

**PERANCANGAN AWAL STABILITAS STATIS
LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI UI**

SKRIPSI

Oleh

WAHYU BAYU AJI

04 04 08 0293



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**PERANCANGAN AWAL STABILITAS STATIS
LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI UI**

SKRIPSI

Oleh

WAHYU BAYU AJI

04 04 08 0293



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI
SEBAGAIAN PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PERANCANGAN STABILITAS STATIS LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI UI

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 23 juni 2008

Wahyu Bayu Aji

NPM 04 04 08 0293

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

PERANCANGAN STABILITAS STATIS LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI UI

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 2 juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 23 Juni 2008

Ir. Sunaryo, Ph.D

NIP. 131 473 842

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Ir. Sunaryo, Ph.D

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Wahyu Bayu Aji
NPM 04 04 08 0293
Departemen Teknik Mesin

Dosen Pembimbing
Ir. Sunaryo, Ph.D

PERANCANGAN STABILITAS STATIS LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI UI

ABSTRAK

Jakarta sebagai Ibu kota negara, merupakan pusat perhatian publik terhadap berbagai macam masalah yang muncul. Sebagai contoh adalah masalah banjir yang kian tidak terselesaikan, kota jakarta akhir-akhir ini sering sekali tergenang banjir baik yang dangkal bahkan sampai menggenangi atap rumah. Dalam suatu bencana alam, hal utama yang harus diperhatikan adalah keselamatan jiwa dari korban bencana tersebut, oleh karena itu dibutuhkan suatu sarana baru yang dapat mengakomodir pertolongan, dan sarana tersebut dapat mengatasi rintangan/halangan dalam membantu korban bencana, khususnya bagi para korban yang sudah tidak mempunyai daya atau kemampuan untuk menyelamatkan dirinya sendiri.

Penelitian ini mengulas tentang disain awal sebuah sarana angkut yaitu kendaraan amfibi yang sangat berguna dalam membantu korban banjir, karena Kendaraan ini dapat memasuki wilayah banjir yang keadaannya dangkal bahkan keadaan yang relatif dalam. Tulisan ini juga Menjelaskan stabilitas dari disain kendaraan amfibi tersebut. Hingga pengecekan kemiringan maksimum agar dek tidak terbenam dan masuk air, sehingga dapat membahayakan jiwa penumpang.

Kata Kunci : Kendaraan, Stabilitas , Banjir

Wahyu Bayu Aji
NPM 04 04 08 0293
Mechanical Engineering Departement

Counselor
Ir. Sunaryo, Ph.D

INITIAL DESIGN OF STATICAL STABILITY HULL AMPHIBIOUS VEHICLE UI

ABSTRACT

Jakarta as the Capital City, was the public cynosure concerning all of emerging problems. For example, flooding disaster that is becoming is not finalized, jakarta recently often is suffused shallow flooding even suffusing housing roof. In a natural disaster, a principal thing of which must be paid attention is safety of human victim, therefore it must be required a new supporting facilities of which can accomodate salvation, and the supporting facilities can overcome all barrier to assisting disaster victim, especially to all the human victim which doesn't have a power to saving their own life.

This research study about initial designing of a supporting facilities that is amphibious vehicle, a real useful in assisting flooding victim. Because, this vehicle can enter the flooding region which the state is shallow, even more deep. this research also analyzed about the stability from designing the amphibious vehicle until checking the maximum inclination, which is the dek is immersion and entered water, so it can't causing an endanger passenger life.

Keyword : vehicle, Stability, flooding

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PERSETUJUAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 POKOK PERMASALAHAN	2
1.3 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 KONSEP DISAIN	5
2.2 LINGKUP PERHITUNGAN KONSEPTUAL DISAIN	6
2.2.1 Prakiraan Displacement	6
2.2.2 Prakiraan Ukuran Utama	8
2.2.3 Prakiraan Koefisien Bentuk Kapal	11
2.3 PERHITUNGAN LUASAN, TITIK BERAT DAN VOLUME	13
2.3.1 Perhitungan Luas, Moment Luasan, dan Moment Inersia Menggunakan Simpson Rules.	13
2.3.2 Perhitungan Luas, Titik Berat dan Moment Inersia Menggunakan Perangkat Lunak <i>AutoCAD</i>	16
2.4 DESAIN RENCANA GARIS	17

2.5 TEORI STABILITAS	22
2.6 KURVA LENGAN STABILITAS	26
2.7 CROSS CURVE	27
2.8 MOMENT LISTING	29
BAB III PERANCANGAN LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI	31
3.1 PERHITUNGAN DIMENSI UTAMA DAN KOEFISIEN BLOK	31
3.2 KOREKSI UKURAN UTAMA	32
3.3 ESTIMASI BENTUK <i>HULL</i>	32
3.4 DESAIN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MAXSURF DAN AUTOCAD	33
3.4.1 Desain 3D Menggunakan <i>MaxSurf</i>	33
3.4.2 Pembuatan Linesplan Menggunakan <i>AutoCAD</i>	34
3.5 PERHITUNGAN SAC DAN HIDROSTATIK	35
BAB IV PERHITUNGAN STABILITAS	39
4.1 STABILITAS AWAL	39
4.1.1 Perhitungan KB	39
4.1.2 Panjang BM	40
4.1.3 Panjang KG	41
4.1.4 Diagram Metasentra	42
4.2 STABILITAS LANJUT	44
4.2.1 Perhitungan Cross Curve	44
4.2.2 Pemuatan Pada Berbagai Kondisi	45
4.2.3 Kemiringan Akibat Adanya Moment <i>Listing</i>	46
BAB V PEMBAHASAN	48
5.1 BENTUK LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI	48
5.2 STABILITAS AWAL	49
5.3 STABILITAS LANJUT	49
5.2.1 Kondisi Tidak Ada Muatan (Kapal Kosong)	50
5.2.2 Kondisi Berpenumpang Satu	51
5.2.3 Kondisi Berpenumpang Dua	52
5.2.3 kondisi berpenumpang tiga	53
5.4 DEK TERBENAM	54

BAB VI KESIMPULAN	55
DAFTAR ACUAN	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	58



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Simpson I	13
Gambar 2.2 Simpson II	14
Gambar 2.3 Luasan Kurva	15
Gambar 2.4 Luasan menggunakan perangkat lunak <i>AutoCAD</i>	16
Gambar 2.5 Hasil perhitungan <i>AutoCAD</i>	17
Gambar 2.6 Jendela ukuran utama	17
Gambar 2.7 Jendela titik nol	18
Gambar 2.8 Penentuan DWL	18
Gambar 2.9 Penentuan Koefisien bentuk	19
Gambar 2.10 Kontrol point	19
Gambar 2.11 Pembuatan station	20
Gambar 2.12 Hasil akhir maxsurf	21
Gambar 2.13 Merubah format	21
Gambar 2.14 Kesetimbangan	23
Gambar 2.15 Empat titik stabilitas	25
Gambar 2.16 Lengan koppel (<i>Righting arms</i>)	26
Gambar 2.17 Kurva stabilitas	26
Gambar 2.18 Hubungan kurva lengan stabilitas terhadap cross curve	27
Gambar 2.19 Sketsa kapal pada keadaan miring	28
Gambar 2.20 Cross Curve	29
Gambar 3.1 Desain <i>3D</i>	33
Gambar 3.2 <i>Body plan</i>	33
Gambar 3.3 Kurva <i>Sectional Area</i>	34
Gambar 3.4 Kurva hidrostatik	37
Gambar 3.5 Koefisien bentuk	38

Gambar 4.1	Stabilitas Awal Kendaraan Amfibi	38
Gambar 4.2	Diagram metacentra	43
Gambar 4.3	<i>Cross curve</i> kendaraan amfibi	44
Gambar 5.1	Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal kosong	49
Gambar 5.2	Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal bermuatan satu orang	49
Gambar 5.3	Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal bermuatan dua orang	50
Gambar 5.4	Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal bermuatan tiga orang	50



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Mencari Titik berat	15
Tabel 2.2 Mencari Lengan stabilitas	29
Tabel 3.1 Volume Displacement	34
Tabel 3.2 Hidrostatik Curve	35
Tabel 4.1 Berat komponen utama	40
Tabel 4.2 <i>Cross Curve</i> Kendaraan Amfibi	43

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	
A	Luas area	[m ²]
C _b	Koefisien blok	
C _p	Koefisien prismatic	
C _m	Koefisien midship	
C _w	Koefisien luas garis air	
T	Draught kapal	[m]
H	Tinggi kapal	[m]
L _{wl}	Panjang garis air	[m]
B	Breadth kapal	[m]
φ	Sudut kemiringan	
Δ	Displacement	[ton]
∇	Volume displacement	[m ³]
G	Pusat titik berat	
M	Metacentra	
B	Titik tengah daya apung	
K	Titik baseline kapal	
W	Berat muatan	[ton]
MG	Tinggi metasentra	[m]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Bagi masyarakat khususnya wilayah perkotaan, banjir sepertinya bukan sesuatu yang baru. Banjir tidak hanya terjadi di daerah-daerah yang lingkungannya rusak, kumuh dan tak terawat saja, bahkan sekarang sering kita lihat fenomena ini terjadi didaerah-daerah yang dapat dikatakan daerah-daerah elite, seperti perumahan, mal-mal dan lainnya. Pada musim penghujan, nampaknya banjir sudah menjadi kerabat tetap daerah perkotaan. Dan sampai saat ini solusi untuk menanggulangi Banjir belum banyak terlihat, jikapun ada seperti banjir kanal timur, pintu-pintu air, dan lainnya masih saja belum terselesaikan dalam pembangunannya.

Curah hujan nampaknya bukan satu-satunya faktor penentu dari bencana banjir, sanitari yang buruk dan tidak berfungsinya sungai juga merupakan faktor penentu dari pada terjadinya banjir. Dari beberapa kasus yang terjadi sebagian besar kawasan-kawasan sesak penduduk merupakan lokasi rawan terjadinya banjir, kita ambil contoh daerah bantaran sungai yang di tinggali puluhan ribu jiwa, biasanya warga sekitar bantaran kali tersebut meninggalkan sampah-sampah rumah tangga di sungai itu, akibatnya terjadi penumpukan sampah-sampah rumah tangga kemudian pendangkalan dan akhirnya aliran air tersumbat dan tidak dapat berfungsi sebagai mana mestinya. Hal ini tidak hanya berpengaruh saja terhadap warga sekitar sungai, tetapi lingkungan sekitarnya pun bisa terkena imbasnya.

Dalam keadaan seperti ini penataan kembali sanitari, penumpukan sampah bukannya hal yng tidak mungkin dilakukan untuk menghindari banjir tetapi semuanya itu membutuhkan proses yang cukup panjang dan berkelit, sedangkan kebutuhan darurat mengenai keselamatan jiwa tidak dapat dikompromikan lagi,

karena hal ini merupakan kewajiban kita untuk menomor satukan peyediaan bantuan bagi masyarakat yang membutuhkan disaat bencana banjir ini mulai mengancam penduduk yang tidak berdaya.

Ada beberapa kendala yang umumnya kita hadapi tatkala evakuasi korban banjir terutama di daerah berpenduduk padat dan sempit. Diantaranya yaitu pemukiman yang berhimpitan, gang-gang yang kecil, dan ketinggian banjir. Maka dari masalah diatas diperlukan sebuah alat transportasi yang dapat memfasilitasi kegiatan penyelamatan banjir yang sesuai. Keberadaan alat transportasi ini sangat diharapkan dapat mengurangi korban bencana banjir.

1.2 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penulisan ilmiah ini adalah untuk melakukan perancangan mengenai stabilitas alat transportasi banjir, dalam hal ini yaitu kendaraan amfibi. Dimana kendaraan amfibi ini memiliki kelebihan yaitu bentuknya yang kecil dan ramping sehingga memungkinkannya untuk memasuki lorong-lorong sempit.

Alat transportasi ini diharapkan dapat memfasilitasi kegiatan penyelamatan bagi:

- Manula
- Wanita hamil
- Orang sakit
- Orang yang memiliki keterbatasan untuk berpindah tempat

1.3 BATASAN MASALAH

Pembatasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan agar pembahasan dan penyelesaian masalah ini dapat terarah dan jelas. Penitikberatan dalam penulisan ilmiah ini adalah untuk melakukan proses perancangan hanya pada lambung kendaraan amfibi saja, dimana kendaraan amfibi ini digunakan untuk memfasilitasi kegiatan penyelamatan banjir didaerah padat penduduk yang sering terendam banjir.

Batasan masalah pada skripsi ini adalah :

1. Mendisain lambung kendaraan amfibi yang efektif terhadap stabilitas.

2. Perhitungan stabilitas statis melintang (transversal) pada lambung terhadap pembebanan.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan meliputi :

- **Studi Lapangan**

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data primer yang didapat dari wawancara, pengamatan dan data lapangan lainnya. Data primer ini berfungsi sebagai informasi utama penelitian yang bersifat teknis.

- **Studi Literatur**

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data sekunder yang didapat dari buku, bahan kuliah, internet dan 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 sekunder yang diperoleh sehingga dapat diambil kesimpulan dari masalah yang ada.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini terbagi dalam beberapa bab dan hal ini dapat dijelaskan secara ringkas sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori desain dan stabilitas. Penulis akan memaparkan teori desain kapal, stabilitas kapal, daya apung kapal dan gerakan kapal.

BAB 3 PEMBUATAN RENCANA GARIS SEMENTARA

Bab ini mengulas tentang desain rencana garis sementara, beserta data-data hidrostatis yang diperoleh dari rencana garis tersebut.

BAB 4 PERHITUNGAN STABILITAS

Bab ini menjelaskan tentang stabilitas melintang berdasarkan pada rencana garis sementara yang telah dibuat.

BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini menjelaskan tentang pembahasan dan evaluasi hasil perencanaan dan perhitungan stabilitas.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. KONSEP DISAIN

Konsep Disain adalah data pokok untuk membuat rancang bangun kapal yang baru, merupakan prakiraan atau estimasi dari parameter disain yang direncanakan memenuhi ketentuan disain[1].

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 prismatic (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 dan 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.

Displacemen 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 :

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

$$\text{Displacement} = L_{pp} \times B \times d \times C_b \times 1,025 \dots \dots \dots (2.1)$$

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 (l_{wl})

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

- Panjang antara garis tegak / Length between perpendiculars (L_{pp})

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 (B_{mld})

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 (Dmld)

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. (Cb)

Yaitu perbandingan antara Volume displacement (Vdispl.) dengan volume balok yang dibatasi oleh panjang kapal (L), lebar (B) dan Sarat (d).

$$C_b = \frac{V_{displ.}}{L B d} \dots\dots\dots(2.2)$$

- Koefisien Prismatic Memanjang / Longitudinal Prismatic Coefisien (Cp)

Yaitu perbandingan antara Volume displacement (Vdispl.) dengan volume prisma yaitu luas penampang tengah kapal (A0) dikalikan panjang kapal (L).

$$C_p = \frac{V_{displ.}}{A_0 \cdot L} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Koefisien Gading Tengah / Midship Coefisien (Cm)

yaitu perbandingan antara luas penampang tengah kapal (A0) dengan luas bidang yang dibatasi oleh lebar kapal (B) dan sarat (d).

$$C_m = \frac{A_0}{B d} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Koefisien Garis Air / Waterline Coefisien (Cwl)

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

$$Cwl = \frac{Awl}{LB} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.2.3. Prakiraan Koefisien Bentuk Kapal

a) Penentuan Koefisien blok (Cb)

Cb ditentukan dengan pertimbangan kecepatan kapal dimana untuk kapal cepat umumnya mempunyai Cb yang kecil dan sebaliknya untuk kapal kecepatan rendah mempunyai Cb yang lebih besar. Umumnya besar Cb 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 Cb 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 Cb ditentukan dengan rumus pendekatan berikut :

Van Lammeren → $Cb = 0,137 - 0,6 \frac{V}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(2.6)$

Todd Ayre → $Cb = c - 0,5 \frac{V}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(2.7)$

dimana :

c = 1,040	untuk $V/\sqrt{L} = 0,50$
c = 1,045	untuk $V/\sqrt{L} = 0,55$
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 → $Cb = 1,22 - 0,709 \frac{V}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(2.8)$

Chirila → $Cb = 1,214 - 0,374 V/\sqrt{L} \dots\dots\dots(2.9)$

b) Penentuan Koefisien Prismatic (C_p)

Dalam perencanaan kapal umumnya yang dipakai adalah koefisien prismatic memanjang / longitudinal prismatic coefficient. 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.

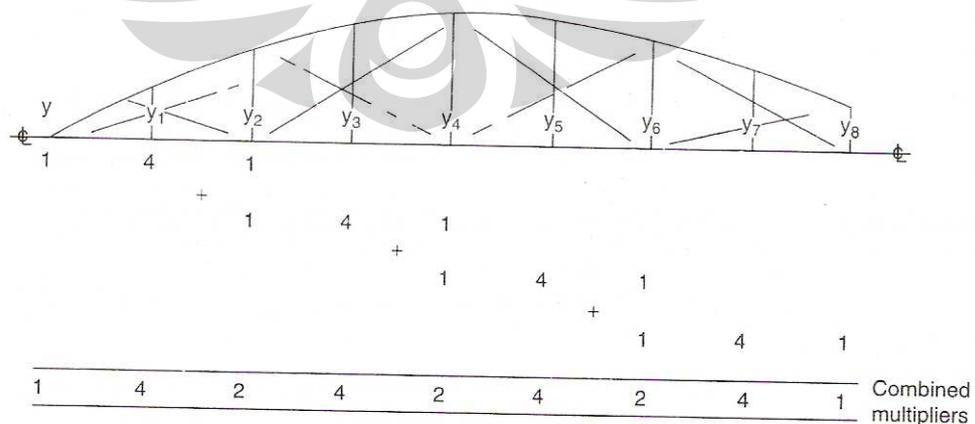
Luasan merupakan suatu bentuk integrasi dari persamaan kurva dan garis, tetapi dalam praktiknya persamaan dari kurva sangatlah sulit ditentukan. Sehingga tidak memungkinkan memperoleh luasan dengan menggunakan metode integrasi matematik. Sehingga mendorong para pakar matematika untuk memecahkan permasalahan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

1. Trapezoidal 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

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 [4]

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

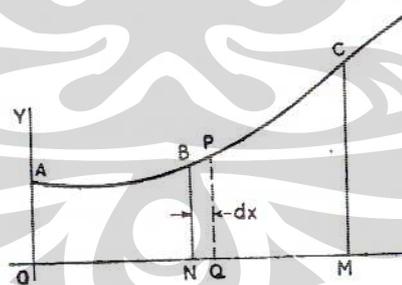
			$\Sigma_1 = \dots$		$\Sigma_2 = \dots$

$$\text{Luas} = \frac{1}{3} l \times \sum_1 [m^2] \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\text{Momen statis terhadap sumbu} = \frac{1}{3} l^2 \times \sum_2 [m^4] \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\text{Jarak titik berat dari sumbu} = \frac{\sum_2 l}{\sum_1} [m] \dots \dots \dots (2.12)$$

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

$$d I_1 = x^2 dA = x^2 y dx \dots \dots \dots (2.13)$$

dan moment inersia luasannya adalah

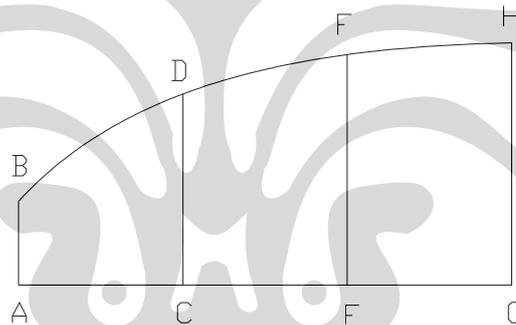
$$I_1 = \int_0^l x^2 y dx \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$I_g = I_1 - Ax^2 \dots\dots\dots(2.15)$$

2.3.2 Perhitungan Luas, Titik Berat dan Moment Inersia Menggunakan Perangkat Lunak *AutoCAD*

Cara lain yang dapat digunakan untuk mencari luasan dari suatu kurva adalah dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *AutoCAD*, dimana versi perangkat lunak *AutoCAD* yang dipakai penulis adalah versi *AutoCAD* 2006. Dengan menggunakan perangkat lunak ini, dapat diketahui besaran-besaran seperti luas, titik berat dan moment inersia.

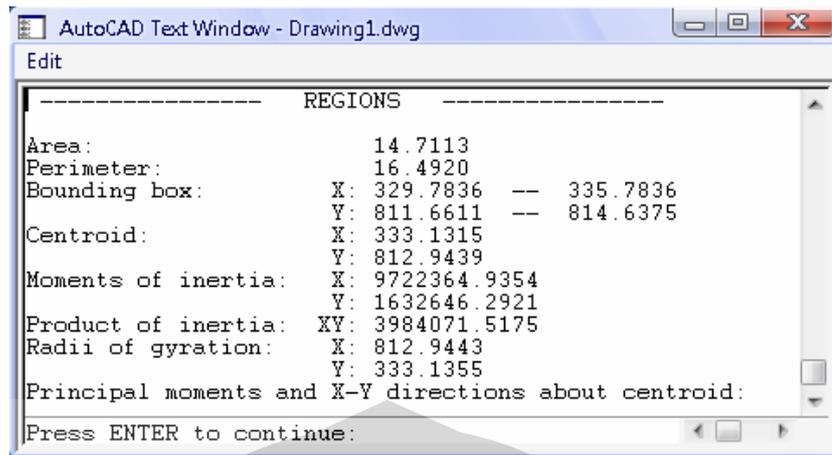


Gambar 2. 4. Luasan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD*

Langkah pertama yaitu dengan menjadikan garis-garis AB, BH, HG, GA menjadi satu bidang yang nantinya akan dicari luasan, titik berat dan momen inersianya. Dengan menggunakan perintah : `region`.

Setelah garis dan kurva tersebut menjadi suatu kesatuan bidang, kemudian lakukan perintah : `_massprop`

Pada layar kemudian akan muncul halaman teks yang menunjukkan besaran-besaran yang dicari.



Gambar 2. 5. Hasil perhitungan *AutoCAD*

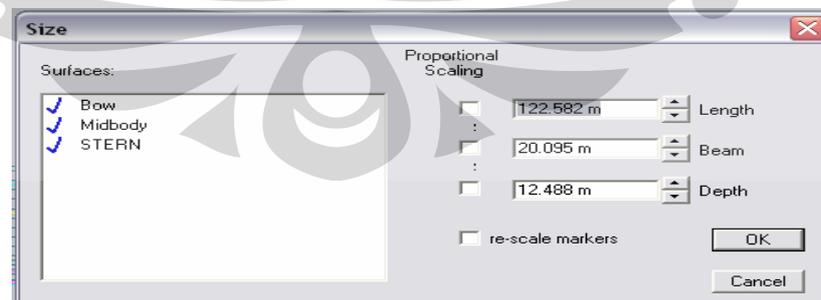
2.4 DISAIN RENCANA GARIS

Pembuatan *Lines Plan* kendaraan amfibi ini menggunakan bantuan perangkat lunak Maxsurf dan Autocad. Dibawah ini adalah langkah pembuatan *Lines plan* :

1. Memasukkan ukuran utama

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

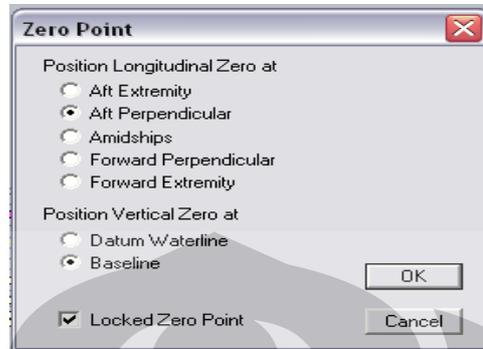
- Pada kotak *Length* diisikan panjang kapal (Loa)
- Pada kotak *beam* diisikan lebar kapal (B)
- Pada kotak *depth* diisi dengan tinggi kapal (H)



Gambar 2. 6. Jendela ukuran utama

2. Menentukan Letak Titik Nol

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

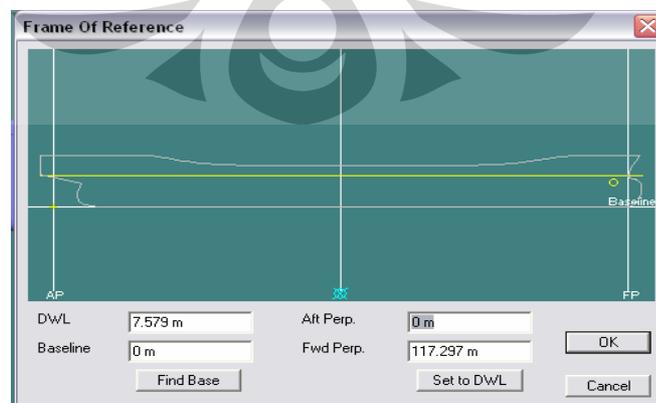


Gambar 2.7. Jendela titik nol

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 :

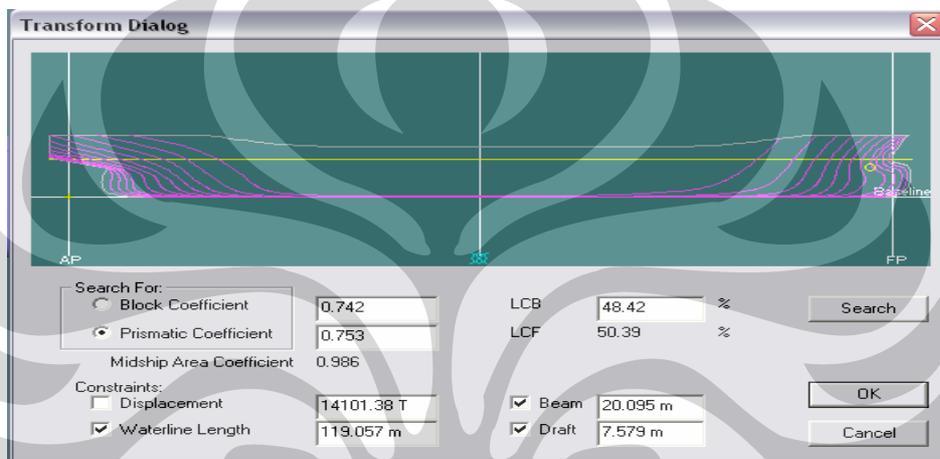


Gambar 2.8. Penentuan DWL

Pada kotak *DWL* diisi dengan 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.

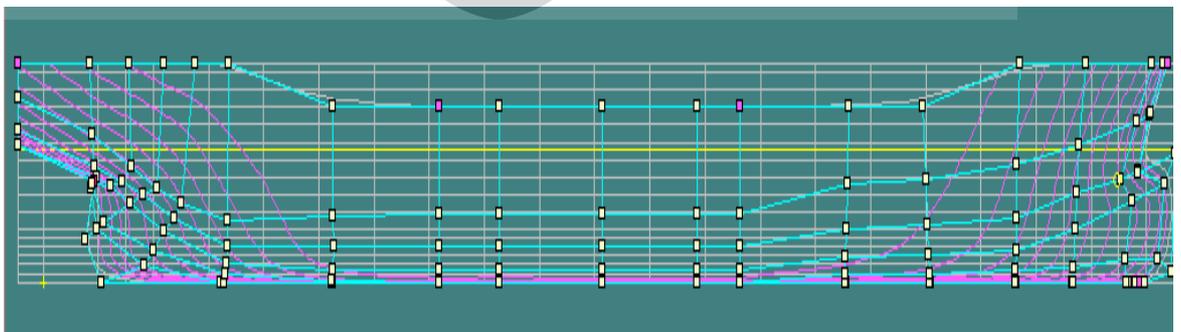
4. Penentuan Lines Plan Kapal (Transform Dialog)

Pada bagian *transform dialog*, proses pembuatan Lines dengan memasukkan *Cb*, *LCB*, *Displacement*, *LWL*, *B*, *T*. Setelah dimasukan data input tersebut dengan menekan tombol *search* maka *Lines* akan langsung terbentuk.



Gambar 2.9. Penentuan Koefisien bentuk

Kemudian dilakukan cek displacement dengan cara mencocokkan *displacement* pada maxsuft dan dari hasil perhitungan, apabila belum memenuhi maka kita dapat merubah desain dengan menggerakkan kontrol poin sampai *displacement* yang diinginkan dapat sesuai. Kontrol point adalah titik-titik seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10. Kontrol point

5. Menentukan Pembagian Station, *Buttock* dan *Water Line*

Setelah Lines terbentuk dan semua ukuran telah memenuhi maka langkah berikutnya adalah menentukan pembagian station, *buttock* dan *Water Line*. Pembagian station, *buttock* dan *Water Line* tersebut dibagi sesuai dengan perencanaan.

station kapal dibagi menjadi beberapa station dari AP sampai FP. Untuk *Water Line* misalkan direncanakan seperti berikut :

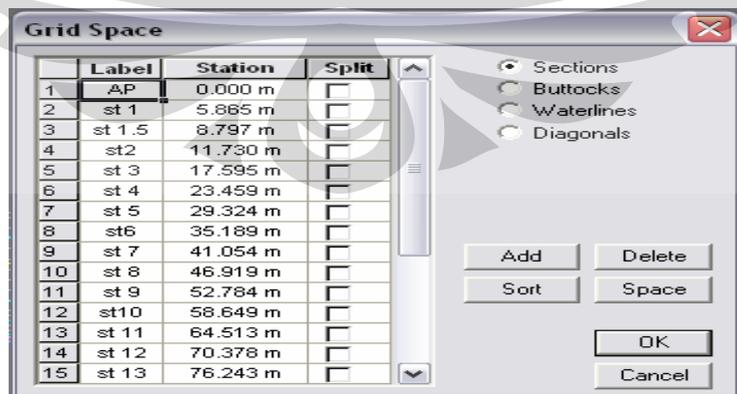
WL 0	terletak pada <i>Base Line</i>
WL 0.5	terletak pada 0.5 m dari <i>Base Line</i>
WL 1.0	terletak pada 1.0 m dari <i>Base Line</i>
WL 1.5	terletak pada 1.5 m dari <i>Base Line</i>
WL 2.0	terletak pada 2.0 m dari <i>Base Line</i>

Untuk *Buttock* line direncanakan sebagai berikut :

BL 0.5	terletak 0.5 m dari <i>Centre Line</i>
BL 1.0	terletak 1.0 m dari <i>Centre Line</i>
BL 1.5	terletak 1.5 m dari <i>Centre Line</i>

Langkah-langkah pengerjaannya pada maxsurf adalah sebagai berikut :

Dari menu utama pilih Data kemudian *Grid Spacing*, kemudian akan tampil menu berikut:

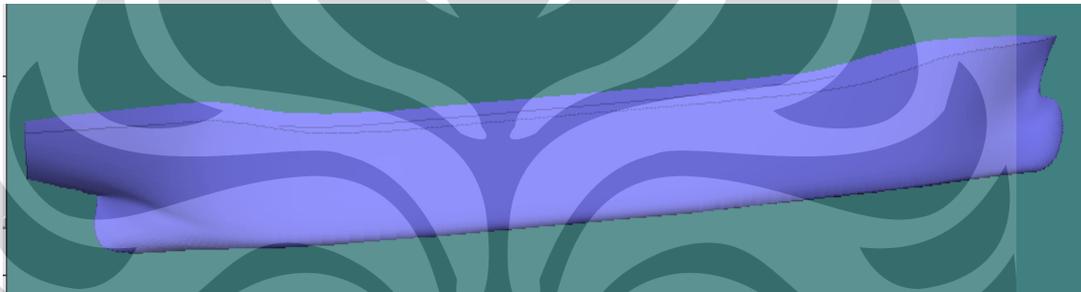


Gambar 2.11. Pembuatan station

Pada kotak dialog diatas ada pilihan *section*, *buttock*, dan *Water Line*, klik pada pilihan yang tersedia untuk menentukan pembagian-pembagian potongan. Berikut ini adalah cara menentukan pembagian *section*, untuk pembagian *buttock* dan *Water Line* caranya hampir sama dengan cara pembagian *station*.

1. Klik *Add*, disini anda bisa menentukan banyaknya jumlah potongan-potongan. Isikan dengan jumlah *station* yang akan anda buat.
2. Kemudian ke menu berikutnya yakni *Space* untuk menentukan jarak tiap-tiap potongan.

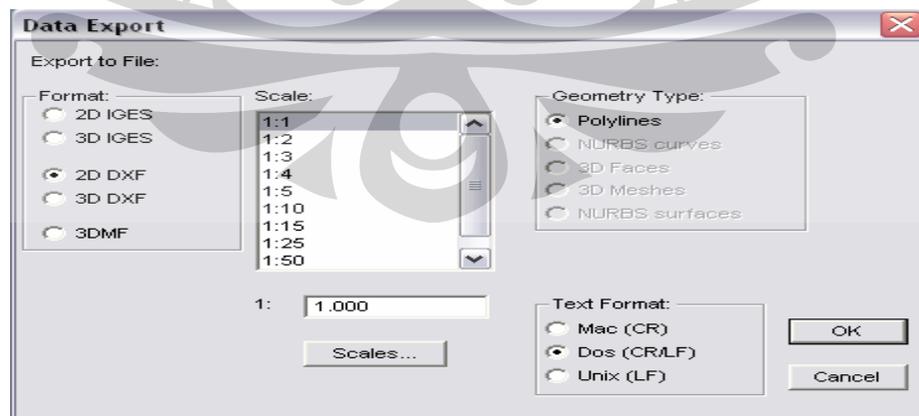
Pada kotak *in step of* anda isikan dengan jarak tiap *station* yang direncanakan. Jarak ini didapat dari panjang LPP dibagi jumlah *station*.



Gambar 2.12. Hasil akhir maxsurf

6. Memindahkan Gambar Dari Maxsurf Ke Autocad

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



Gambar 2.13. 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.

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[5].

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

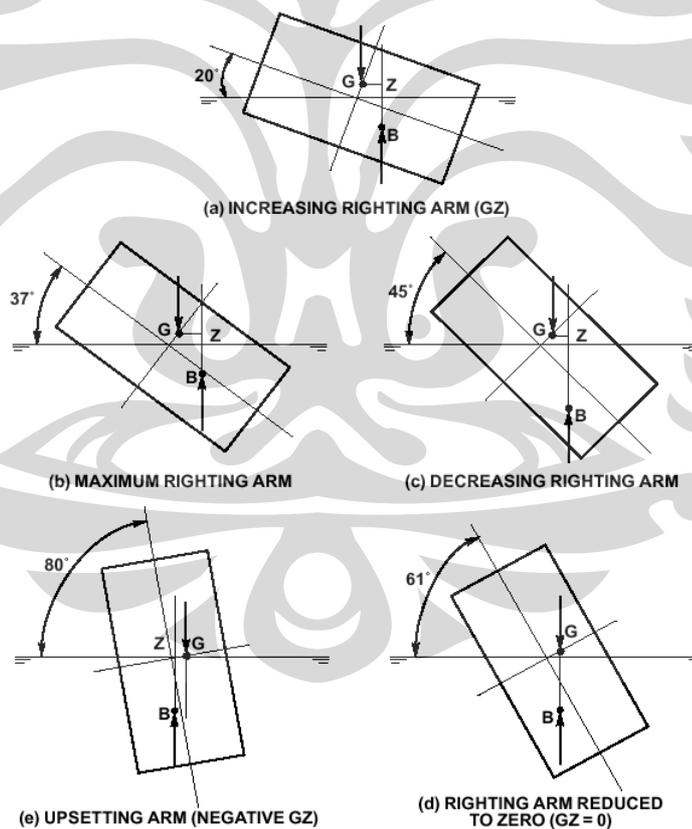
dimaksud adalah $W \times GZ$. Momen inilah yang membuat kapal memiliki kecenderungan untuk kembali ke posisi semula setelah gangguan dihilangkan.

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 2.14. 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[3]. Dimana gangguan yang dialami oleh kapal mungkin berasal dari angin, arus, pengaruh cikar 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)

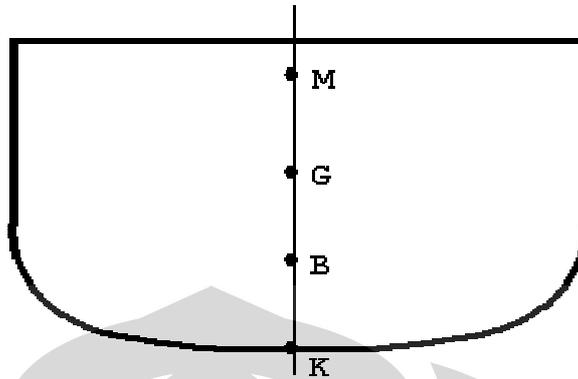
Adalah titik tekan air pada kapal dan dipengaruhi oleh bentuk kapal dibawah permukaan air.

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

$$KB = \frac{1}{\nabla} \int a_{wp} z \, dz \dots\dots\dots(2.16)$$

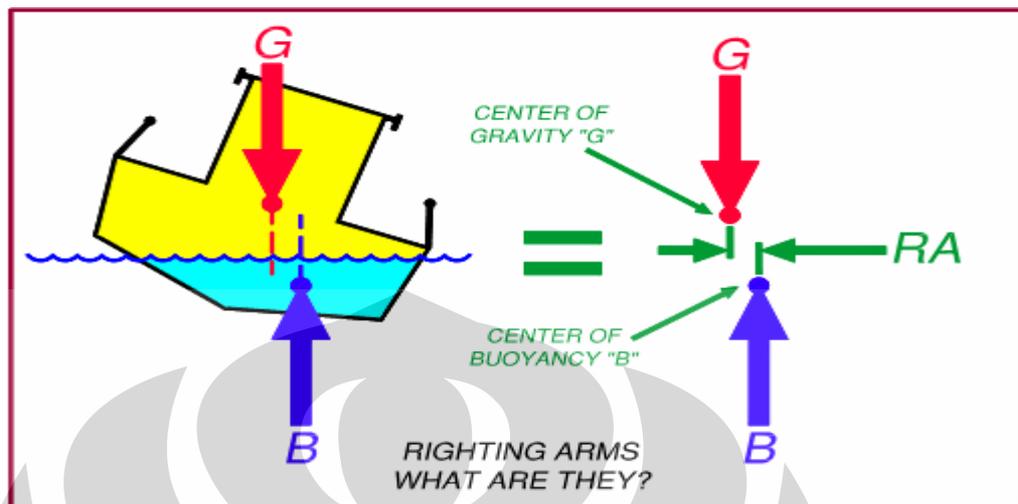
Dimana V adalah volume total kapal, a_{wp} adalah luas waterline, dan z adalah tinggi waterline terhadap baseline. Perhitungan ini dapat digunakan jika memiliki gambar linesplan yang akurat, jika tidak untuk kapal-kapal umum dapat digunakan formula berikut.

$$KB = \frac{1}{3} \left(\frac{5T}{2} - \frac{\nabla}{A_{wp}} \right) \quad (\text{Morrish's Formula}) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$KB = T_m \frac{A_{wp}}{A_{wp} + \frac{\nabla}{T_m}} \quad (\text{Posdunine's Formula}) \dots\dots\dots(2.18)$$

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.

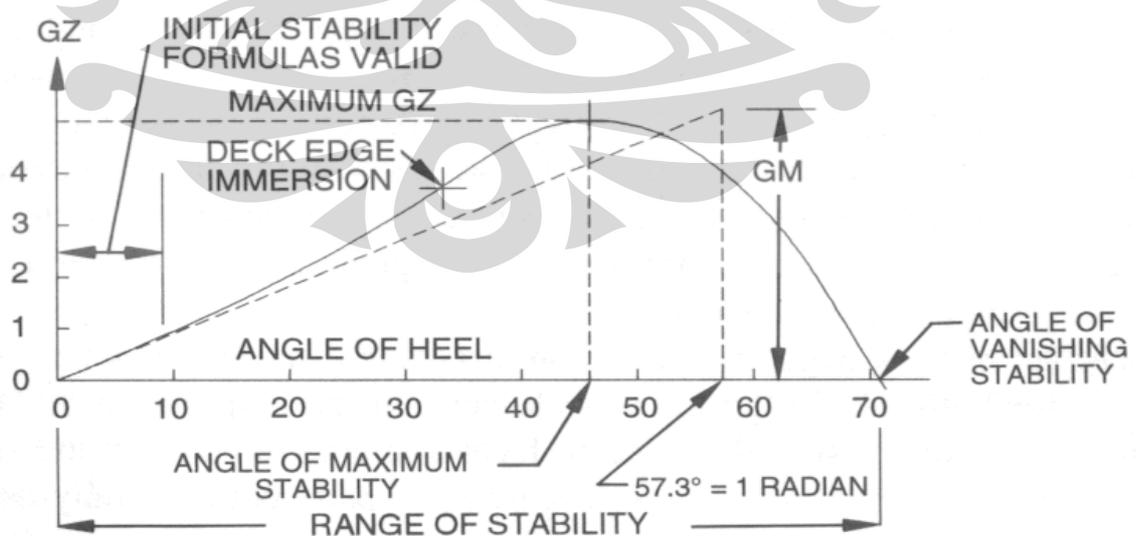


Gambar 2.16. Lengan koppel (*Righting arms*)

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.



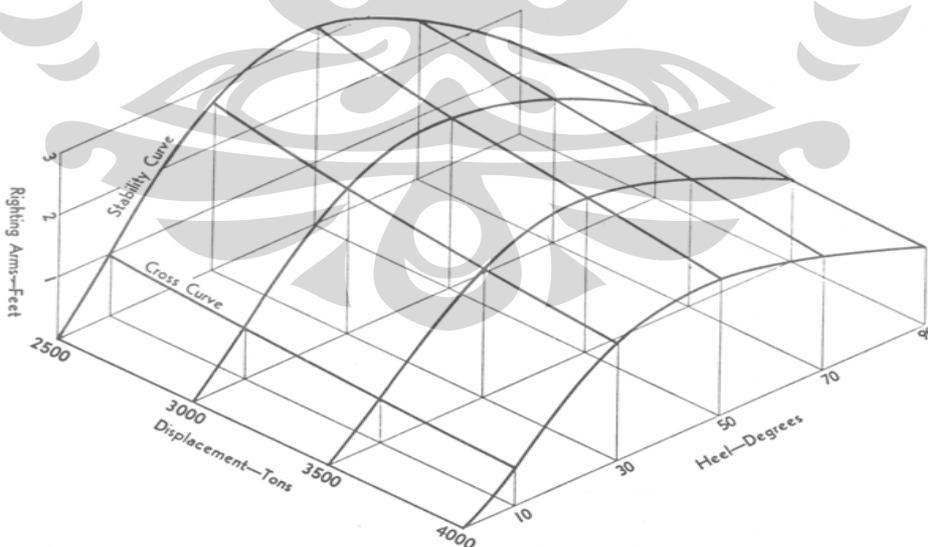
Gambar 2.17. Kurva stabilitas

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.

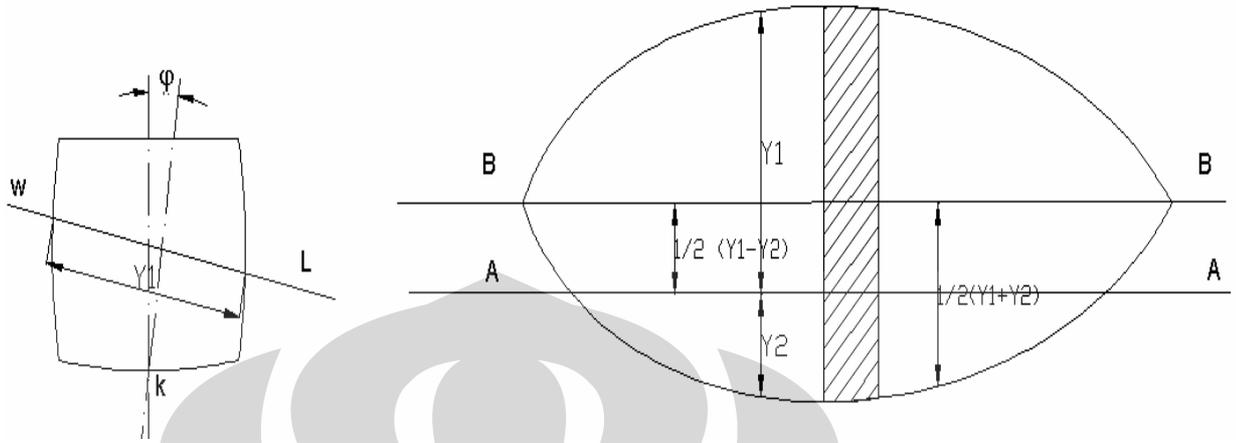
CROSS CURVE

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 2.18. 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 2.19. 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:

$$S = \frac{1}{2} (Y1 + Y2) (Y1 - Y2) dx = \frac{1}{2} (Y1^2 - Y2^2) \dots \dots \dots (2.19)$$

Dengan perjanjian bahwa bila:

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

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

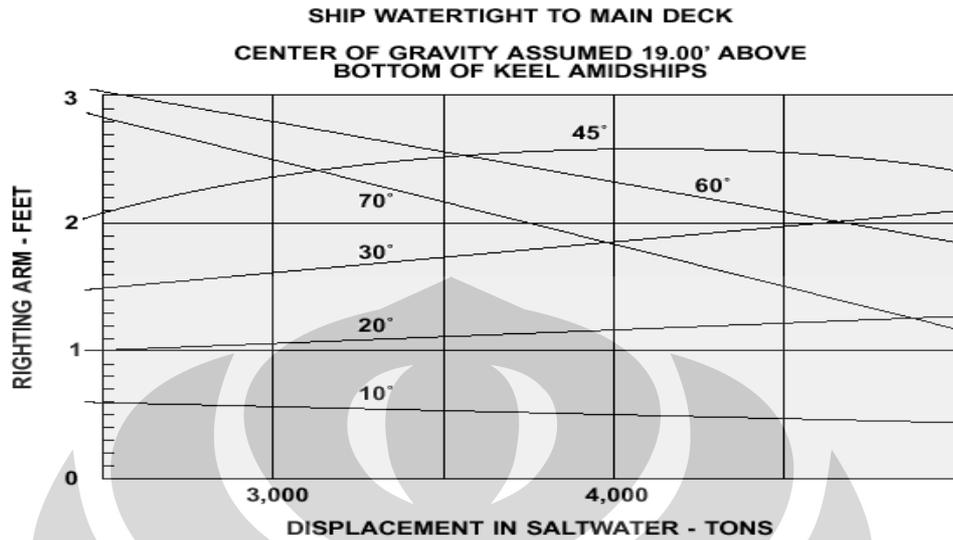
Maka luas segmen dari sebuah WL yang miring adalah:

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

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:

$$b = \frac{S}{O_{WL}} \text{ atau } b = \frac{1/2 \int (Y1^2 - Y2^2) dx}{\int (Y1 + Y2) dx} \dots \dots \dots (2.20)$$

Maka dapat digambarkan cross curve sebagai berikut:



Gambar 2.20. Cross Curve

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

$$h = b - GK \sin \phi = MG \sin \phi \dots \dots \dots (2.21)$$

Tabel 2.2. lengan stabilitas

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

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.

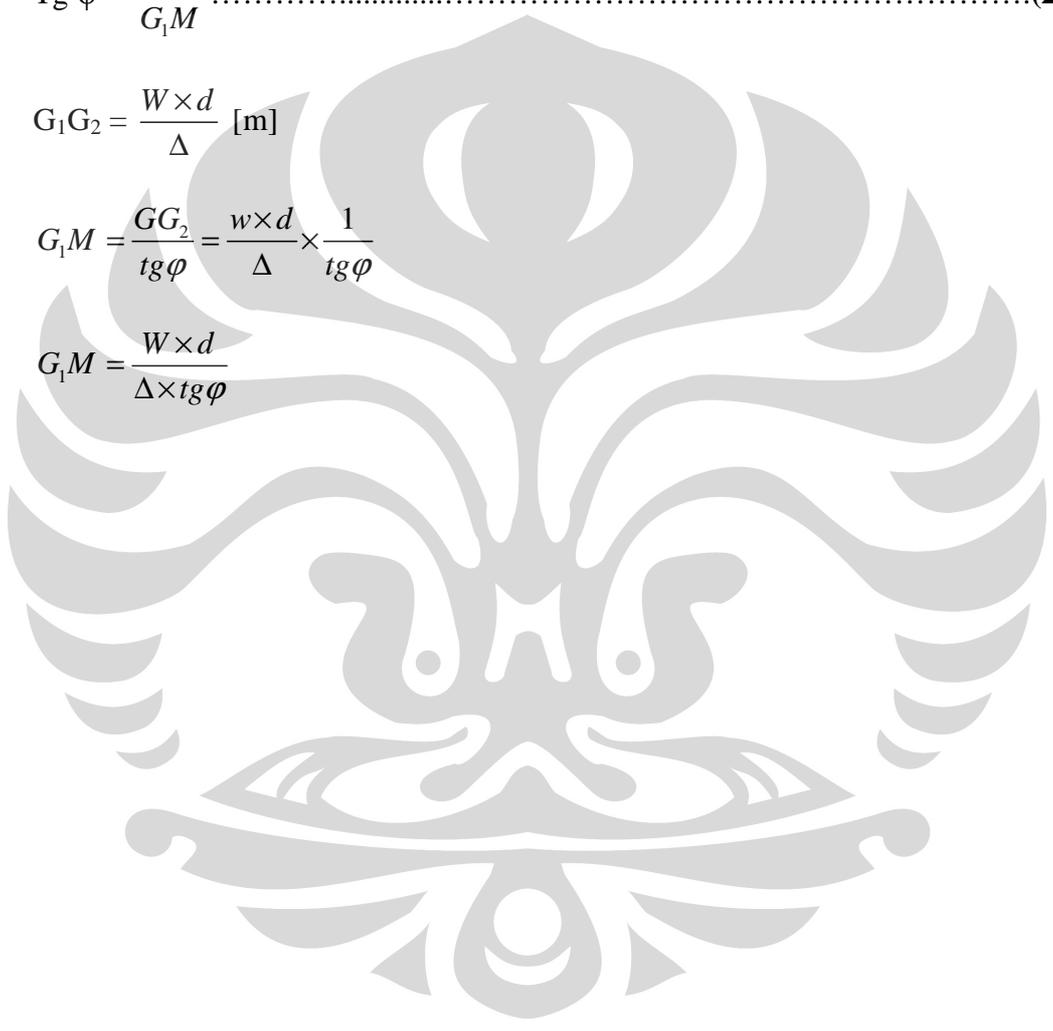
Jika letak titik akhir dari metacentra dan titik berat kapal diketahui maka kemiringan kapal dapat diketahui maka kemiringan kapal dapat dihitung menggunakan trigonometri

$$\text{Tg } \varphi = \frac{G_1G_2}{G_1M} \dots\dots\dots(2.22)$$

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

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

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



BAB III

PERANCANGAN LAMBUNG

KENDARAAN AMFIBI

3.1. PERHITUNGAN DIMENSI UTAMA DAN KOEFISIEN BLOK

Dalam perancangan awal daripada lambung dibutuhkan suatu gambar rencana garis yang termasuk didalamnya adalah gambar *Body plan*, *sheer plan*, *water plan*. Untuk penggambaran rencana garis maka kita terlebih dahulu harus menentukan dimensi-dimensi utama, dan koefisien-koefisien bentuknya.

Dalam penggambaran linesplan ini hanya bersifat sementara, sehingga hasil dimensi dan koefisien-koefisien bentuk dari lambung kendaraan amfibi ini sewaktu-waktu dapat berubah sesuai dengan kriteria stabilitas, hambatan propulsi, kekuatan dan lain-lain. Ada bermacam-macam cara untuk menentukan dimensi utama dan juga koefisien bentuk lambung, tergantung dari metode yang dipakai dalam perancangan. Dalam perancangan ini, digunakan metode *trial and error*. Sehingga dimensi utama kendaraan amfibi ini ditentukan oleh wilayah sasaran yaitu lorong lorong kecil.

Sebelum mengadakan perhitungan maka kita perlu mengetahui ukuran-ukuran utama dari kendaraan amfibi yang akan dirancang ini. Dengan prasyarat kontruksi kapal sebagai berikut :

- Jika L/B besar maka mempunyai ruangan yang banyak, stabilitas baik, cakar membutuhkan waktu lebih lama, memperkecil kekuatan memanjang, moment lengkung menjadi besar.
- Jika B/T besar maka stabilitas sangat baik
- Jika L/D besar maka kontruksi tidak baik maka kontrukasinya harus diperbesar atau modulus kontruksi harus besar.

Untuk mendapatkan stabilitas yang baik maka ditentukan perbandingan Lebar (B)/Sarat (T) adalah kecil.

- Panjang (Lpp) : 2,5 meter
- Lebar (B) : 1,25 meter
- Tinggi (D) : 0,75 meter
- Sarat (t) : 0,5 meter
- Kecepatan (V) : 6 km/jam

3.2 KOREKSI UKURAN UTAMA

Setelah menentukan ukuran kendaraan amfibi yang di dapat dari analisa lapangan yang dimana nantinya kendaraan amfibi ini digunakan, maka ukuran tersebut haruslah dikoreksi untuk kesesuaian antara panjang, lebar, tinggi dan sarat kapal. Koreksi tersebut dapat dilakukan dengan cara perbandingan antara ukuran utama kapal. Perbandingannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{l} \frac{L}{B} = \frac{2,5}{1,25} = 2 \\ \frac{B}{T} = \frac{1,25}{0,5} = 2,5 \\ \frac{L}{D} = \frac{2,5}{0,75} = 3,57 \end{array} \qquad \begin{array}{l} \frac{B}{D} = \frac{1,25}{0,75} = 1,73 \\ \frac{T}{D} = \frac{0,5}{0,75} = 0,66 \\ \frac{T}{B} = \frac{0,5}{1,25} = 0,4 \end{array}$$

3.3 ESTIMASI BENTUK HULL

Bentuk hull (lambung) kendaraan amfibi dapat ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah koefisien blok, koefisien midship, prismatic koefisien, water plan koefisien dan L.C.B.

a) Koefisien Block (Cb) :

$$\begin{aligned} \text{Menurut Chirila : } & [1,214 - 0,374 V/\sqrt{L}] \\ & = 0.81 \end{aligned}$$

b) Koefisien tengah kapal (Cm)

Menurut Sabit, Series 60 :

$$C_m = 0,93 + (0,08 \times C_b)$$

$$C_m = 0,93 + (0,08 \times 0,81) = 0,994$$

c) Koefisien prismatic

adalah perbandingan koefisien block dengan koefisien tengah kapal

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} = \frac{0,81}{0,994} = 0,815$$

3.4 DESAIN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MAXSURF DAN AUTOCAD

Setelah koefisien-koefisien bentuk lambung ditentukan maka kita dapat menggambarkan langsung badan lambung kendaraan amfibi dengan menggunakan perangkat lunak *maxsurf*.

3.4.1 Desain 3D Menggunakan *MaxSurf*

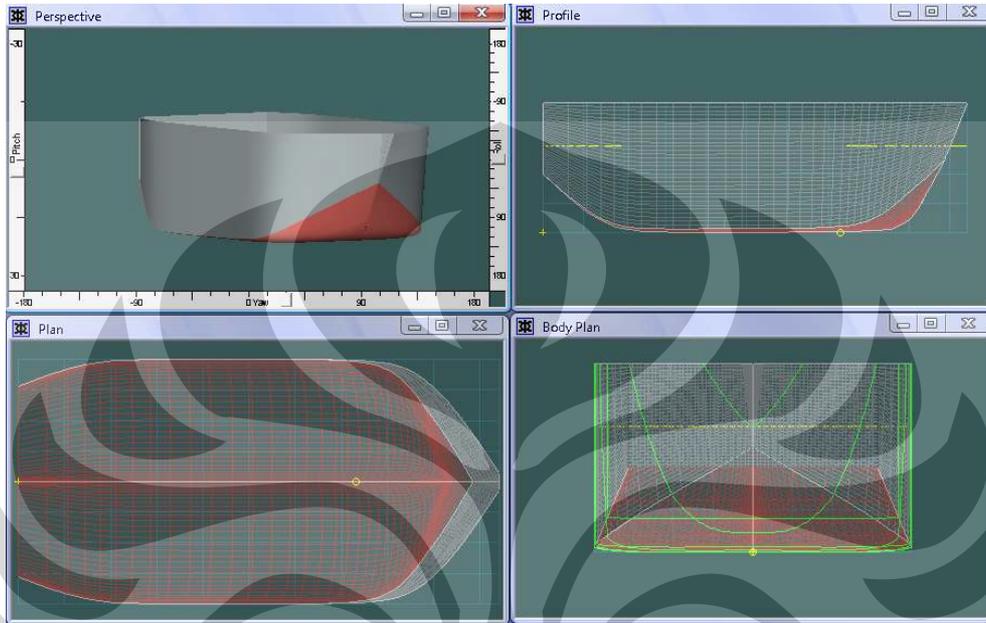
Penulis menggunakan perangkat lunak *MaxsurfPro* versi 8.5 dengan ketentuan standart, satuan unit mm dan titik awalnya (zero point) berada pada AP dan baseline.

1. Pembuatan desain lambung kapal diawali dengan pembuatan permukaan kulit lambung (surface) baru dan kemudian pada surface dimasukkan data-data seperti dimensi utama
 - a. panjang kapal (Loa) = 2,5 m
 - b. Beam (B) = 1,25 m
 - c. Tinggi (H) = 0,75 m
2. permukaan kulit lambung (Surface) yang telah disesuaikan dimensinya kemudian di bentuk sesuai bentuk kapal, dan sesuai dengan kriteria koefisien bentukan (C_b , C_m , C_p).

3. penyesuaian Draft pada jendela *frame of reference*, sehingga DWL nya menjadi 0,5 m.

4. pembuatan garis section, buttock, dan waterline.

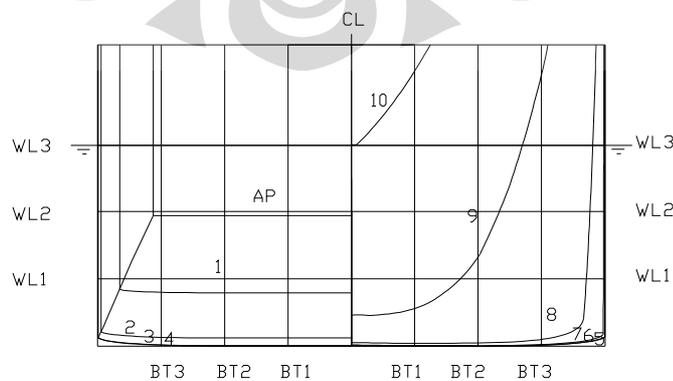
Kemudian akan dihasilkan bentuk 3D dari desain ini (gambar).



Gambar 3.1. Desain 3D

3.4.2 Pembuatan Linesplan Menggunakan *AutoCAD*

Dari desain 3D yang didapatkan dari *MaxSurf* kemudian dapat dibuat rencana garisnya. Dengan cara merubah format (konversi) dari format *.msd menjadi *.dxf yang dapat dibaca oleh perangkat lunak *AutoCAD* sehingga didapatkan bentuk body plan, sheer plan dan half breadth plan (lampiran)



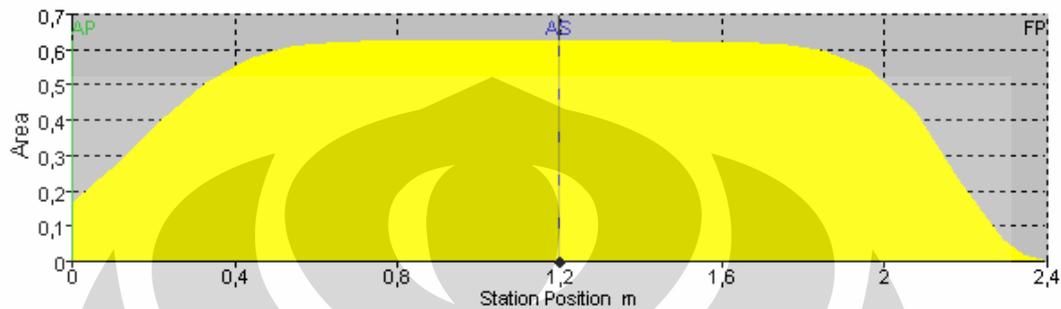
Gambar 3.2. Body plan

3.5 PERHITUNGAN SAC DAN HIDROSTATIK

Dari desain tersebut, maxsurf kemudian dapat mengetahui besarnya displacement dan grafik SAC.

$$\bar{m} = 1,214 \text{ ton}$$

$$T = 0,5 \text{ m}$$



Gambar 3.3. Kurva SAC

Untuk mengetahui berapa besar deviasi *displacement* tersebut antara perhitungan menggunakan perangkat lunak *maxsurf* dengan yang didapatkan dengan aturan Simpson. Maka penulis menghitung kembali luasan persection dan mencari kembali luasan dengan metode simpson hingga mencari displacement nya.

Tabel 3.1. Volume Displacement

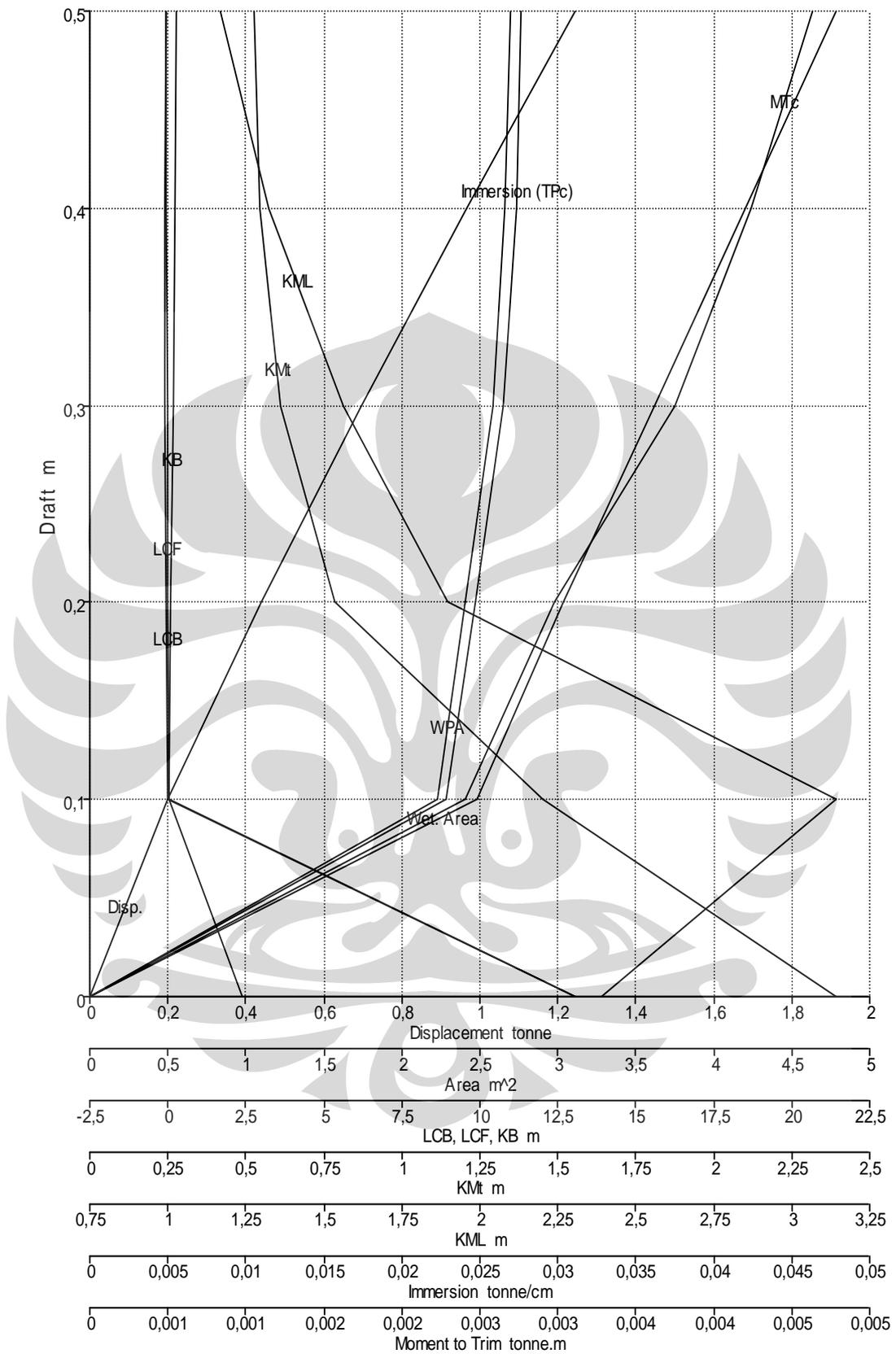
no	Luasan	SM	hasil ganda
1	0,122	1	0,122
2	0,406	3	1,218
3	0,586	3	1,758
4	0,62	2	1,24
5	0,622	3	1,866
6	0,622	3	1,866
7	0,622	2	1,244
8	0,618	3	1,854
9	0,588	3	1,764
10	0,384	1	0,384
			13,316

$$\begin{aligned} \text{Volume displacement} &= 3/8 \times L \times \Sigma \\ &= 3/8 \times 0,234 \text{ m} \times 13,316 \\ &= 1,169 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

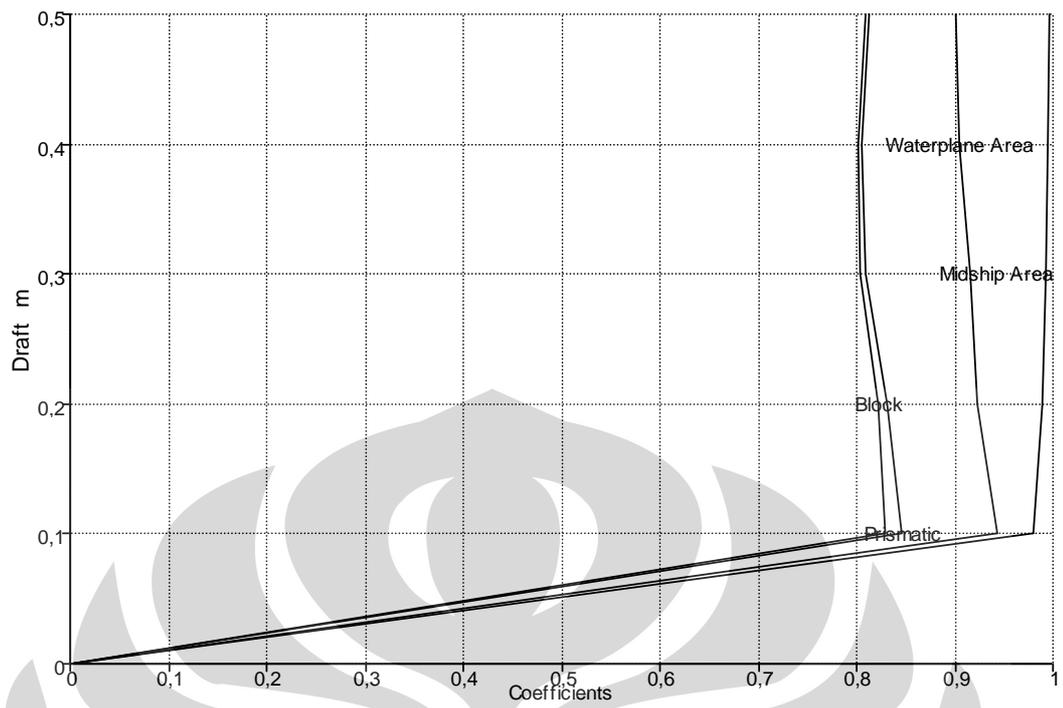
$$\text{Deviasi yang terjadi} = \frac{1,214 - 1,169}{1,214} = 3 \%$$

Tabel 3.2. Hidrostatik Curve

	Draft Amidsh. m	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1	Displacement tonne	0	0,2009	0,4401	0,697	0,968	1,243
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0
3	Draft at FP m	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
4	Draft at AP m	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
5	Draft at LCF m	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
6	Trim (+ve bow down) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	0,000	1,893	2,090	2,259	2,355	2,398
8	WL Beam m	0,000	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
9	Wetted Area m ²	0,000	2,481	3,032	3,617	4,197	4,780
10	Waterpl. Area m ²	0,000	2,231	2,411	2,586	2,663	2,699
11	Prismatic Coeff.	0,000	0,847	0,831	0,809	0,806	0,812
12	Block Coeff.	0,000	0,829	0,822	0,803	0,802	0,809
13	Midship Area Coeff.	0,000	0,979	0,990	0,993	0,995	0,996
14	Waterpl. Area Coeff.	0,000	0,943	0,923	0,916	0,905	0,900
15	LCB to Amidsh. m	13,065	0,015	0,009	0,031	0,047	0,054
		Fwd	Fwd	Aft	Aft	Aft	Aft
16	LCF to Amidsh. m	13,065	0,009	0,044	0,084	0,085	0,070
		Fwd	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft
17	KB m	2,391	0,054	0,106	0,160	0,213	0,265
18	KG m	0,273	0,273	0,273	0,273	0,273	0,273
19	BMt m	0,000	1,399	0,680	0,453	0,333	0,262
20	BML m	0,000	3,090	1,788	1,405	1,111	0,902
21	GMt m	2,118	1,179	0,513	0,339	0,273	0,255
22	GML m	2,118	2,871	1,622	1,291	1,051	0,895
23	KMt m	2,391	1,452	0,786	0,612	0,546	0,528
24	KML m	2,391	3,144	1,895	1,564	1,324	1,168
25	Immersion (TPc) tonne/cm	0,000	0,023	0,025	0,027	0,027	0,028
26	MTc tonne.m	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005
27	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0	0,004	0,004	0,004	0,005	0,006



Gambar 3.4. Hidrostatik Curve



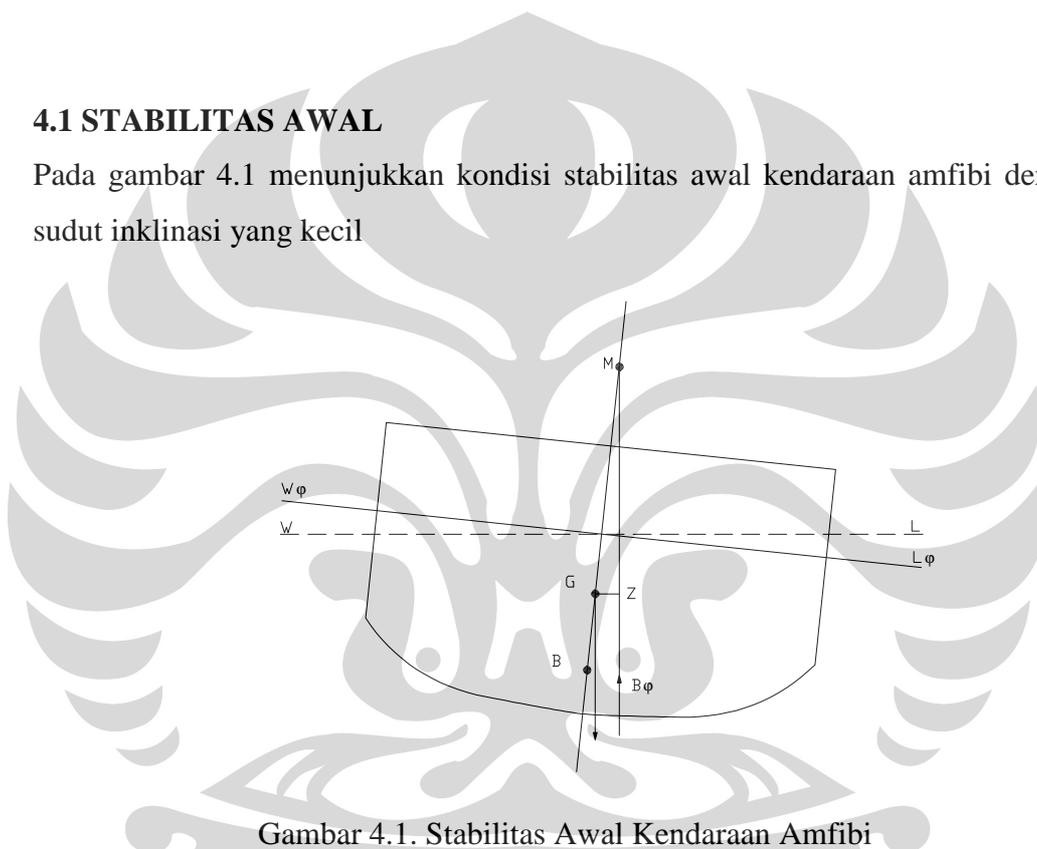
Gambar 3.5. Koefisien bentuk

BAB IV

PERHITUNGAN STABILITAS

4.1 STABILITAS AWAL

Pada gambar 4.1 menunjukkan kondisi stabilitas awal kendaraan amfibi dengan sudut inklinasi yang kecil



Gambar 4.1. Stabilitas Awal Kendaraan Amfibi

4.1.1 Perhitungan KB

Untuk mengetahui kondisi tinggi KB, maka perhitungan ini divariasikan terhadap kenaikan waterline, dimana data mengenai koefisien-koefisien bentuk dapat diketahui dari kurva hidrostatis yang telah didapatkan sebelumnya.

formula yang digunakan adalah

$$KB = d \left(\frac{C_w}{C_w + C_b} \right) \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan perhitungan berdasarkan sarat yang bervariasi:

- untuk d = 0 m = 0
- untuk d = 0,1 m = 0,053216704
- untuk d = 0,2 m = 0,105787966
- untuk d = 0,3 m = 0,159860384
- untuk d = 0,4 m = 0,212067955
- untuk d = 0,5 m = 0,263311878

4.1.2 Panjang BM

BM melintang adalah tinggi metacenter secara melintang diatas titik pusat daya apung (B) dengan Rumus

$$BM = \frac{I}{V} \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana I = moment kedua dari bidang air disekita garis tengah
 V = volume benaman (Volume displacement)

Untuk kapal yang berbentuk kotak

$$BM = \frac{I}{V} = \frac{LB^3}{12V} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$\frac{L \times B^3}{12 \times L \times B \times d} = \frac{B^2}{12 \times d} \dots\dots\dots(4.4)$$

Kemudian dari rumusan 4.4 divariasikan terhadap kenaikan draftnya :

- untuk d = 0,5 m = 0,260416667
- untuk d = 0,4 m = 0,325520833
- untuk d = 0,3 m = 0,434027778
- untuk d = 0,2 m = 0,651041667
- untuk d = 0,1 m = 1,302083333
- untuk d = 0 m = ~

4.1.3 Panjang KG

Untuk mengetahui panjang KG maka kita harus mengetahui distribusi muatan, berat masing masing komponen dan jarak titik berat yang dihitung dari baseline.

Tabel 4.1. Berat komponen utama

Item	Berat
berat lambung mesin	0,25 ton
rangka dan Peralatan	0,25 ton
berat penumpang 1	0,10 ton
berat penumpang 2	0,10 ton
berat penumpang 3	0,10 ton
barang bawaan	0,10 ton
$\Delta =$	1,05 ton

- KG pada kondisi kosong

Item	Berat (ton)	Titik berat BL	Momen BL
Berat baja	0,25	0,376	0,094
Berat permesinan	0,15	0,25	0,0375
berat rangka dan peralatan	0,25	0,25	0,0625
Σ_1	0,65	Σ_2	0,194

$$KG = \frac{\sum_2}{\sum_1} = \frac{0,194}{0,65} = 0,298462 \text{ m}$$

- KG berisi satu penumpang

Item	Berat (ton)	Titik berat BL	Momen BL
Berat baja	0,25	0,376	0,094
Berat permesinan	0,15	0,25	0,0375
berat rangka dan peralatan	0,25	0,25	0,0625
penumpang 1	0,10	0,7	0,07
barang bawaan	0,10	0,5	0,05
Σ_1	0,85	Σ_2	0,314

$$KG = \frac{\sum_2}{\sum_1} = \frac{0,314}{0,85} = 0,369412 \text{ m}$$

- KG berisi dua Penumpang

Item	Titik berat		
	Berat (ton)	BL	Momen BL
Berat baja	0,25	0,376	0,094
Berat permesinan	0,15	0,25	0,0375
berat rangka dan peralatan	0,25	0,25	0,0625
<i>penumpang 2</i>	0,20	0,7	0,14
barang bawaan	0,10	0,5	0,05
	0,95		0,384

$$KG = \frac{\sum_2}{\sum_1} = \frac{0,384}{0,95} = 0,404211 \text{ m}$$

- KG berisi tiga penumpang

Item	Berat (ton)	Titik berat BL	Momen BL
Berat baja	0,25	0,376	0,094
Berat permesinan	0,15	0,25	0,0375
berat rangka dan peralatan	0,25	0,25	0,0625
<i>penumpang 3</i>	0,30	0,7	0,21
barang bawaan	0,1	0,5	0,05
	1,05		0,454

$$KG = \frac{\sum_2}{\sum_1} = \frac{0,454}{1,05} = 0,432381 \text{ m}$$

4.1.4 Diagram Metasentra

Diagram metasentra adalah diagram yang menunjukkan tinggi metasentra dengan berbagai variasi draft (gambar 4.2)

Diagram metasentra ini berdasarkan nilai KB dan BM yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya.

Dari data yang telah didapatkan sebagai berikut :

- waterline 1

$$\text{Draft (T)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,053942777$$

$$= 1,302083333$$

- waterline 2

$$\text{Draft (T)} = 0,2 \text{ m}$$

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,107885555$$

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,651041667$$

- waterline 3

Draft (T) = 0,3 m

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,161828332$$

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,434027778$$

- waterline 4

Draft (T) = 0,4 m

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,215771111$$

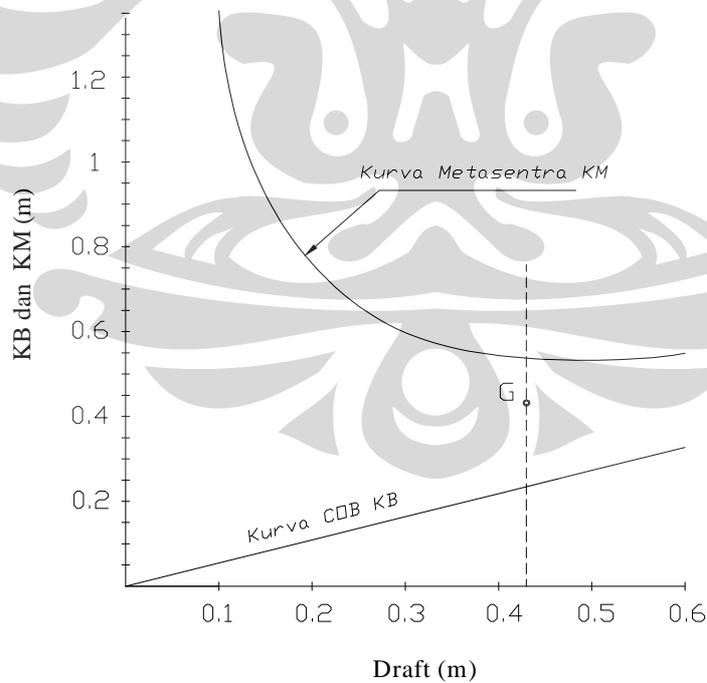
$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,325520833$$

- waterline 5

Draft (T) = 0,5 m

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,2813713887$$

$$\frac{\overline{KB}}{\overline{BM}} = 0,260416667$$



Gambar 4.2. Diagram Metacentra

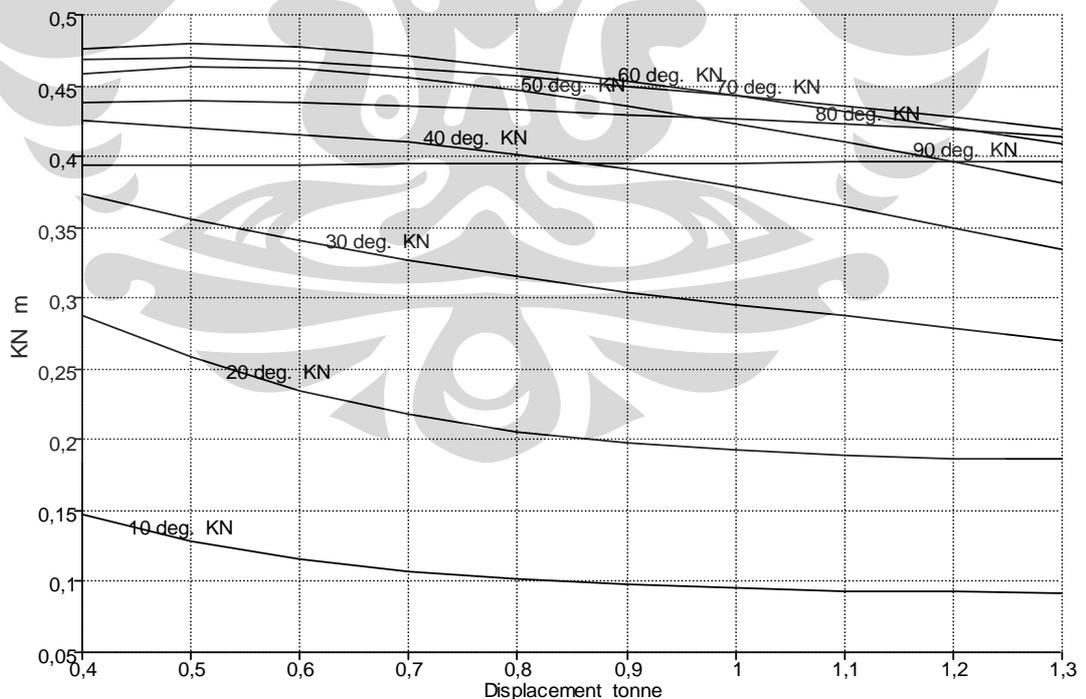
4.2 STABILITAS LANJUT

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

4.2.1 Perhitungan Cross Curve

Tabel 4.2. Cross Curve Kendaraan Amfibi

	Displacement tonne	KN 10 deg. Starb.	KN 20 deg. Starb.	KN 30 deg. Starb.	KN 40 deg. Starb.	KN 50 deg. Starb.	KN 60 deg. Starb.	KN 70 deg. Starb.	KN 80 deg. Starb.	KN 90 deg. Starb.
1	0,4	0,148	0,288	0,373	0,425	0,459	0,476	0,468	0,439	0,393
2	0,5	0,128	0,258	0,356	0,420	0,464	0,479	0,469	0,439	0,394
3	0,6	0,115	0,235	0,341	0,415	0,462	0,477	0,467	0,438	0,394
4	0,7	0,107	0,217	0,327	0,410	0,456	0,471	0,462	0,436	0,394
5	0,8	0,102	0,206	0,315	0,402	0,447	0,463	0,457	0,433	0,395
6	0,9	0,098	0,198	0,305	0,391	0,436	0,453	0,450	0,430	0,395
7	1	0,095	0,192	0,296	0,379	0,423	0,443	0,443	0,426	0,396
8	1,1	0,093	0,189	0,287	0,364	0,410	0,432	0,435	0,423	0,396
9	1,2	0,092	0,187	0,279	0,349	0,396	0,421	0,427	0,419	0,396
10	1,3	0,092	0,186	0,270	0,334	0,381	0,409	0,419	0,414	0,396



Gambar 4.3. Cross Curve

4.2.2. Pemuatan Pada Berbagai Kondisi

Untuk menganalisis kondisi stabilitas kendaraan amfibi ini diperlukan perhitungan berbagai kondisi pemuatan, yaitu berdasarkan berat muatan dan bukan berdasarkan sarat (draft). Data yang dipakai adalah kurva HSC, Cross Curve, letak KG dari baseline. Data data ini bisa dilihat di bab sebelumnya.

▪ Kondisi Kapal Kosong

No.	Uraian	satuan	nilai	keterangan
1	Displacement	ton	0,65	Berat Komponen (GK)
2	Volume	m ³	0,65	HSC
3	T	m	0,282	HSC
4	MK	m	0,643	HSC
5	GK	m	0,298462	Berat Komponen (GK)
6	MG = MK -GK	m	0,344538	

No.	ϕ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1	$\sin \phi$	0	0,1736	0,34	0,5	0,64	0,77	0,87	0,94	0,984	1
2	NK $\sin \phi$	0	0,111	0,226	0,334	0,413	0,459	0,474	0,465	0,437	0,394
3	GK $\sin \phi$	0	0,052	0,101	0,149	0,191	0,230	0,260	0,281	0,294	0,298
4	h	0	0,059	0,125	0,185	0,222	0,229	0,214	0,184	0,143	0,096

▪ Kondisi Muatan Berpenumpang satu

No.	Uraian	satuan	nilai	keterangan
1	Displacement	ton	0,85	Berat Komponen (GK)
2	Volume	m ³	0,85	dari HSC
3	T	m	0,356	dari HSC
4	MK	m	0,575	dari HSC
5	GK	m	0,369412	Berat Komponen (GK)
6	MG = MK -GK	m	0,205588	

No.	ϕ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1	$\sin \phi$	0	0,173	0,34	0,5	0,64	0,77	0,87	0,94	0,984	1
2	NK $\sin \phi$	0	0,099	0,202	0,31	0,397	0,442	0,458	0,453	0,431	0,395
3	GK $\sin \phi$	0	0,064	0,126	0,185	0,236	0,284	0,321	0,347	0,364	0,369
4	h	0	0,035	0,076	0,125	0,161	0,158	0,137	0,106	0,067	0,026

▪ **Kondisi Muatan Berpenumpang dua**

No.	Uraian	satuan	nilai	keterangan
1	Displacement	ton	0,95	Berat Komponen (GK)
2	Volume	m ³	0,95	dari HSC
3	T	m	0,393	dari HSC
4	MK	m	0,551	dari HSC
5	GK	m	0,404211	Berat Komponen (GK)
6	MG = MK -GK	m	0,146789	

No.	φ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1	sin φ	0	0,173	0,34	0,5	0,64	0,77	0,87	0,94	0,984	1
2	NK sin φ	0	0,096	0,195	0,3	0,385	0,43	0,448	0,446	0,428	0,395
3	GK sin φ	0	0,070	0,137	0,202	0,259	0,311	0,352	0,380	0,398	0,404
4	h	0	0,026	0,058	0,098	0,126	0,119	0,096	0,066	0,030	-0,009

▪ **Kondisi Muatan Berpenumpang tiga**

No.	Uraian	satuan	nilai	keterangan
1	Displacement	ton	1,05	Berat Komponen (GK)
2	Volume	m ³	1,05	dari HSC
3	T	m	0,43	dari HSC
4	MK	m	0,54	dari HSC
5	GK	m	0,432381	Berat Komponen (GK)
6	MG = MK -GK	m	0,107619	

No.	φ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1	sin φ	0	0,173	0,34	0,5	0,64	0,77	0,87	0,94	0,984	1
2	NK sin φ	0	0,094	0,191	0,291	0,372	0,417	0,437	0,439	0,424	0,396
3	GK sin φ	0	0,075	0,147	0,216	0,277	0,333	0,376	0,406	0,425	0,432
4	h	0	0,019	0,044	0,075	0,095	0,084	0,061	0,033	-0,001	-0,036

4.2.3 Kemiringan akibat adanya moment listing

Untuk mengetahui besarnya kemiringan yang diakibatkan oleh penumpang yang berada di salah satu tepi dari kendaraan amfibi ini kita dapat menggunakan rumusan :

$$Tg \varphi = \frac{G_1 G_2}{G_1 M} \dots\dots\dots(4.5)$$

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

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

$$G_1M = \frac{W \times d}{\Delta \times \text{tg}\varphi} \dots\dots\dots(4.6)$$

G_1M adalah tinggi metasentra kapal yang masih mempunyai muatan (w) ton.

- Jika pada kondisi bermuatan satu penumpang dan penumpang tersebut duduk di tepi maka kita dapat mencari sudut olengnya:

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

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

$$\text{tg}\varphi = \frac{0,1 \times 0,625}{0,85 \times 0,2055} = 0,3578$$

$$\varphi = \tan^{-1} 0,3578 = 19,68^\circ$$

- Jika pada kondisi bermuatan dua penumpang, penumpang pertama sebagai pengemudi yang letaknya dicenterline dan penumpang kedua duduk disebelah kiri, diambil jarak ekstrim d adalah 0,625 m, sudut olengnya:

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

$$\text{tg}\varphi = \frac{0,1 \times 0,625}{0,95 \times 0,1467} = 0,4484$$

$$\varphi = \tan^{-1} 0,4484 = 24,15^\circ$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. BENTUK LAMBUNG KENDARAAN AMFIBI

Telah dikemukakan sebelumnya bahwa kendaraan amfibi ini ditujukan untuk wilayah gang-gang kecil, yang sering terkena banjir setiap musim penghujan datang. Dalam kasus ini penulis mendapatkan data lebar jalan di bukit duri tebet, jakarta selatan. Lebar jalan yang sering di genangi banjir ini berkisar 1,5 – 2 m. Tidak seperti bangunan kapal yang lain, stabilitas bangunan kendaraan amfibi ini tidak dipengaruhi oleh gelombang karena gelombang yang terjadi di daerah tersebut relatif kecil. Oleh karena itu pada pembahasan stabilitas kendaraan amfibi ini hanya berdasarkan stabilitas statis saja, dimana tidak terjadi gangguan gelombang, angin yang berarti.

Seperti halnya bajaj, lambung kendaraan amfibi ini memiliki badan yang besar, sesuai dengan formula chirilla didapatkan koefisien bloknya 0.81 dan koefisien midshipnya adalah 0.99, pertimbangan dalam pemilihan koefisien bentuk ini didasarkan atas kebutuhan stabilitas yang baik, setelah kita ketahui bersama untuk mendapatkan stabilitas yang baik dapat kita peroleh dengan cara :

- perbandingan B/T yang besar
- bentuk menyerupai kotak (C_b besar)
- berat muatan yang kecil

Tetapi konsekuensinya adalah kurangnya kecepatan maksimum yang disebabkan hambatan dari bentuk lambung tersebut menjadi sangat besar, hal ini tidak menjadi masalah karena tujuan dari desain kendaraan amfibi ini bukan dari segi kecepatannya tetapi dari stabilitasnya.

5.2. STABILITAS AWAL

Hal utama yang menjadi penilaian dari stabilitas awal adalah besarnya GM atau tinggi metasentra. Besarnya GM hanya dapat diketahui jika komponen KB, KG, BM telah ditemukan. Dari perhitungan $GM = KB + BM + KG$ [m]

Perhitungan ini ditentukan dengan kondisi pemuatan.

Pada muatan kosong, displacementnya adalah 0,65 ton dari tabel hidrostatis diketahui draftnya adalah 0,282 m, dari kurva metacentra diketahui $KB = 0,15$ dan $BM = 0,46$ dan $KG = 0,2984$. maka dihasilkan $GM = 0,32$

Pada muatan penuh, displacementnya 1,05 ton dari tabel hidrostatis diketahui draftnya 0,43 m, dari kurva metacentra diketahui $KB = 0,2344$, $BM = 0,3028$ dan $KG = 0,432$. maka dihasilkan $GM = 0,1052$

Bisa kita lihat dari kurva metasentra bahwa kenaikan draft semakin membuat KM menurun hal ini sangat berpengaruh terhadap buruknya stabilitas hingga akhirnya jika titik G berada diatas titik M maka kendaraan ini dalam keadaan tidak seimbang (equilibrium).

Dari hasil perhitungan, GM akan semakin kecil jika ada penambahan muatan, hal ini dapat berakibat buruknya stabilitas, tetapi pada rancangan kendaraan amfibi ini masih memiliki cadangan GM cukup yang baik.

5.3. STABILITAS LANJUT

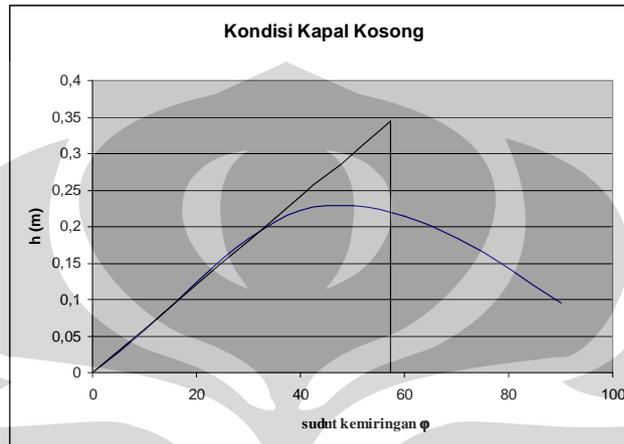
Pada stabilitas lanjut akan terjadi suatu kondisi dimana suatu kapal mengalami suatu kemiringan dengan sudut oleng yang besar. Semua ini diakibatkan oleh adanya penambahan muatan dalam hal ini adalah penumpang dan adanya perpindahan yang terjadi.

Pada pembahasan kali ini penulis menganalisa suatu kondisi pemuatan dimana setiap penambahan penumpang akan dicek stabilitasnya.

Diagram Cross Curve menunjukkan keadaan KN pada berbagai variasi sudut yang besar, sehingga diagram ini sangat berguna untuk mendapatkan kurva stabilitas statis yang akan dianalisa dalam pembahasan ini. Telah diketahui bahwa moment pengembali (GZ) adalah hasil pengurangan aksi reaksi antara gaya bouyancy dengan gaya berat displacementnya. Moment pengembali ini lah yang menjadikan kapal tegak kembali. Analisa Berbagai macam kondisi pemuatan :

5.2.1 Kondisi Tidak Ada Muatan (Kapal Kosong)

Dari grafik yang dapat kita lihat pada gambar 5.1 menunjukkan bahwa nilai righting arm maksimum berada pada 48° , stabilitasnya adalah stabilitas positif, initial MG pada kondisi displacement 0,65 ton adalah 0,344 m, pada kondisi ini stabilitas kendaraan amfibi sangat baik. Dengan momen penegak maksimumnya adalah $W \times GZ = 0,65 \text{ ton} \times 0,23 \text{ m} = 0,1495 \text{ ton.m}$



Gambar 5.1. Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal kosong

Pengecekan *IMO Recommendation* disesuaikan criteria minimum yaitu dengan kapal Container sebagai acuannya.

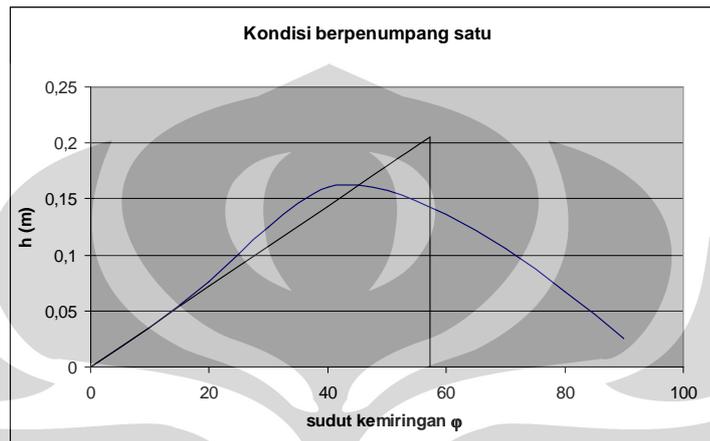
ϕ	h	FK	HG
0	0	1	0
5	0,3	4	1,2
10	0,059	2	0,118374
15	0,095	4	0,38
20	0,125	2	0,249046
25	0,159	4	0,636
30	0,185	1	0,184769
		Σ_1	2,76819

30	0,185	1	0,184769
35	0,21	4	0,84
40	0,222	1	0,221985
		Σ_2	4,014943

Luas 0 - 30	0,0805174	\geq	0,009 m.rad	memenuhi
Luas 0 - 40	0,1167814	\geq	0,016 m.rad	memenuhi
Luas 30 - 40	0,0362639	\geq	0,006 m.rad	memenuhi
ϕ maks	45°	\geq	25°	memenuhi

5.2.2 Kondisi Berpenumpang Satu

Dari grafik yang dapat kita lihat pada gambar 5.2 menunjukkan bahwa nilai righting arm maksimum berada pada 43° , stabilitasnya adalah stabilitas positif, initial MG pada kondisi displacement 0,85 ton adalah 0,207 m, pada kondisi ini stabilitas kendaraan amfibi sangat baik. Dengan momen penegak maksimumnya adalah $W \times GZ = 0,85 \text{ ton} \times 0,16 \text{ m} = 0,136 \text{ ton.m}$



Gambar 5.2. Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal bermuatan satu orang

Pengecekan *IMO Recommendation*

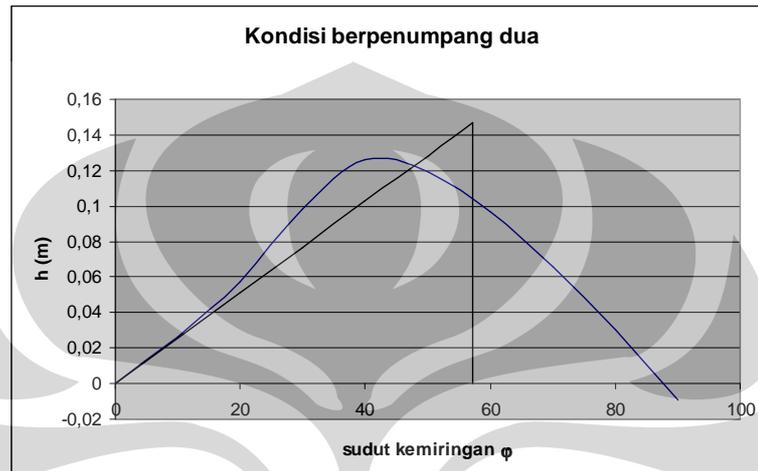
ϕ	h	FK	HG
0	0	1	0
5	0,02	4	0,08
10	0,035	2	0,0701835
15	0,058	4	0,232
20	0,076	2	0,1528
25	0,108	4	0,432
30	0,125	1	0,1252941
		Σ_1	1,0922776

30	0,125	1	0,1252941
35	0,15	4	0,6
40	0,161	1	0,1605765
		Σ_2	1,9781482

Luas 0 - 30	0,031770729	\geq	0,009 m.rad	memenuhi
Luas 0 - 40	0,057537761	\geq	0,016 m.rad	memenuhi
Luas 30 - 40	0,025767033	\geq	0,006 m.rad	memenuhi
ϕ maks	43°	\geq	25°	memenuhi

5.2.3 Kondisi Berpenumpang Dua

Dari grafik yang dapat kita lihat pada gambar 5.3 menunjukkan bahwa nilai righting arm maksimum berada pada 42° , stabilitasnya adalah stabilitas positif, initial MG pada kondisi displacement 0,95 ton adalah 0,145 m, pada kondisi ini stabilitas kendaraan amfibi baik. Dengan momen penegak maksimumnya adalah $W \times GZ = 0,95 \text{ ton} \times 0,125 \text{ m} = 0,1187 \text{ ton.m}$



Gambar 5.3. Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal bermuatan dua orang

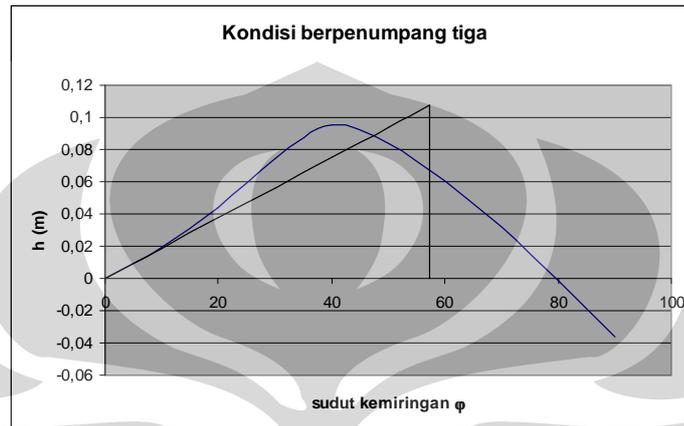
ϕ	h	FK	HG
0	0	1	0
5	0,015	4	0,06
10	0,026	2	0,0521432
15	0,040	4	0,16
20	0,058	2	0,1151368
25	0,080	4	0,32
30	0,098	1	0,0978947
		Σ_1	0,8051747

30	0,098	1	0,0978947
35	0,115	4	0,46
40	0,126	1	0,1263053
		Σ_2	1,4893747

Luas 0 - 30	0,023419859	\geq	0,009 m.rad	memenuhi
Luas 0 - 40	0,043320964	\geq	0,016 m.rad	memenuhi
Luas 30 - 40	0,019901105	\geq	0,006 m.rad	memenuhi
ϕ maks	42°	\geq	25°	memenuhi

5.2.4 kondisi berpenumpang tiga

Dari grafik yang dapat kita lihat pada gambar 5.4 menunjukkan bahwa nilai righting arm maksimum berada pada 41° , stabilitasnya adalah stabilitas positif, initial MG pada kondisi displacement 1,05 ton adalah 0,11 m, pada kondisi ini stabilitas kendaraan amfibi baik. Dengan momen penegak maksimumnya adalah $W \times GZ = 1,05 \text{ ton} \times 0,097 \text{ m} = 0,10185 \text{ ton.m}$



Gambar 5.3. Kurva stabilitas statis pada kondisi kapal bermuatan tiga orang

φ	h	FK	HG
0	0	1	0
5	0,01	4	0,04
10	0,019	2	0,0383962
15	0,032	4	0,128
20	0,044	2	0,087981
25	0,06	4	0,24
30	0,075	1	0,0748095
			0,6091867

30	0,075	1	0,0748095
35	0,09	4	0,36
40	0,095	1	0,0952762
			1,1392724

Luas 0 - 30	0,017719217	\geq	0,009 m.rad	memenuhi
Luas 0 - 40	0,033137649	\geq	0,016 m.rad	memenuhi
Luas 30 - 40	0,015418433	\geq	0,006 m.rad	memenuhi
φ maks	41°	\geq	25°	memenuhi

Dari ke-empat kondisi pemuatan dapat kita lihat bahwa seiring bertambahnya muatan akan mengurangi stabilitas statis dari kendaraan amfibi ini. Bisa kita lihat,

besarnya lengan GZ semakin mengecil dan akhirnya berimbas pada semakin berkurangnya momen pengembali pada saat kendaraan mengalami kemiringan.

5.3 DEK TERBENAM

Dari hasil perhitungan kemiringan yang terjadi pada kondisi :

- bermuatan satu penumpang didapatkan *angle of heelnya* adalah $19,68^0$ menurut teori, bisa kita cek apakah dengan kemiringan ini, dek di satu sisi tersebut akan mulai masuk air.

$$\begin{aligned}\text{Perubahan } t &= (B/2) \times \tan \varphi \\ &= (1,25/2) \times \tan 19,68 \\ &= (0,625) \times \tan 19,68 \\ &= 0,2235 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sisa Freeboard} &= H - (T + \text{perubahan } t) \\ &= 0,75 - (0,356 + 0,2235) \\ &= 0,1705 \text{ m}\end{aligned}$$

- Bermuatan dua penumpang didapatkan *angle of heelnya* adalah $24,15^0$. Menurut teori, bisa kita cek apakah dengan kemiringan ini dek di satu sisi akan mulai kemasukan air.

$$\begin{aligned}\text{Perubahan } t &= (B/2) \times \tan \varphi \\ &= (1,25/2) \times \tan 24 \\ &= (0,625) \times \tan 24 \\ &= 0,2802 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sisa Freeboard} &= H - (T + \text{perubahan } t) \\ &= 0,75 - (0,393 + 0,280) \\ &= 0,0767 \text{ m}\end{aligned}$$

Dengan kata lain kendaraan amfibi ini masih memiliki cadangan freeboard sebesar 0,1705m pada kondisi muatan satu orang dan 0,0767m pada muatan dua orang. Sehingga rancangan kendaraan amfibi ini masih dalam keadaan aman.

BAB VI

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, dapat disimpulkan bahwa perencanaan awal stabilitas kendaraan amfibi ini dapat dikatakan memiliki stabilitas yang baik, hal ini dapat kita lihat dari besarnya GM yang dihasilkan, pada berbagai kondisi. Mulai dari kondisi kosong sampai muatan penuh, dari hasil perhitungan didapatkan besarnya GM semakin kecil dengan penambahan berat (displacement) akan tetapi kurva stabilitas statis masih menunjukkan moment penegaknya bernilai positif.

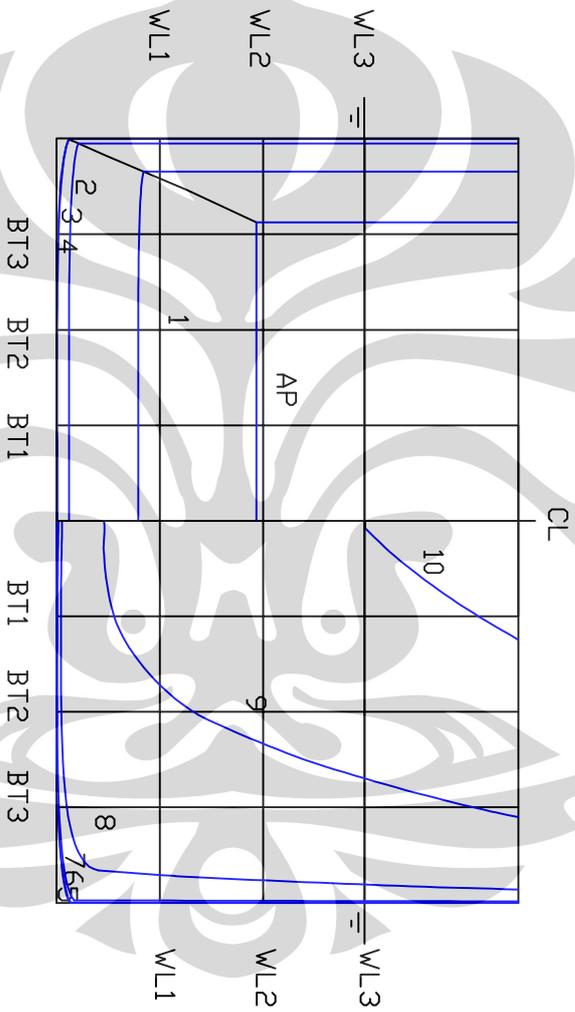
Dapat kita lihat bahwa, untuk kondisi kemiringan dengan sudut yang sangat besar, kecenderungan untuk kembali keposisinya juga sangat besar. Stabilitas kendaraan ini mampu mengatasi gangguan luar tersebut yang disebabkan oleh adanya moment kopel (Penegak) hingga kemiringan 80^0 . tetapi dengan syarat bahwa pemuatan atau gangguan yang terjadi masih dalam batas-batas normal.

Walaupun kemampuan untuk kembali ke keadaan semula memiliki angka kemiringan yang besar tetapi yang membatasi sudut kemiringan tersebut adalah batas kemiringan tepi lambung agar tidak masuk air, dari hasil perhitungan yang dilakukan kendaraan amfibi ini memiliki cadangan freeboard sebesar 0,1705 m pada kondisi muatan satu orang, dan 0,0787m pada kondisi muatan dua orang. sehingga rancangan kendaraan amfibi ini masih dalam keadaan aman.

Akhirnya, secara umum kendaraan amfibi ini layak digunakan karena sesuai dengan prinsip-prinsip stabilitas.

DAFTAR ACUAN

- [1] Toni Wicaksono, *Diktat Kuliah Teori Merancang Kapal*. (Depok:Departemen Teknik Mesin FTUI, 2004)
- [2] Dr. C. Barrass, *Ship Stability Notes and Example*, (Oxford:Butterworth Heinemann, 2001), hal. 19.
- [3] Marcus A.Talahatu, *Hidromekanika kapal 1*. (Depok: Departemen Teknik Mesin FT UI, 1985), hal. 15.
- [4] Freddy A.Samosir, “Perencanaan Awal Stabilitas Kapal Sungai Tipe Katamaran”. Skripsi, Program Sarjana, Fakultas Teknik UI, Depok, 1997, hal. 8.
- [5] A.B.Biran, *Ship Hidrostatick and Stability*, (Faculty of Mechanical Engineering, Technion, 2003), hal.32.
- [6] Marcus A.Talahatu, *Hidromekanika kapal 1*. (Depok: Departemen Teknik Mesin FT UI, 1985),hal. 45.

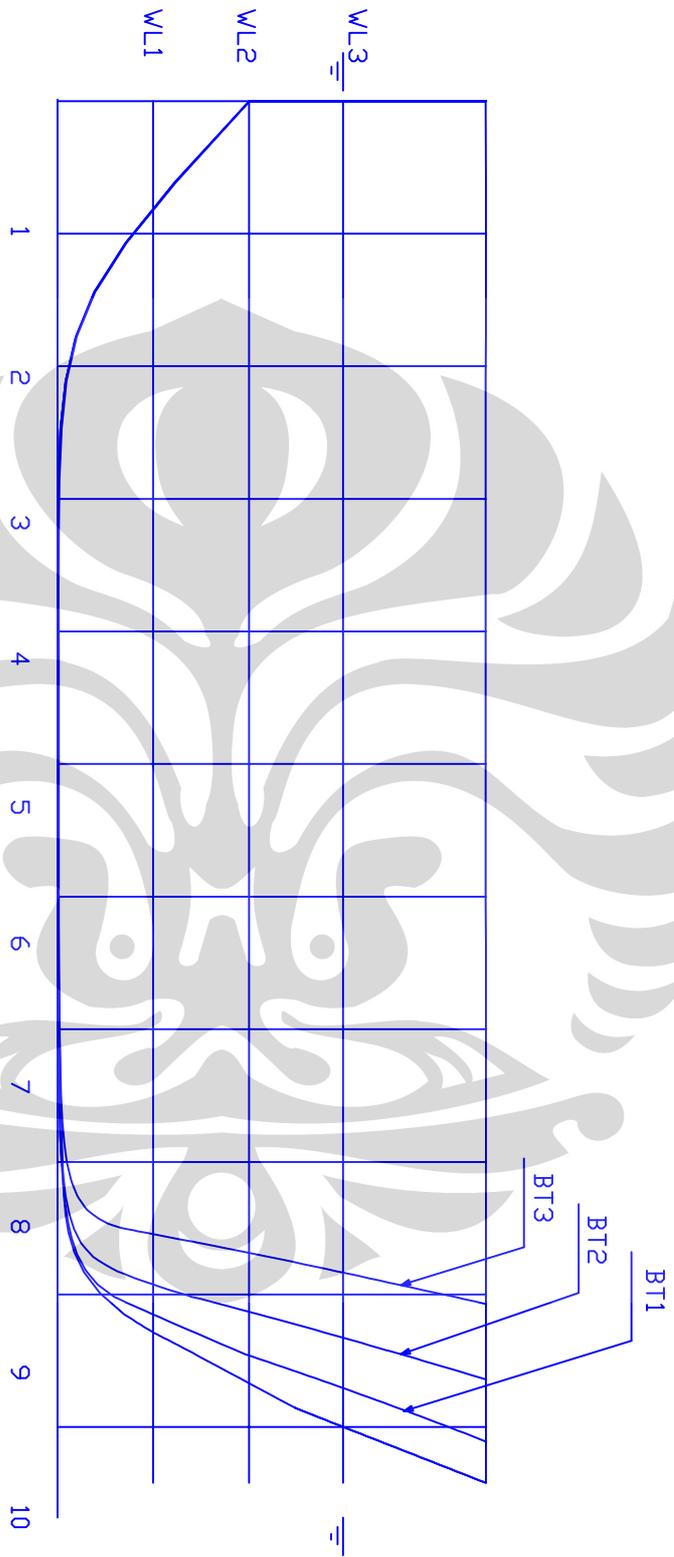


SKALA	: 1 : 12	DIGAMBAR	: WAHYU BAYU AJI	TANDA TANGAN	KETERANGAN :
SATUAN	: mm	DIPERIKSA	: IR. SUNARYO PH.D		
TANGGAL	: 20-06-2008	DISETUIJUI	: IR. SUNARYO PH.D		

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

BODY PLANE

A4

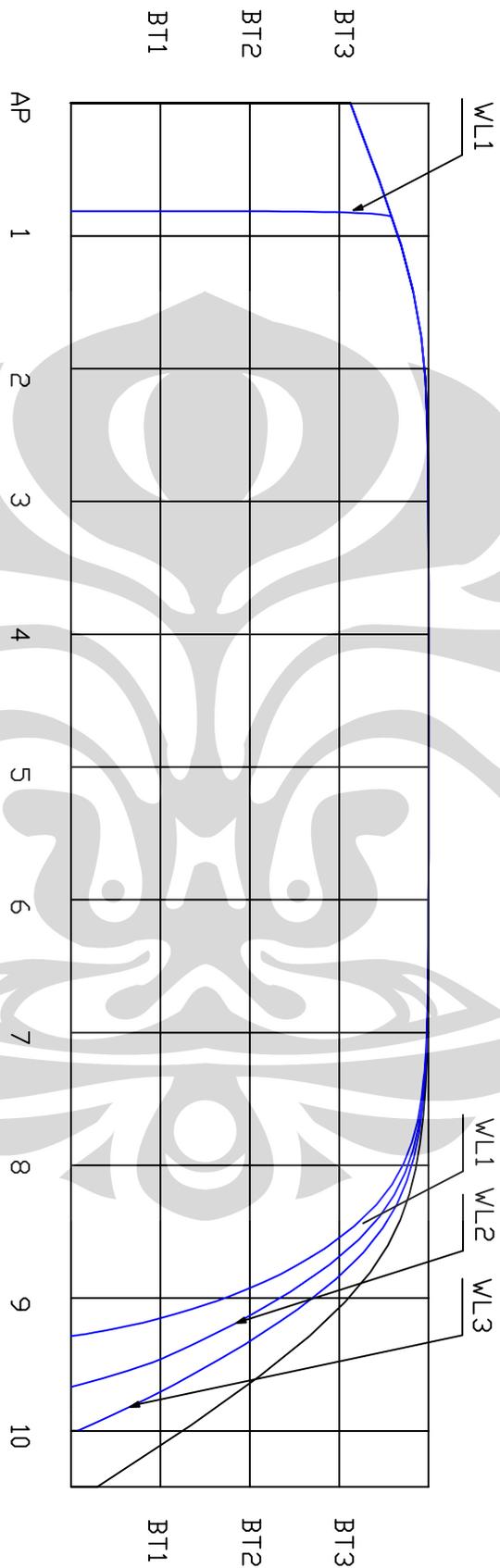


SKALA	1 : 12	DIGAMBAR	WAHYU BAYU AJI	TANDA TANGAN	KETERANGAN :
SATUAN	mm	DIPERIKSA	IR. SUNARYO PH.D		
TANGGAL	20-06-2008	DISETUIJUI	IR. SUNARYO PH.D		

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

SHEER PLANE

A4

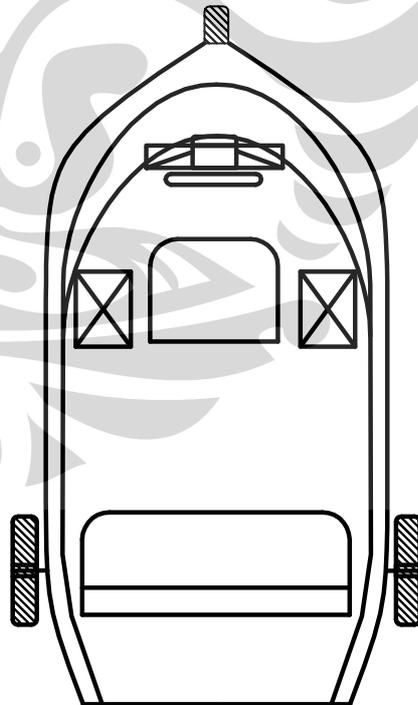
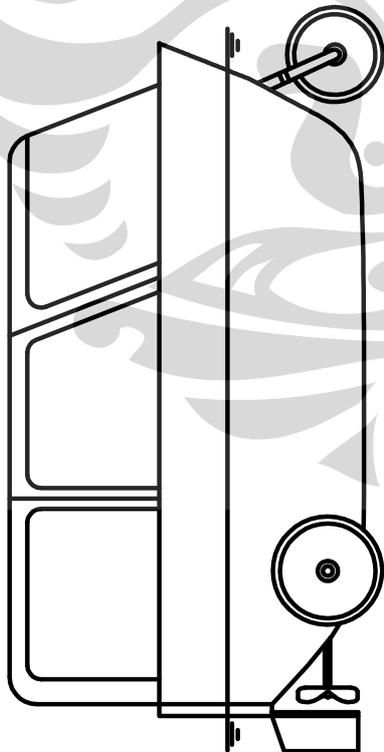
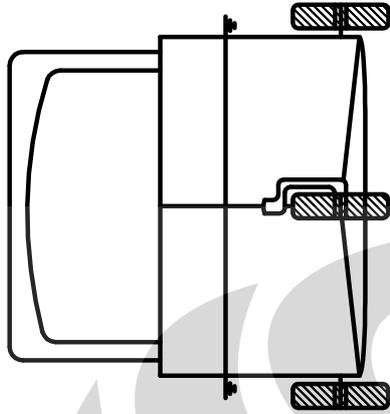


SKALA	: 1 : 12	DIGAMBAR	: WAHYU BAYU AJI	TANDA TANGAN	KETERANGAN :
SATUAN	: mm	DIPERIKSA	: IR. SUNARYO PH.D		
TANGGAL	: 20-06-2008	DISETUIJUI	: IR. SUNARYO PH.D		

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

HALF BREADTH PLANE

A4



SKALA	1 : 12	DIGAMBAR	WAHYU BAYU A.JI	TANDA TANGAN	KETERANGAN
SATUAN	mm	DIPERIKSA	IR. SUNARYO Ph.D		
TANGGAL	20-06-2008	DISETUJUI	IR. SUNARYO Ph.D		
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA			GENERAL ARRANGEMENT		A4