1,62 \text{ m}$$

$$KM = MK = 3,11 \text{ m}$$

$$GM = MG = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Periode Oleng (TR)} = 5,7 \text{ s}$$

$$S_f = 0,7628 \text{ m}$$

$$S_a = 0,3814 \text{ m}$$

$$H_{id} = 3,5907 \text{ m}$$

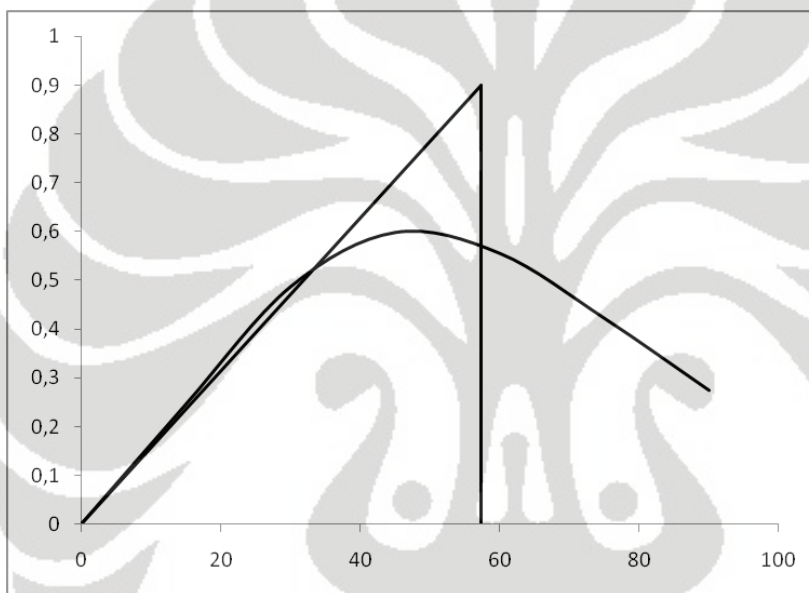
$$T/B = 0,4$$

$$H_{id}/B = 0,6$$

Sudut (φ)	0	15	30	45	60	75	90
Sin φ	0	0,258819	0,5	0,707107	0,866025	0,965926	1
h^*	0	0,009	0,0253	-0,025	-0,15	-0,3	-0,42
(3) = $h^* \times MF$	0	0,013401	0,037672	-0,03723	-0,22335	-0,4467	-0,62538
(4) = $MG \sin \varphi$	0	0,232937	0,45	0,636396	0,779423	0,869333	0,9
$h = (3) + (4)$	0	0,246338	0,487672	0,599171	0,556073	0,422633	0,27462

Tabel 4.4. Stabilitas awal kapal

axis		Value					
x	0	15	30	45	60	75	90
y	0	0,246338141	0,487672	0,599171	0,556073	0,422633	0,27462



Gambar 4.2 kurva stabilitas awal kapal lambung pelat rata

Kriteria IMO

konstanta 0,0291

Sudut (ϕ)	h	FS	HG
0	0	1	0
5	0,07973	4	0,31892
10	0,16115	2	0,3223

15	0,246338141	4	0,98535
20	0,33537	2	0,67074
25	0,41801	4	1,67204
30	0,4876717	1	0,48767
$\Sigma 1 =$			4,45702

Sudut (φ)	h	FS	HG
30	0,4877	1	0,48767
35	0,5434	4	2,1734
40	0,5813	1	0,58126
$\Sigma 2 =$			3,24233

$\Sigma 3 = \Sigma 1 + \Sigma 2$	7,6994
----------------------------------	--------

$\Delta h 30^\circ$	0,1296
$\Delta h 40^\circ$	0,2239
$\Delta h 40^\circ - \Delta h 30^\circ$	0,0943

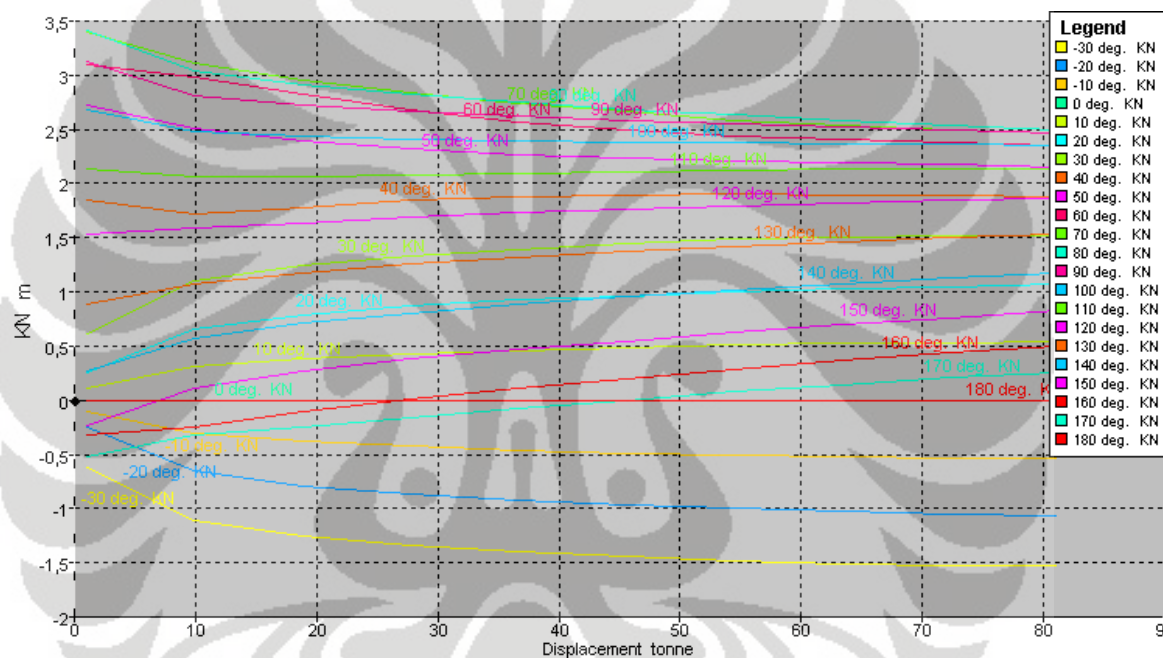
MG	0,9000	m	\geq	0,15 meter	memenuhi
h 30°	0,4877	m	\geq	0,20 meter	memenuhi
φ maks.	56,3558	Derajat	\geq	25 °	memenuhi
$\Delta h 30^\circ$	0,1296	m.rad	\geq	0,055 m.rad	memenuhi
$\Delta h 40^\circ$	0,2239	m.rad	\geq	0,090 m.rad	memenuhi
$\Delta h 40^\circ - \Delta h 30^\circ$	0,0943	m.rad	\geq	0,03 m.rad	memenuhi

Stabilitas awal kapal dalam keadaan yang baik karena dapat memenuhi kriteria IMO.

4.3 STABILITAS PEMUATAN

Untuk Analisa stabilitas pada sudut kemiringan yang besar, analisa yang digunakan akan ditunjukkan oleh besarnya Righting Arm (GZ),

4.3.1 Perhitungan Cross Curve



Gambar 4.3 Cross Curve Kapal Pelat Rata

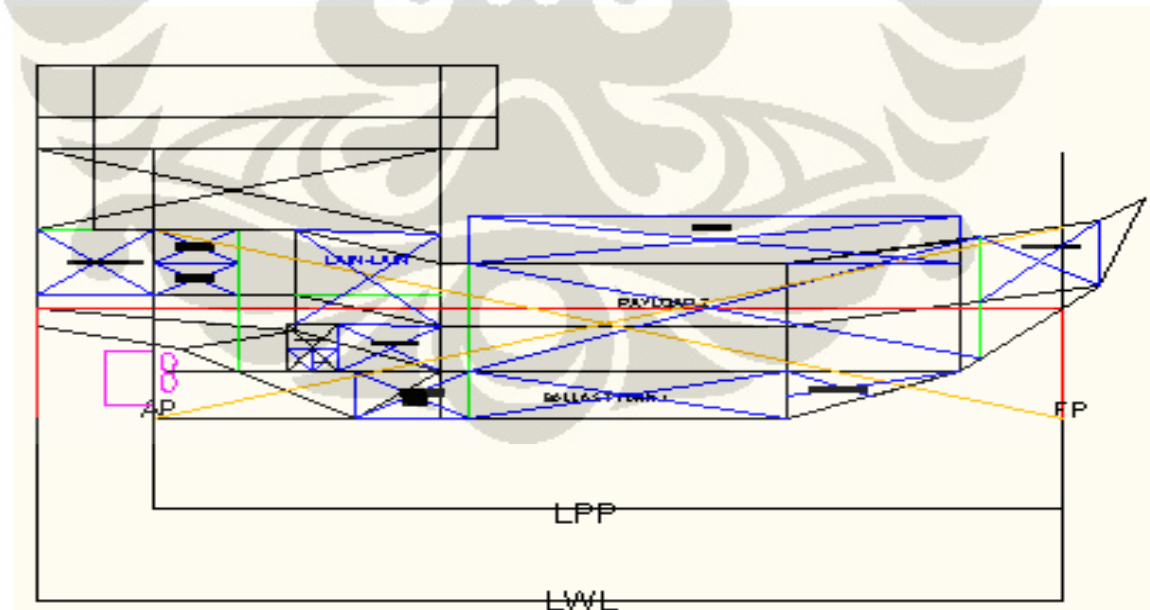
Displacement tonne	KN	KN	KN	KN 40,0	KN 50,0	KN 60,0	KN 70,0	KN 80,0
	10,0 deg. Starb.	20,0 deg. Starb.	30,0 deg. Starb.	deg. Starb.	deg. Starb.	deg. Starb.	deg. Starb.	deg. Starb.
1,000	0,111	0,252	0,618	1,854	2,725	3,094	3,397	3,409
9,910	0,312	0,650	1,104	1,717	2,513	2,990	3,112	3,035

18,82	0,378	0,787	1,252	1,778	2,390	2,818	2,952	2,907
27,73	0,420	0,871	1,334	1,842	2,317	2,678	2,840	2,819
36,64	0,458	0,924	1,394	1,880	2,271	2,569	2,745	2,748
45,55	0,487	0,963	1,445	1,896	2,239	2,495	2,661	2,687
54,46	0,507	0,997	1,487	1,900	2,214	2,443	2,588	2,633
63,37	0,522	1,025	1,511	1,898	2,193	2,403	2,534	2,584
72,28	0,533	1,050	1,522	1,892	2,174	2,373	2,493	2,539
81,19	0,542	1,072	1,525	1,882	2,156	2,348	2,461	2,501

Tabel 4.5. Data Cross Curve Kapal Pelat Rata

4.3.2. Pemuatan Pada Berbagai Kondisi

Stabilitas pada berbagai pemuatan yang ada diambil dari berbagai beban pada kapal dari General Arrangement Kapal yang telah dibuat dengan rencana pemuatannya.



Gambar 4.4 Rencana Pemuatan pada GA

A. Kondisi Pemuatan 1

Tabel 4.6 kondisi pemuatan 1

No	Kondisi	Berat (ton)	COG		Moment	
			BL	AP	BL	AP
1	Kondisi kapal kosong					
	Berat baja	25,58	2,18	7,79	55,7644	199,2682
	Main Engine	1,456	1,51	4,13	2,19856	6,01328
	Outfit dan akomodasi	1,5	1,52	2,77	2,28	4,155
	Instalasi listrik	0,066	1,24	3	0,08184	0,198
	Berat lain-lain	1	3,04	3,76	3,04	3,76
	peralatan tambat	0,8	3,43	15,38	2,744	12,304
2	Consumables					
	Bahan bakar	4,16	0,5	4,5	2,0819	18,7371
	Minyak pelumas	0,125	1,25	2,54	0,15625	0,3175
	Air tawar	0,4	3,4	1	1,36	0,4
	Makanan	0,1	3,75	2,75	0,375	0,275
3	Person	0,375	4,98	1,41	1,8675	0,52875
4	Luggage	0,3	3,04	0,75	0,912	0,225
5	water ballast 1	3,000	0,5	8,25	1,5	24,75
	water ballast 2	1,00	0,67	12	0,67	12
6	Payload 1	0	3,9	9,75	0	0

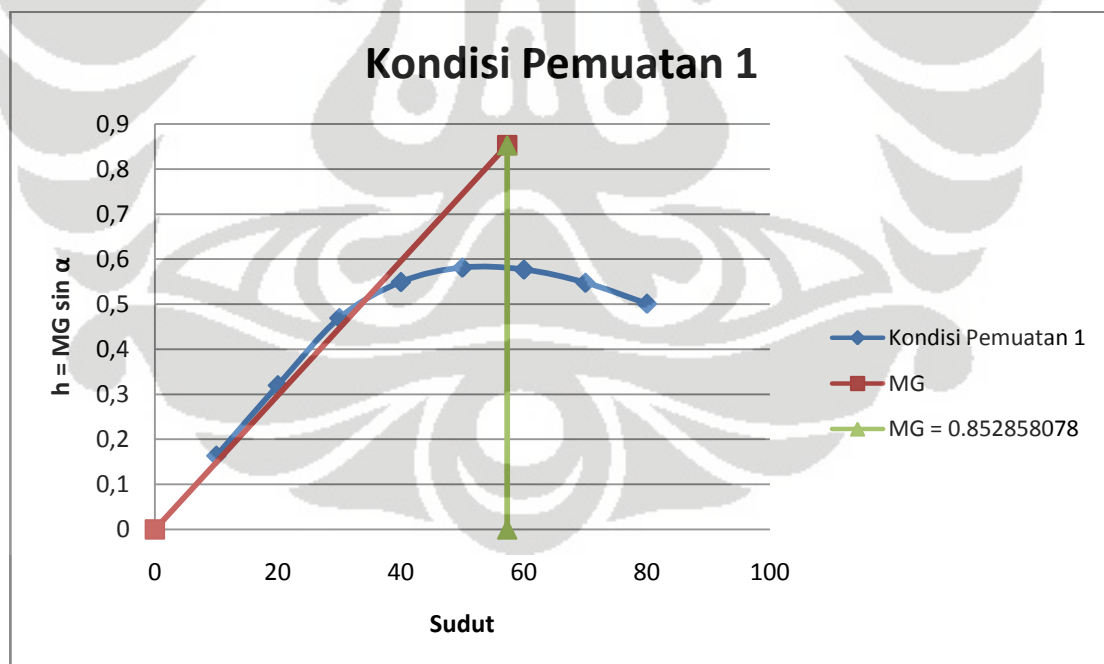
	Payload 2	27,54946667	2,4	9,71	66,11872	267,5053213
Σ1	Displacement	67,415			141,15017	550,4371513

No	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan	
1	Displacement	ton	67,41527		
2	Volume	m ³	64,343	HSCatauΔ/1.03	
3	T (Sarat)	m	1,9675	HSC	
4	MK	m	2,9466	HSC	
5	GK	m	2,093742		
6	MG = MK - GK	m	0,852858		
7	COB	m	9,4588	HSC	
8	COG	m	8,164874		
9	COB - COG	m	1,293926		
10	MCT	tm/m	45,562	HSC	
11	COF	m	9,2521	HSC	
12	LWL	m	17,0630	Lines Plan	
13	t (trim) = (1 x 9)/10	m	1,914542		
14	ta = (11 x 13)/12	m	1,038126		
15	tf = 13 - 14	m	0,876417		
16	Ta = 3 + 14	m	3,005626		
17	Tf = 3 - 15	m	1,091083		
18	Tm = (16 + 17)/2	m	2,048354		
19	trim (t) = 14 + 15	m	1,914542		
				Σ2	Σ3

α	10	20	30	40	50	60	70	80
Sin α	0,173648178	0,34202	0,5	0,64278761	0,766044443	0,866025	0,939693	0,984808
NK Sin α	0,527	1,036	1,516	1,895	2,185	2,39	2,515	2,563
GK Sin α	0,363574469	0,716102	1,046871	1,345831365	1,603899365	1,813234	1,967474	2,061933
MG sin $\alpha = h$	0,163425531	0,319898	0,469129	0,549168635	0,581100635	0,576766	0,547526	0,501067

α	h	FS	HG	FS	HG	FS	HG
5	0,0817	4	0,3269	4	0,3269		
10	0,1634	2	0,3269	2	0,3269		
15	0,2417	4	0,9666	4	0,9666		
20	0,3199	2	0,6398	2	0,6398		
25	0,3945	4	1,5781	4	1,5781		
30	0,4691	1	0,4691	2	0,9383	1	0,4691
35	0,5091			4	2,0366	4	2,0366
40	0,5492			1	0,5492	1	0,5492
		$\Sigma 1$	4,3073	$\Sigma 2$	7,3622	$\Sigma 3$	3,0549

MG	0,8529	m	\geq	0,15 meter	memenuhi
h 30°	0,4691	m	\geq	0,20 meter	memenuhi
ϕ maks.	60°	Derajat	\geq	25 °	memenuhi
Δh 30°	0,1249	m.rad	\geq	0,055 m.rad	memenuhi
Δh 40°	0,2135	m.rad	\geq	0,090 m.rad	memenuhi
Δh 40°- Δh 30°	0,0886	m.rad	\geq	0,03 m.rad	memenuhi



Gambar 4.5 kurva kondisi pemuatan 1

B.Kondisi Pemuatan 2

Tabel 4.7 kondisi pemuatan 2

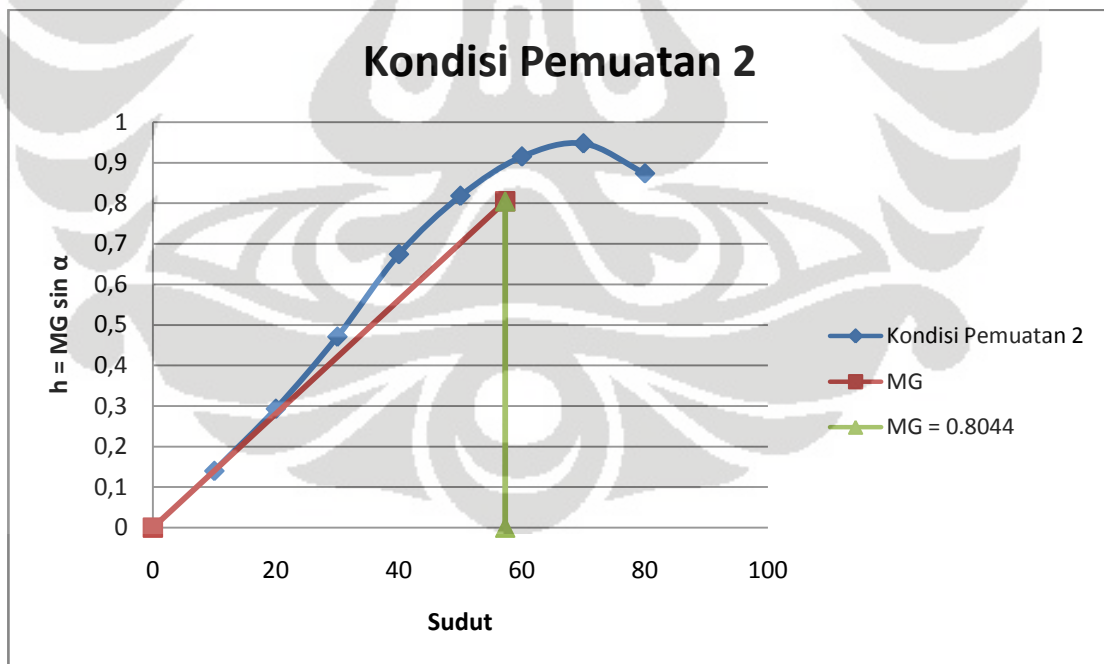
No	Kondisi	Berat (ton)	COG		Moment	
			BL	AP	BL	AP
1	Kondisi kapal kosong					
	Berat baja	25,58	2,18	7,79	55,7644	199,2682
	Main Engine	1,456	1,51	4,13	2,19856	6,01328
	Outfit dan akomodasi	1,5	1,52	2,77	2,28	4,155
	Instalasi listrik	0,066	1,24	3	0,08184	0,198
	Berat lain-lain	1	3,04	3,76	3,04	3,76
	peralatan tambat	0,8	3,43	15,38	2,744	12,304
2	Consumables					
	Bahan bakar	4,16	0,5	4,5	2,0819	18,7371
	Minyak pelumas	0,125	1,25	2,54	0,15625	0,3175
	Air tawar	0,4	3,4	1	1,36	0,4
	Makanan	0,1	3,75	2,75	0,375	0,275
3	Person	0,375	4,98	1,41	1,8675	0,52875
4	Luggage	0,3	3,04	0,75	0,912	0,225
5	water ballast 1	3,000	0,5	8,25	1,5	24,75
	water ballast 2	1,00	0,67	12	0,67	12
6	Payload 1	0	3,9	9,75	0	0
	Payload 2	0	2,4	9,71	0	0
Σ1	Displacement	39,866			75,03145	282,93183
					Σ2	Σ3

No	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan
1	Displacement	ton	39,8658	
2	Volume	m ³	36,321	HSCatau $\Delta/1.03$
3	T (Sarat)	m	1,6906	HSC
4	MK	m	2,6865	HSC
5	GK	m	1,882101	
6	MG = MK - GK	m	0,804399	
7	COB	m	9,4922	HSC
8	COG	m	7,097107	
9	COB - COG	m	2,395093	
10	MCT	tm/m	34,876	HSC
11	COF	m	9,4499	HSC
12	LWL	m	15,3251	Lines Plan
13	t (trim) = (1 x 9)/10	m	2,737766	
14	ta = (11 x 13)/12	m	1,688186	
15	tf = 13 - 14	m	1,04958	
16	Ta = 3 + 14	m	3,378786	
17	Tf = 3 - 15	m	0,64102	
18	Tm = (16 + 17)/2	m	2,009903	
19	trim (t) = 14 + 15	m	2,737766	

α	10	20	30	40	50	60	70	80
Sin α	0,173648178	0,34202	0,5	0,64278761	0,766044443	0,866025	0,939693	0,984808
NK Sin α	0,467	0,937	1,412	1,884	2,26	2,545	2,716	2,727
GK Sin α	0,326823356	0,643716	0,94105	1,209791009	1,441772781	1,629947	1,768596	1,853507
MG sin $\alpha = h$	0,140176644	0,293284	0,47095	0,674208991	0,818227219	0,915053	0,947404	0,873493

α	h	FS	HG	FS	HG	FS	HG
5	0,0701	4	0,2804	4	0,2804		
10	0,1402	2	0,2804	2	0,2804		
15	0,2167	4	0,8669	4	0,8669		
20	0,2933	2	0,5866	2	0,5866		
25	0,3821	4	1,5285	4	1,5285		
30	0,4709	1	0,4709	2	0,9419	1	0,4709
35	0,5726			4	2,2903	4	2,2903
40	0,6742			1	0,6742	1	0,6742
		$\Sigma 1$	4,0136	$\Sigma 2$	7,4491	$\Sigma 3$	3,4355

MG	0,8044	m	\geq	0,15 meter	memenuhi
h 30°	0,4709	m	\geq	0,20 meter	memenuhi
ϕ maks.	60°	Derajat	\geq	25 °	memenuhi
Δh 30°	0,1164	m.rad	\geq	0,055 m.rad	memenuhi
Δh 40°	0,2160	m.rad	\geq	0,090 m.rad	memenuhi
Δh 40°- Δh 30°	0,0996	m.rad	\geq	0,03 m.rad	memenuhi



Gambar 4.6 kurva kondisi pemuatan 2

C. Kondisi Pemuatan 3

Tabel 4.8 kondisi pemuatan 3

No	Kondisi	Berat (ton)	COG		Moment	
			BL	AP	BL	AP
1	Kondisi kapal kosong					
	Berat baja	25,58	2,18	7,79	55,7644	199,2682
	Main Engine	1,456	1,51	4,13	2,19856	6,01328
	Outfit dan akomodasi	1,5	1,52	2,77	2,28	4,155
	Instalasi listrik	0,066	1,24	3	0,08184	0,198
	Berat lain-lain	1	3,04	3,76	3,04	3,76
	peralatan tambat	0,8	3,43	15,38	2,744	12,304
2	Consumables					
	Bahan bakar	4,16	0,5	4,5	2,0819	18,7371
	Minyak pelumas	0,125	1,25	2,54	0,15625	0,3175
	Air tawar	0,4	3,4	1	1,36	0,4
	Makanan	0,1	3,75	2,75	0,375	0,275
3	Person	0,375	4,98	1,41	1,8675	0,52875
4	Luggage	0,3	3,04	0,75	0,912	0,225
5	water ballast 1	0,000	0,5	8,25	0	0
	water ballast 2	0,00	0,67	12	0	0
6	Payload 1	13,77473333	3,9	9,75	53,72146	134,30365
	Payload 2	27,54946667	2,4	9,71	66,11872	267,5053213
Σ1	Displacement	77,190			192,70163	647,9908013

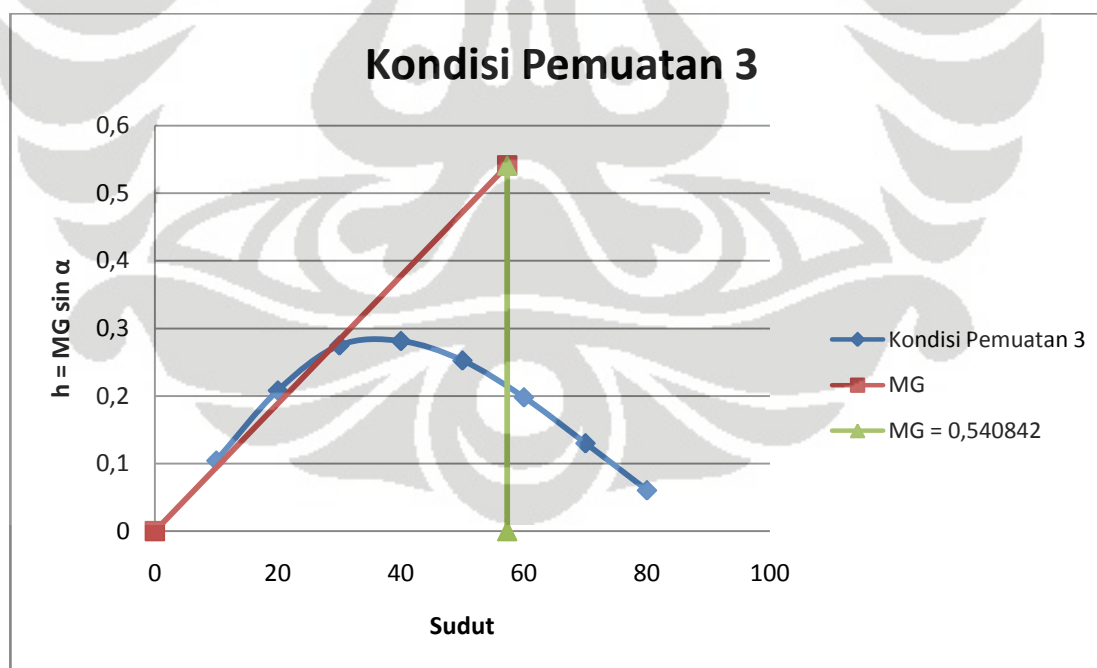
					$\Sigma 2$	$\Sigma 3$
--	--	--	--	--	------------	------------

No	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan
1	Displacement	ton	77,19	
2	Volume	m ³	74,905	HSCatau $\Delta/1.03$
3	T (Sarat)	m	2,1642	HSC
4	MK	m	3,0373	HSC
5	GK	m	2,496458	
6	MG = MK - GK	m	0,540842	
7	COB	m	9,4035	HSC
8	COG	m	8,394751	
9	COB - COG	m	1,008749	
10	MCT	tm/m	54,933	HSC
11	COF	m	9,1058	HSC
12	LWL	m	17,4705	Lines Plan
13	t (trim) = (1 x 9)/10	m	1,417461	
14	ta = (11 x 13)/12	m	0,738795	
15	tf = 13 - 14	m	0,678666	
16	Ta = 3 + 14	m	2,902995	
17	Tf = 3 - 15	m	1,485534	
18	Tm = (16 + 17)/2	m	2,194264	
19	trim (t) = 14 + 15	m	1,417461	

α	10	20	30	40	50	60	70	80
Sin α	0,173648178	0,34202	0,5	0,64278761	0,766044443	0,866025	0,939693	0,984808
NK Sin α	0,538	1,062	1,523	1,886	2,165	2,36	2,476	2,519
GK Sin α	0,433505466	0,853839	1,248229	1,604692578	1,912398145	2,161996	2,345904	2,458532
MG sin $\alpha = h$	0,104494534	0,208161	0,274771	0,281307422	0,252601855	0,198004	0,130096	0,060468

α	h	FS	HG	FS	HG	FS	HG
5	0,0522	4	0,2090	4	0,2090		
10	0,1045	2	0,2090	2	0,2090		
15	0,1563	4	0,6253	4	0,6253		
20	0,2082	2	0,4163	2	0,4163		
25	0,2415	4	0,9659	4	0,9659		
30	0,2748	1	0,2748	2	0,5495	1	0,2748
35	0,2780			4	1,1122	4	1,1122
40	0,2813			1	0,2813	1	0,2813
		$\Sigma 1$	2,7002	$\Sigma 2$	4,3685	$\Sigma 3$	1,6682

MG	0,5408	m	\geq	0,15 meter	memenuhi
h 30°	0,2748	m	\geq	0,20 meter	memenuhi
ϕ maks.	60°	Derajat	\geq	25 °	memenuhi
Δh 30°	0,0783	m.rad	\geq	0,055 m.rad	memenuhi
Δh 40°	0,1267	m.rad	\geq	0,090 m.rad	memenuhi
Δh 40° - Δh 30°	0,0484	m.rad	\geq	0,03 m.rad	memenuhi



Gambar 4.7 kurva kondisi pemuatan 3

D. Kondisi Kapal Tiba

Tabel 4.9 kondisi kapal tiba

No	Kondisi	Berat (ton)	COG		Moment	
			BL	AP	BL	AP
1	Kondisi kapal kosong					
	Berat baja	25,58	2,18	7,79	55,7644	199,2682
	Main Engine	1,456	1,51	4,13	2,19856	6,01328
	Outfit dan akomodasi	1,5	1,52	2,77	2,28	4,155
	Instalasi listrik	0,066	1,24	3	0,08184	0,198
	Berat lain-lain	1	3,04	3,76	3,04	3,76
	peralatan tambat	0,8	3,43	15,38	2,744	12,304
2	Consumables					
	Bahan bakar	0,21	0,5	4,5	0,104095	0,936855
	Minyak pelumas	0,01	1,25	2,54	0,0078125	0,015875
	Air tawar	0,02	3,4	1	0,068	0,02
	Makanan	0,01	3,75	2,75	0,01875	0,01375
3	Person	0,375	4,98	1,41	1,8675	0,52875
4	Luggage	0,3	3,04	0,75	0,912	0,225
5	water ballast 1	3,000	0,5	8,25	1,5	24,75
	water ballast 2	1,00	0,67	12	0,67	12
6	Payload 1	13,77473333	3,9	9,75	53,72146	134,30365
	Payload 2	27,54946667	2,4	9,71	66,11872	267,5053213
Σ1	Displacement	76,641			191,0971375	665,9976813

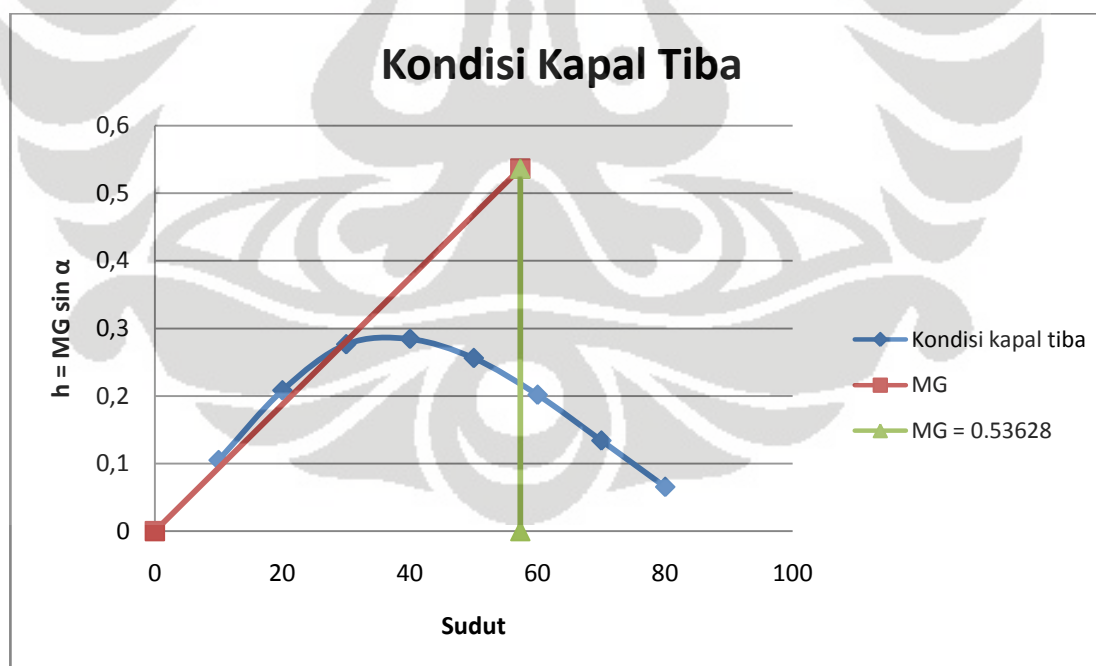
					$\Sigma 2$	$\Sigma 3$
--	--	--	--	--	------------	------------

No	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan
1	Displacement	ton	76,64064	
2	Volume	m ³	74,364	HSCatau $\Delta/1.03$
3	T (Sarat)	m	2,1436	HSC
4	MK	m	3,0297	HSC
5	GK	m	2,493418	
6	MG = MK - GK	m	0,536282	
7	COB	m	9,4101	HSC
8	COG	m	8,689876	
9	COB - COG	m	0,720224	
10	MCT	tm/m	53,889	HSC
11	COF	m	9,1209	HSC
12	LWL	m	17,4446	Lines Plan
13	t (trim) = (1 x 9)/10	m	1,024298	
14	ta = (11 x 13)/12	m	0,535554	
15	tf = 13 - 14	m	0,488744	
16	Ta = 3 + 14	m	2,679154	
17	Tf = 3 - 15	m	1,654856	
18	Tm = (16 + 17)/2	m	2,167005	
19	trim (t) = 14 + 15	m	1,024298	

α	10	20	30	40	50	60	70	80
Sin α	0,17364818	0,34202	0,5	0,64278761	0,76604444	0,866025	0,939693	0,984808
NK Sin α	0,538	1,061	1,523	1,887	2,166	2,361	2,477	2,521
GK Sin α	0,43297746	0,852799	1,246709	1,60273808	1,91006887	2,159363	2,343046	2,455537
MG sin $\alpha = h$	0,10502254	0,208201	0,276291	0,28426192	0,25593113	0,201637	0,133954	0,065463

α	h	FS	HG	FS	HG	FS	HG
5	0,0525	4	0,2100	4	0,2100		
10	0,1050	2	0,2100	2	0,2100		
15	0,1566	4	0,6264	4	0,6264		
20	0,2082	2	0,4164	2	0,4164		
25	0,2422	4	0,9690	4	0,9690		
30	0,2763	1	0,2763	2	0,5526	1	0,2763
35	0,2803			4	1,1211	4	1,1211
40	0,2843			1	0,2843	1	0,2843
		$\Sigma 1$	2,7082	$\Sigma 2$	4,3899	$\Sigma 3$	1,6817

MG	0,5363	m	\geq	0,15 meter	memenuhi
h 30°	0,2763	m	\geq	0,20 meter	memenuhi
ϕ maks.	60°	Derajat	\geq	25 °	memenuhi
Δh 30°	0,0785	m.rad	\geq	0,055 m.rad	memenuhi
Δh 40°	0,1273	m.rad	\geq	0,090 m.rad	memenuhi
Δh 40° - Δh 30°	0,0488	m.rad	\geq	0,03 m.rad	memenuhi



Gambar 4.8 kurva kondisi kapal tiba

E. Kondisi kapal kosong

Tabel 4.10 kondisi kapal kosong

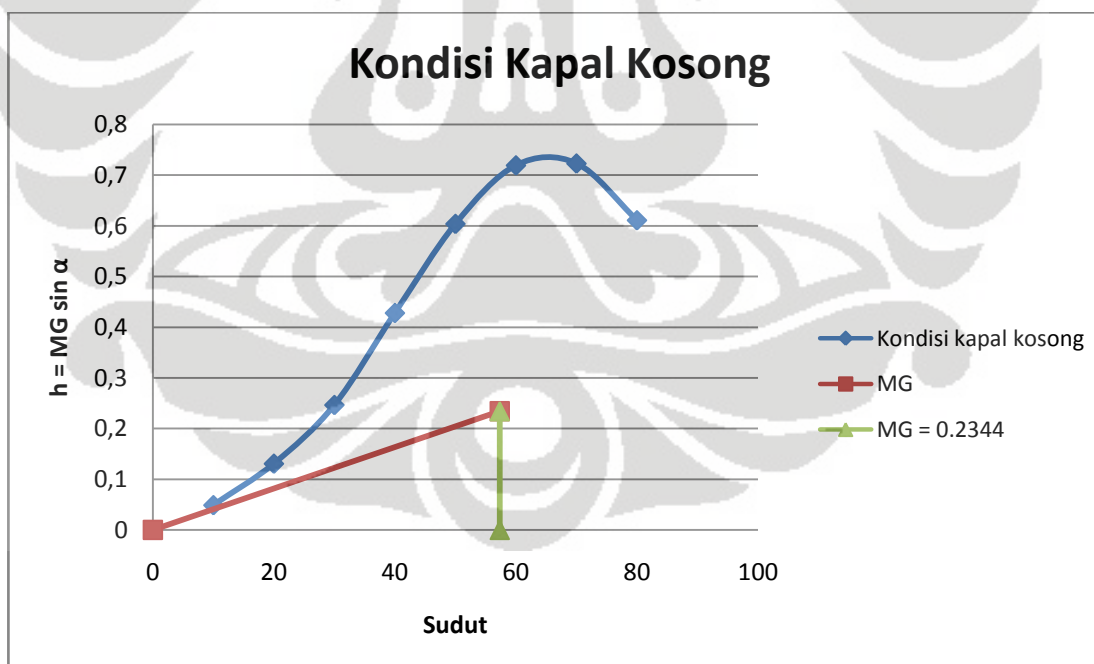
No	Kondisi	Berat (ton)	COG		Moment	
			BL	AP	BL	AP
1	Kondisi kapal kosong					
	Berat baja	25,58	2,18	7,79	55,7644	199,2682
	Main Engine	1,456	1,51	4,13	2,19856	6,01328
	Outfit dan akomodasi	1,5	1,52	2,77	2,28	4,155
	Instalasi listrik	0,066	1,24	3	0,08184	0,198
	Berat lain-lain	1	3,04	3,76	3,04	3,76
	peralatan tambat	0,8	3,43	15,38	2,744	12,304
2	Consumables					
	Bahan bakar	0,00	0,5	4,5	0	0
	Minyak pelumas	0	1,25	2,54	0	0
	Air tawar	0	3,4	1	0	0
	Makanan	0	3,75	2,75	0	0
3	Person	0,375	4,98	1,41	1,8675	0,52875
4	Luggage	0,3	3,04	0,75	0,912	0,225
5	water ballast 1	0,000	0,5	8,25	0	0
	water ballast 2	0,00	0,67	12	0	0
6	Payload 1	0	3,9	9,75	0	0
	Payload 2	0	2,4	9,71	0	0
Σ1	Displacement	31,077			68,8883	226,45223

				$\Sigma 2$	$\Sigma 3$
No	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan	
1	Displacement	ton	31,077		
2	Volume	m ³	29,743	HSCatau $\Delta/1.03$	
3	T (Sarat)	m	1,5089	HSC	
4	MK	m	2,4511	HSC	
5	GK	m	2,216697		
6	MG = MK - GK	m	0,234403		
7	COB	m	9,4868	HSC	
8	COG	m	7,286811		
9	COB - COG	m	2,199989		
10	MCT	tm/m	29,527	HSC	
11	COF	m	9,539	HSC	
12	LWL	m	14,2986	Lines Plan	
13	t (trim) = (1 x 9)/10	m	2,315476		
14	ta = (11 x 13)/12	m	1,544719		
15	tf = 13 - 14	m	0,770756		
16	Ta = 3 + 14	m	3,053619		
17	Tf = 3 - 15	m	0,738144		
18	Tm = (16 + 17)/2	m	1,895881		
19	trim (t) = 14 + 15	m	2,315476		

α	10	20	30	40	50	60	70	80
Sin α	0,173648178	0,34202	0,5	0,64278761	0,766044443	0,866025	0,939693	0,984808
NK Sin α	0,434	0,889	1,355	1,853	2,302	2,639	2,806	2,794
GK Sin α	0,384925435	0,758155	1,108349	1,424865518	1,6980886	1,919716	2,083014	2,183021
MG sin $\alpha = h$	0,049074565	0,130845	0,246651	0,428134482	0,6039114	0,719284	0,722986	0,610979

α	h	FS	HG	FS	HG	FS	HG
5	0,0245	4	0,0981	4	0,0981		
10	0,0491	2	0,0981	2	0,0981		
15	0,0900	4	0,3598	4	0,3598		
20	0,1308	2	0,2617	2	0,2617		
25	0,1887	4	0,7550	4	0,7550		
30	0,2467	1	0,2467	2	0,4933	1	0,2467
35	0,3374			4	1,3496	4	1,3496
40	0,4281			1	0,4281	1	0,4281
		$\Sigma 1$	1,8195	$\Sigma 2$	3,8438	$\Sigma 3$	2,0244

MG	0,2344	m	\geq	0,15 meter	memenuhi
h 30°	0,2467	m	\geq	0,20 meter	memenuhi
ϕ maks.	60°	Derajat	\geq	25 °	memenuhi
Δh 30°	0,0528	m.rad	\geq	0,055 m.rad	tidak memenuhi
Δh 40°	0,1115	m.rad	\geq	0,090 m.rad	memenuhi
Δh 40° - Δh 30°	0,0587	m.rad	\geq	0,03 m.rad	memenuhi



Gambar 4.9 kurva kondisi kapal kosong

E. Kondisi kapal muatan penuh

Tabel 4.11 kondisi kapal muatan penuh

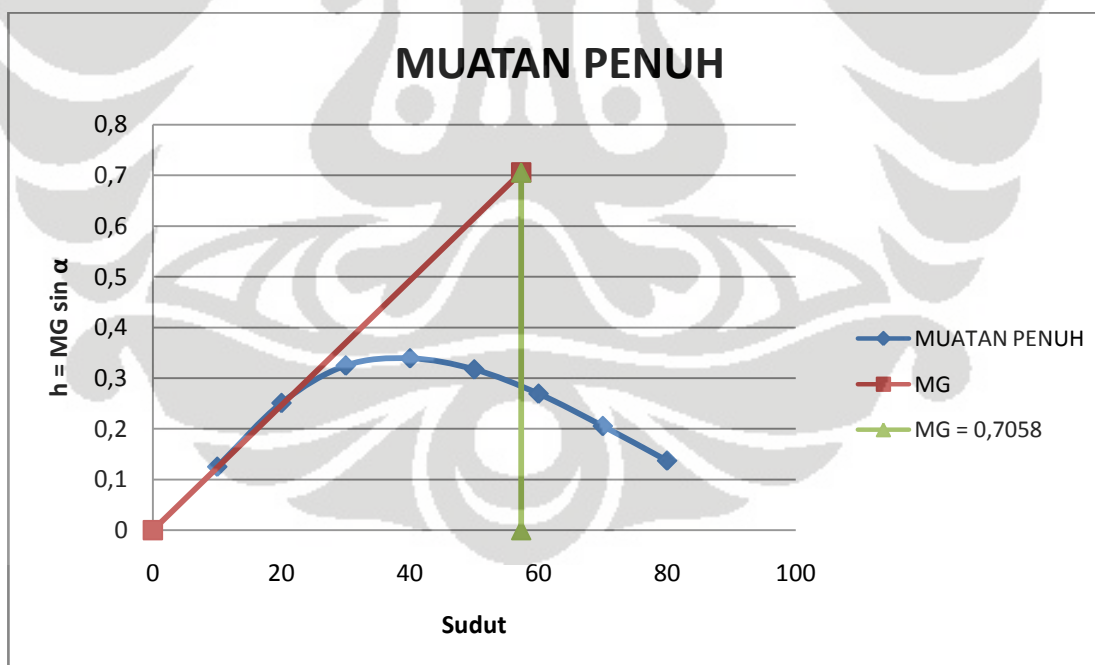
No	Kondisi	Berat (ton)	COG		Moment	
			BL	AP	BL	AP
1	Kondisi kapal kosong					
	Berat baja	25,58	2,18	7,79	55,7644	199,2682
	Main Engine	1,456	1,51	4,13	2,19856	6,01328
	Outfit dan akomodasi	1,5	1,52	2,77	2,28	4,155
	Instalasi listrik	0,066	1,24	3	0,08184	0,198
	Berat lain-lain	1	3,04	3,76	3,04	3,76
	peralatan tambat	0,8	3,43	15,38	2,744	12,304
2	Consumables					
	Bahan bakar	4,16	0,5	4,5	2,0819	18,7371
	Minyak pelumas	0,125	1,25	2,54	0,15625	0,3175
	Air tawar	0,4	3,4	1	1,36	0,4
	Makanan	0,1	3,75	2,75	0,375	0,275
3	Person	0,375	4,98	1,41	1,8675	0,52875
4	Luggage	0,3	3,04	0,75	0,912	0,225
5	water ballast 1	3,000	0,5	8,25	1,5	24,75
	water ballast 2	1,00	0,67	12	0,67	12
6	Payload 1	13,7747333	3	9,75	53,72146	134,30365
	Payload 2	27,5494666	7	2,4	9,71	66,11872
Σ1	Displacement	81,190			194,8716	684,740801
					Σ2	Σ3

No	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan
1	Displacement	ton	81,19	
2	Volume	m ³	78,872	HSCatau $\Delta/1.03$
3	T (Sarat)	m	2,3838	HSC
4	MK	m	3,106	HSC
5	GK	m	2,400193	
6	MG = MK - GK	m	0,705807	
7	COB	m	9,3274	HSC
8	COG	m	8,433807	
9	COB - COG	m	0,893593	
10	MCT	tm/m	66,767	HSC
11	COF	m	8,9443	HSC
12	LWL	m	17,7480	Lines Plan
13	t (trim) = (1 x 9)/10	m	1,086627	
14	ta = (11 x 13)/12	m	0,547617	
15	tf = 13 - 14	m	0,539009	
16	Ta = 3 + 14	m	2,931417	
17	Tf = 3 - 15	m	1,844791	
18	Tm = (16 + 17)/2	m	2,388104	
19	trim (t) = 14 + 15	m	1,086627	

α	10	20	30	40	50	60	70	80
Sin α	0,173648178	0,34202	0,5	0,64278761	0,766044443	0,866025	0,939693	0,984808
NK Sin α	0,542	1,072	1,525	1,882	2,156	2,348	2,461	2,501
GK Sin α	0,416789056	0,820914	1,200096	1,542814007	1,838654136	2,078628	2,255443	2,363728
MG sin $\alpha = h$	0,125210944	0,251086	0,324904	0,339185993	0,317345864	0,269372	0,205557	0,137272

α	h	FS	HG	FS	HG	FS	HG
5	0,0626	4	0,2504	4	0,2504		
10	0,1252	2	0,2504	2	0,2504		
15	0,1881	4	0,7526	4	0,7526		
20	0,2511	2	0,5022	2	0,5022		
25	0,2880	4	1,1520	4	1,1520		
30	0,3249	1	0,3249	2	0,6498	1	0,3249
35	0,3320			4	1,3282	4	1,3282
40	0,3392			1	0,3392	1	0,3392
		$\Sigma 1$	3,2325	$\Sigma 2$	5,2248	$\Sigma 3$	1,9923

MG	0,7058	m	\geq	0,15 meter	memenuhi
h 30°	0,3249	m	\geq	0,20 meter	memenuhi
ϕ maks.	60°	Derajat	\geq	25 °	memenuhi
Δh 30°	0,0937	m.rad	\geq	0,055 m.rad	memenuhi
Δh 40°	0,1515	m.rad	\geq	0,090 m.rad	memenuhi
Δh 40° - Δh 30°	0,0578	m.rad	\geq	0,03 m.rad	memenuhi



Gambar 4.10 kurva kondisi kapal muatan penuh

4.4 PERHITUNGAN TRIM

Ket :

P	Berat Beban
L _{pp}	Length Perpendicular
ρ	Berat jenis air laut
MCT	Momen to change trim
A _{wl}	Luas garis air
T	Sarat kapal
ΔT	Perubahan sarat kapal akibat beban
T _f	Sarat haluan kapal
T _a	Sarat buritan kapal
ΔT_f	Perubahan sarat haluan kapal akibat beban
ΔT_a	Perubahan sarat buritan kapal akibat beban
x	Jarak titik berat air yang dipindahkan/titik apung (LCB) dari Midship
La'	Jarak beban terhadap titik berat air yang dipindahkan/titik apung (LCB)
L _w	Jarak titik berat kapal (LCG) terhadap Midship
L _f	Jarak beban terhadap LCG
L' _f	Jarak beban terhadap LCB
t _f	Trim haluan
t _a	Trim buritan
t	Trim

Tabel 4.12 Perhitungan Trim Kapal Lambung Pelat Rata

TRIM CALCULATION P = 10 ton

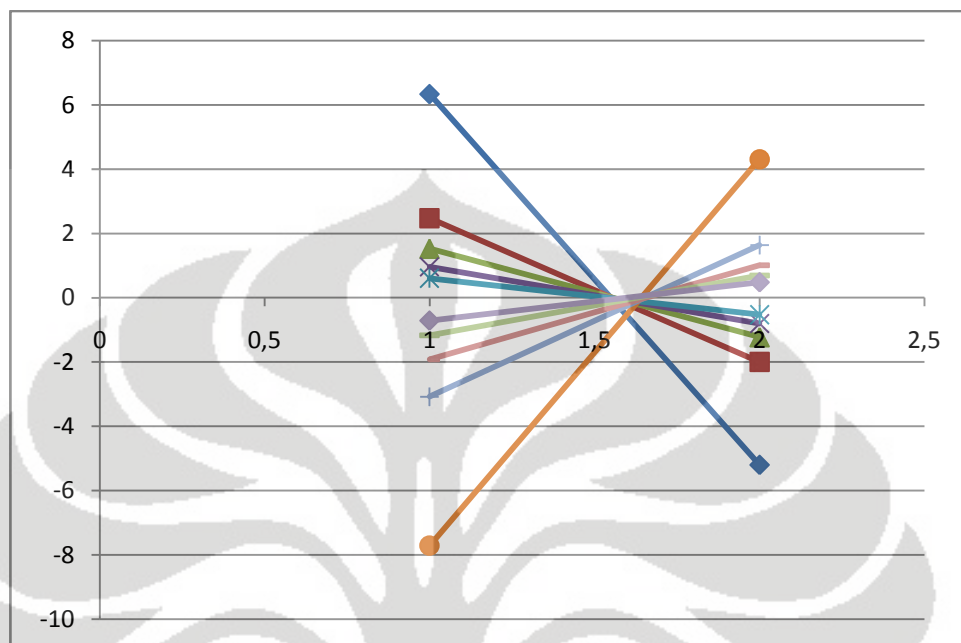
No	T (m)	MCT (t.m/m)	x (m)	la' = (Lpp/2)-x (m)	P.la' (t.m)	t=(P.la)/MCT (m)	lw (m)	lf=(Lpp/2)+lw (m)	lf/Lpp	tf=(t.lf)/Lpp (m)	ta=t-tf (m)
		1	2	(Lpp/2)-2=3	P x 3=4	4 : 1 = 5	6	(Lpp/2)+6 =7	7 : Lpp =8	5 x 8 = 9	5 - 9 = 10
1	0,48	6,698581	1,52028505	6,363714945	63,63714945	9,500093554	0,760142527	8,644142527	0,54820792	5,208026554	4,292067
2	0,96	17,18277	1,64952948	6,234470519	62,34470519	3,628325826	0,824764741	8,708764741	0,55230624	2,003946983	1,6243788
3	1,44	27,7807	1,67446708	6,209532921	62,09532921	2,235196547	0,83723354	8,72123354	0,553097	1,236280511	0,998916
4	1,92	43,51061	1,40343937	6,480560628	64,80560628	1,489420863	0,701719686	8,585719686	0,54450277	0,810993787	0,6784271
5	2,4	67,66484	1,04929448	6,83470552	68,3470552	1,010082323	0,52464724	8,40864724	0,53327291	0,538649539	0,4714328

No	T (m)	dt (m)	dTa = ta+dt (m)	dTf=tf-dt (m)	lf=(Lpp/2)+x (m)	P.lf (t.m)	t=(P.lf)/MCT (m)	tf=(t.lf)/Lpp (m)	ta=t-tf (m)	Tf=tf + dt (m)	Ta=ta-dt (m)
		11	10 + 11 = 12	9 - 11 = 13	(Lpp/2)+2=14	P x 14 = 15	15 : 1 = 16	8 x 16 = 17	16 - 17 = 18	17 + 11 = 19	18-11=20
1	0,48	0,012379	4,30444607	5,195647487	9,404285055	94,04285055	14,03921901	7,696411092	6,34280792	7,708790159	6,3304289
2	0,96	0,011772	1,63615121	1,992174615	9,533529481	95,33529481	5,548306167	3,064364099	2,48394207	3,076136467	2,4721697
3	1,44	0,011422	1,01033809	1,224858454	9,558467079	95,58467079	3,440685939	1,90303308	1,53765286	1,914455137	1,5262308
4	1,92	0,01103	0,68945729	0,799963575	9,287439372	92,87439372	2,134523039	1,162253709	0,97226933	1,17328392	0,9612391
5	2,4	0,010501	0,48193363	0,528148697	8,93329448	89,3329448	1,320227011	0,7040413	0,61618571	0,714542142	0,6056849

P = 10 ton

Lpp = 15.768 meter

TPC Ton per cm immersion From HSC	Immersion (cm) P (beban) 10
0,122448079	81,6673
0,269802516	37,0641
0,397573059	25,1526
0,55571979	17,9947
0,695012596	14,3882



Gambar 4.11 Diagram Trim Kapal Lambung Pelat Rata

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, dapat disimpulkan bahwa perencanaan awal stabilitas kapal pelat rata ini dapat dikatakan memiliki stabilitas yang baik, hal ini dapat kita lihat dari besarnya grafik yang dihasilkan, pada berbagai kondisi. Mulai dari kondisi kosong sampai muatan penuh, dari hasil perhitungan bahwa semakin berkurangnya muatan maka kapal akan semakin tidak stabil. Oleh karena itu pada saat kondisi kapal kosong dibutuhkan ballast sebagai muatan yang mengembalikan kestabilan kapal sehingga dapat memenuhi kriteria IMO.

Secara garis besarnya kapal lambung pelat rata memenuhi kriteria IMO dalam perhitungan dan analisis stabilitas. Terjadi ketidakstabilan pada saat kapal kosong sehingga perlu adanya ballast pada kapal ini.

Untuk armada pelayaran rakyat kapal pelat rata ini sangat cocok dan stabil. Dengan desain yang sederhana dan pembuatannya mudah ini, kapal pelat rata sangat layak dan stabil sebagai armada pelayaran nasional khususnya pelayaran rakyat.

5.2 Saran

Setelah dilakukan studi kelayakan stabilitas terhadap pembangunan kapal ini, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

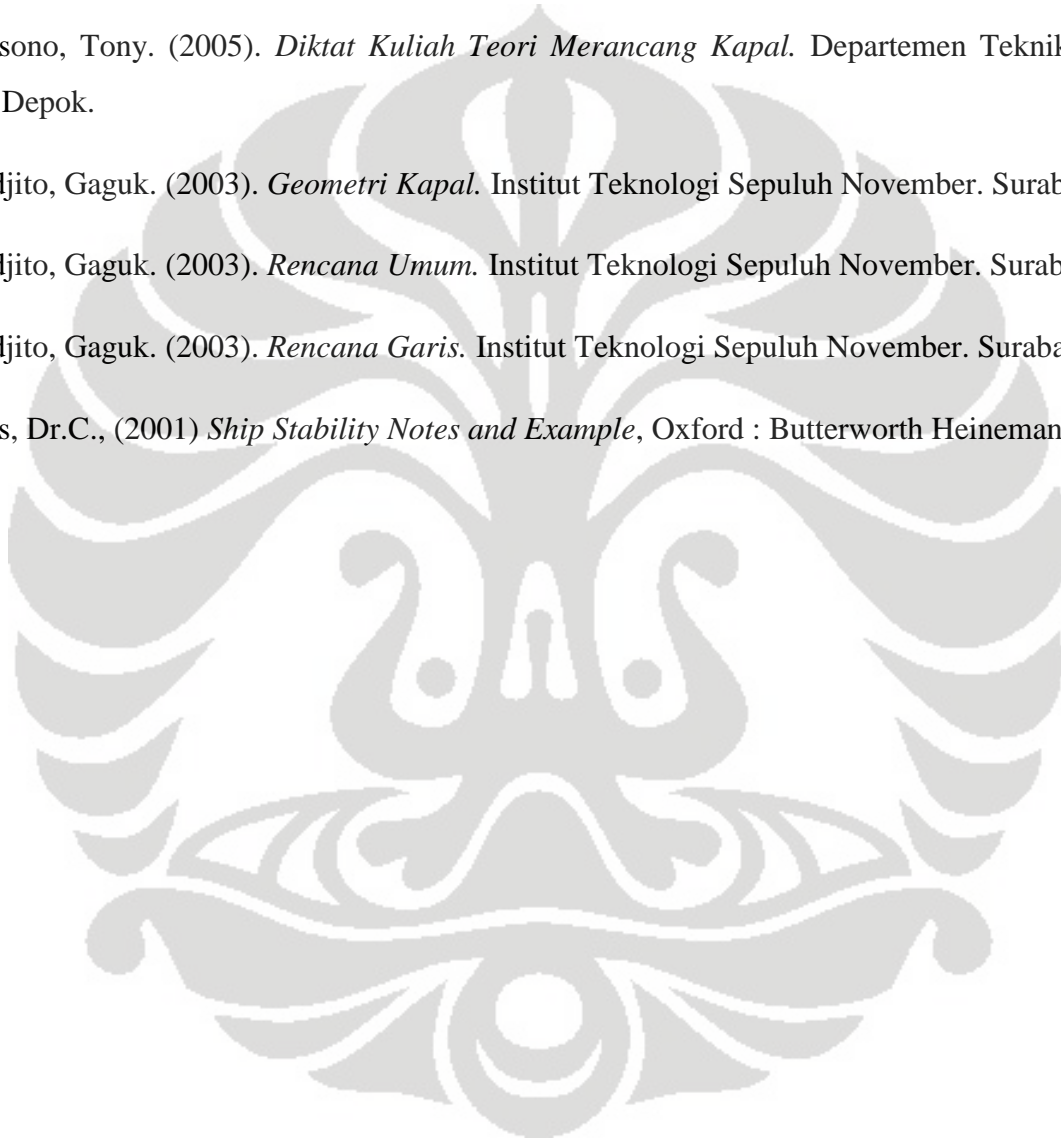
- (1) Untuk mendapatkan stabilitas kapal yang baik maka penempatan barang atau muatan harus diperhatikan.
- (2) Jumlah muatan maksimum yang dapat dibawa oleh kapal tidak boleh membuat kapal tidak stabil.

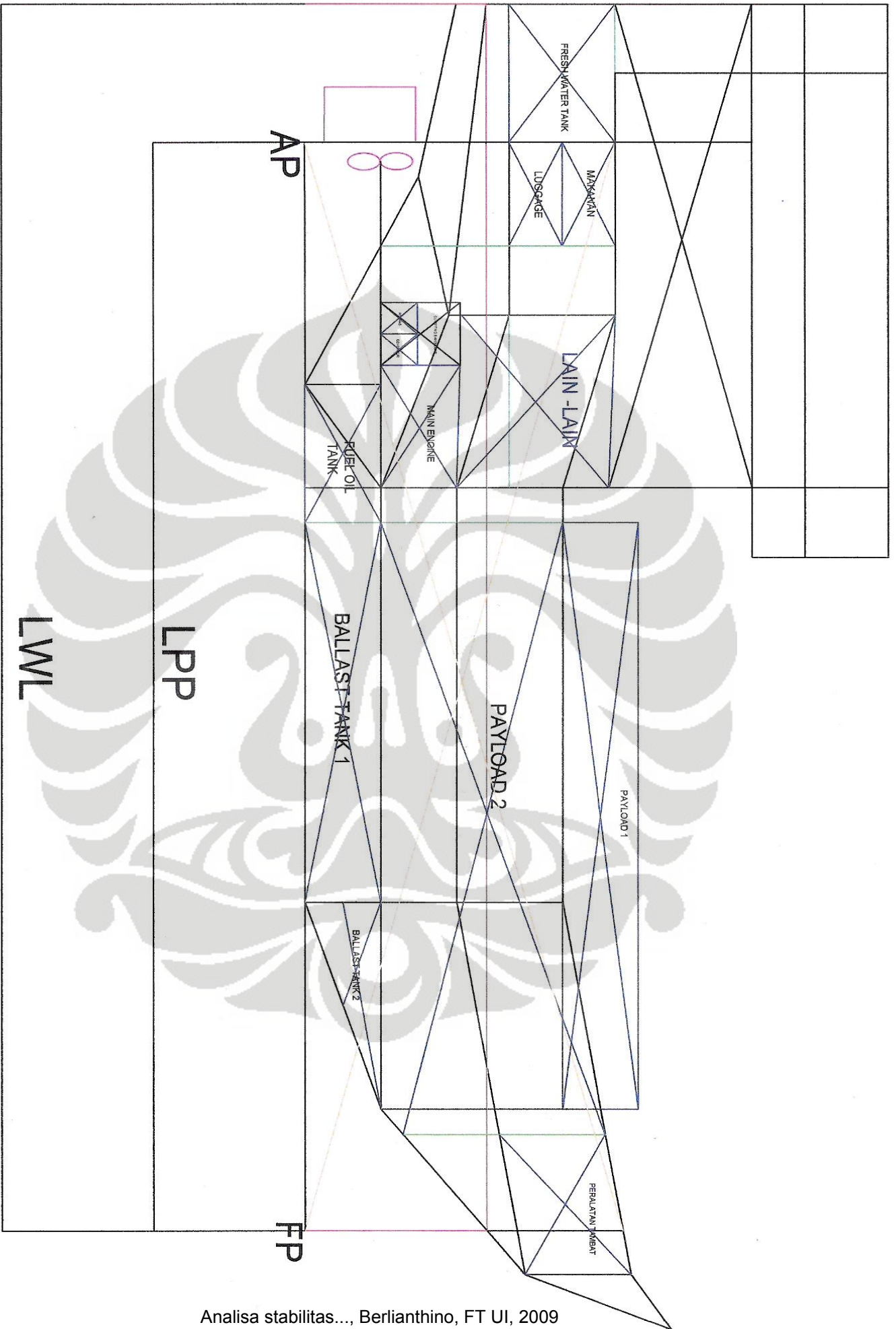
- (3) Pemilik kapal harus memperhatikan keadaan kapal dengan perlu adanya pengecekan stabilitas kapal agar kapal tetap stabil.
- (4) Diharapkan agar kapal memiliki air ballast sebagai pengganti beban akibat muatan yang kosong agar kapal tetap stabil.



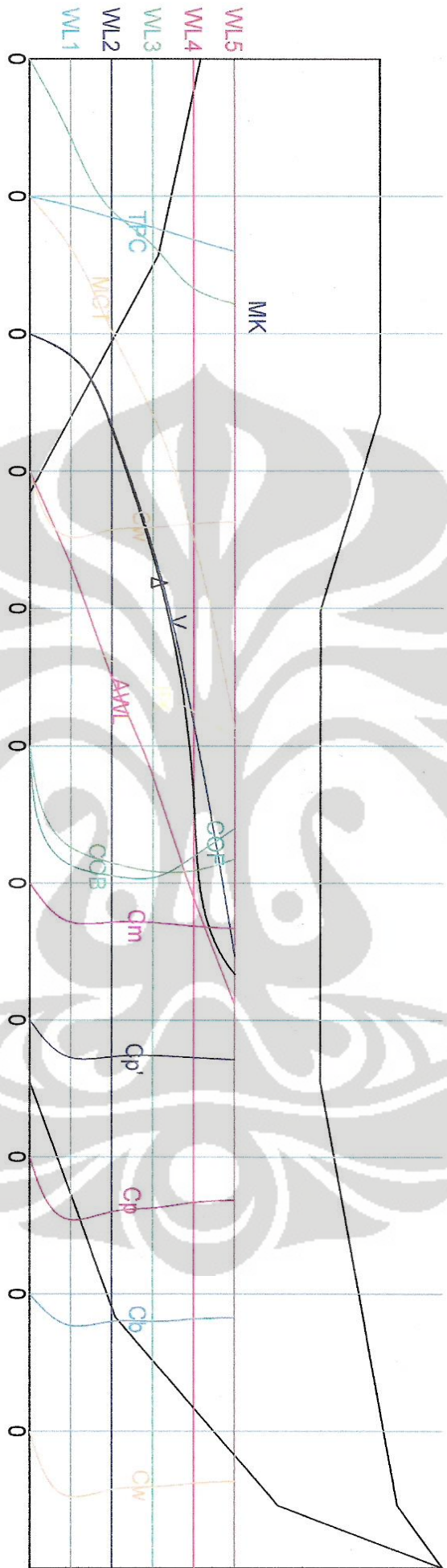
DAFTAR REFERENSI

- Albert Talahatu, Marcus. (1985). *Teori Merancang Kapal*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok
- Wicaksono, Tony. (2005). *Diktat Kuliah Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin FTUI. Depok.
- Suhardjito, Gaguk. (2003). *Geometri Kapal*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Suhardjito, Gaguk. (2003). *Rencana Umum*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Suhardjito, Gaguk. (2003). *Rencana Garis*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Barrass, Dr.C., (2001) *Ship Stability Notes and Example*, Oxford : Butterworth Heinemann,.



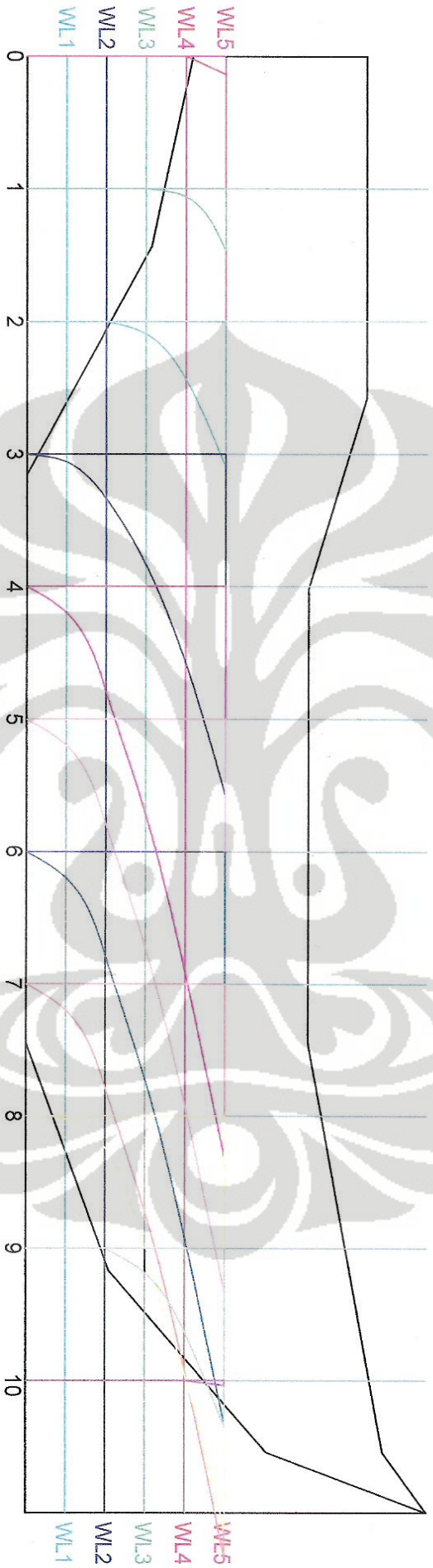


SKALA :	DICAMBAH :	BERLIANTHINO	TANDA TANGAN	KETERANGAN :
SATUAN : mm	NPM :	00403072		
TANGGAL : 16-07-2008	DISETUIJI :			
FAKULTAS TEKNIK		GENERAL ARRANGEMENT		A4
UNIVERSITAS INDONESIA				



Analisa stabilitas..., Berlianthino, FT UI, 2009

SKALA :	DIGAMBAR :	SERLINTAHNO	TANDA TANGAN	KETERANGAN:
SATUAN : mm	NPM	: 00408079		
TANGGAL : 18-07-2009	DIREKTUR :			
FAKULTAS TEKNIK		UNIVERSITAS INDONESIA		HYDROSTATIC CURVE
				A4

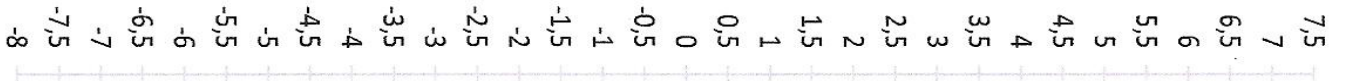


Analisa stabilitas..., Berlianthino, FT UI, 2009

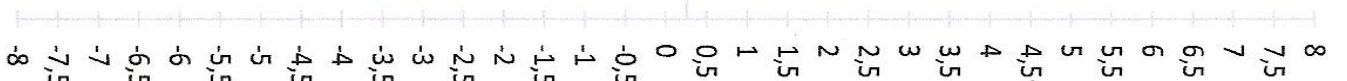
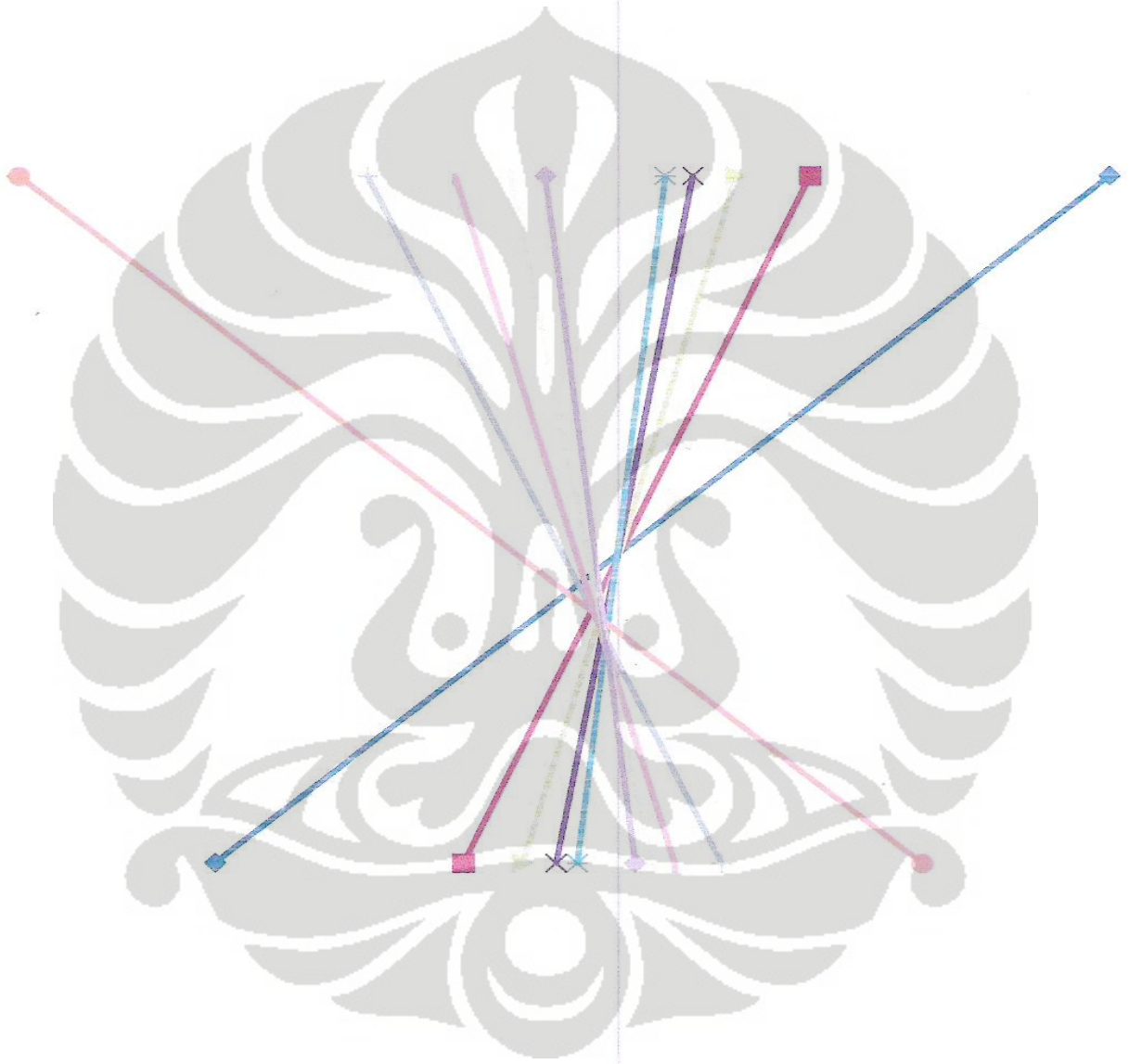
SKALA :	DIGAMBAR :	BERLINTING	TANDA TANGAN	KETERANGAN :
SATUAN : mm	NPM :	040408729		
TANGGAL : 16-07-2009	DISETJUI :			
FAKULTAS TEKNIK		BONJEAN CURVE		
UNIVERSITAS INDONESIA		A4		

- Penambahan sarat Tf oleh pemuatan di belakang
- Pengurangan sarat Tf oleh pengurangan muatan di depan

- Pengurangan sarat Ta oleh pemuatan di belakang
- Pengurangan sarat Ta oleh pengurangan muatan di belakang



- ◆ T1
- T2
- ◆ T3
- × T4
- ◆ T5
- T1
- ◆ T2
- ◆ T3
- ◆ T4
- ◆ T5



- Pengurangan sarat dTf oleh pemuatan di depan
- Penambahan sarat dTf oleh pengurangan muatan di depan

- Penambahan sarat dTa oleh pemuatan di depan
- Pengurangan sarat dTa oleh pengurangan muatan di depan

