

81361/H/08



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

RSPe  
623.821  
Prn  
P-1  

---

2008

TUGAS AKHIR - LK 1347

# PERENCANAAN KAPAL CEPAT ANGKUT PASUKAN DENGAN LAMBUNG KATAMARAN UNTUK KAWASAN INDONESIA TIMUR

BRAMADITA UNGGUL PRAYOGO  
NRP. 4102 100 038

Dosen Pembimbing  
Ir. I Gusti Made Santosa

| PERPUSTAKAAN<br>I T S |         |
|-----------------------|---------|
| Tgl. Terima           | 10-2-08 |
| Terima Dari           | H'      |
| عدد Prp.              | 230163  |

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2008

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERENCANAAN KAPAL CEPAT ANGKUT PASUKAN DENGAN LAMBUNG KATAMARAN UNTUK KAWASAN INDONESIA TIMUR

### TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi Perencanaan  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**BRAMADITA UNGGUL PRAYOGO**  
Nrp. 4102 100 038

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. I Gusti Made Santosa



Surabaya, 21 Februari 2008



# PENGESAHAN REVISI

## TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Tugas Akhir

Tanggal 31 Januari 2008

Bidang Studi Perencanaan  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dengan judul :

**PERENCANAAN KAPAL CEPAT ANGKUT PASUKAN  
DENGAN LAMBUNG KATAMARAN  
UNTUK KAWASAN INDONESIA TIMUR**

Oleh :

**BRAMADITA UNGGUL PRAYOGO  
NRP. 4102 100 038**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. I Gusti Made Santosa



Surabaya, 11 Februari 2008

**PERENCANAAN KAPAL CEPAT ANGKUT PASUKAN  
DENGAN LAMBUNG KATAMARAN  
UNTUK KAWASAN INDONESIA TIMUR**

Oleh : Bramadita Unggul Prayogo  
NRP : 4102 100 038  
Dosen Pembimbing : Ir. I Gusti Made Santosa  
NIP : 130 359 269

**ABSTRAK**

Katamaran adalah kapal yang mempunyai dua lambung kembar yang terpisah pada jarak tertentu untuk mendapatkan hambatan yang kecil dan stabilitas melintang yang baik, dan kedua lambung tersebut dihubungkan dengan sebuah *bridging structure*. Dengan karakteristik seperti ini kapal katamaran mempunyai keuntungan, yaitu: (i) area geladak yang lebih besar, (ii) hambatan yang lebih kecil, (iii) stabilitas kapal yang lebih baik.

Sementara di Indonesia aplikasi bentuk lambung katamaran pada kapal militer belum dilakukan. Padahal dengan karakteristik yang dimilikinya, kapal katamaran bisa mempunyai kecepatan tinggi, dan ruang yang lebih besar. Sangat sesuai untuk kapal angkut pasukan.

Dalam Tugas Akhir ini, proses optimasi kapal cepat angkut pasukan dengan lambung katamaran dilakukan. Dari hasil proses ini, ukuran utama optimal yang didapatkan adalah sebagai berikut:  $L_{pp} = 63.5$  m,  $B_m = 20$  m,  $B_1 = 4.732$  m,  $H = 6.5$  m,  $T = 3.17$  m, dan  $V = 30$  knot.

Kata kunci: *kapal angkut pasukan, katamaran, optimasi*

**PLANNING THE FAST SHIP OF CARRYING TROOPS  
WITH CATAMARAN HULL FORM  
FOR EASTERN INDONESIA REGION**

By : Bramadita Unggul Prayogo  
NRP : 4102 100 038  
Supervisor : Ir. I Gusti Made Santosa  
NIP : 130 359 269

**ABSTRACT**

Catamaran is a twin-hulled vessel, which separated each other at certain distance to gain low drag and good transverse stability, and these two hulls are connected by a bridging structure. With this characteristic catamaran ship has advantages, (i) wider deck area, (ii) lower drag, (iii) better ship stability.

While in Indonesia the using of catamaran hull formed into naval vessel has not yet been done. Whereas by its characteristic, catamaran ship can has high speed, and bigger space. Very well for ship carrying troops.

In this final assignment, the optimization for ship carrying troops principal dimension are done. From this process, the optimum principal dimension are :  $L_{pp} = 63.5$  m,  $B_m = 20$  m,  $B_1 = 4.732$  m,  $H = 6.5$  m,  $T = 3.17$  m, dan  $V = 30$  knots.

Key note : *ship carrying troops, catamaran, optimization*



## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb,

Puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang memberikan hidayah, petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan pada junjungan kita Nabi Besar Muhammad Rasulullah SAW yang telah memberikan petunjuk jalan kebenaran bagi kita semua.

Tugas akhir ini dapat penulis selesaikan dengan baik berkat dukungan serta bantuan baik langsung maupun tidak langsung dari semua pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan hidup dan kehidupan pada kita semua.
2. Junjungan kita Nabi Muhammad SAW atas petunjuk jalan kebenaran bagi umat manusia.
3. Bapak dan Ibu tercinta atas curahan kasih sayang, doa, dan nasehat kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan perkuliahan dan Tugas Akhir ini.
4. Mas Eddy, semoga sukses dalam pekerjaan. Indrastomo dan Pramesti, semoga mendapat nilai yang baik dalam UAN, dan sukses dalam menuntut ilmu.
5. Keluarga besar Nginden Kota II / 26 Surabaya : Mbah Mijan, Mbah Alimah, Mas Tofa, Mbak Tus, Mbak Elok dan keluarga, serta Bude Sumarni dan keluarga. Terima kasih atas kebaikan-kebaikan dan kehangatan yang penulis dapatkan selama lima setengah tahun ini. Dan penulis juga memohon maaf apabila penulis pernah melakukan kesalahan yang tidak penulis sadari selama ini.
6. Bapak Ir. I Gusti Made Santosa, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. sebagai Ketua Jurusan Teknik Perkapalan-FTK-ITS dan dosen wali penulis selama kuliah di Teknik Perkapalan.
8. Komando Armada Timur RI yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan survey dan pengambilan data dan informasi berkenaan dengan Tugas Akhir ini, khususnya kepada Mayor (Laut) Chairul Anam atas data-data dan informasi penting yang telah penulis dapatkan dan Sersan Dua Kusrin atas kesediaannya mendampingi penulis selama melakukan peninjauan ke kapal-kapal LST dan wawancara kepada para pelaut yang bertugas.
9. Teman seperjuangan Tugas Akhir, Hari Prasetyo.
10. Teman-teman seperjuangan angkatan 2002, khususnya Arif Sulistyawan atas kiriman software Maxsurf 11.12-nya.
11. Teman-teman kost di Keputih Gg. Makam Blok D / 2 : Iwan (thanx atas pinjaman sepeda motornya), Udin, Arya, Adit, Sofan (semoga cepat dapat kerja), Ammar, Rohan (semoga cepat lulus), Koko, Rohman, Novarianto (Ucil), Tyan, Tori, Alengga dan lainnya yang telah memberikan semangat kebersamaan.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis meminta maaf jika terjadi kesalahan karena "tidak ada manusia yang sempurna". Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Februari 2008  
Penulis

# DAFTAR ISI

## HALAMAN JUDUL

|                         |      |
|-------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN ..... | i    |
| PENGESAHAN REVISI ..... | ii   |
| ABSTRAK.....            | iii  |
| ABSTRACT .....          | iv   |
| KATA PENGANTAR.....     | v    |
| DAFTAR ISI .....        | vi   |
| DAFTAR GAMBAR.....      | viii |
| DAFTAR TABEL .....      | ix   |

## BAB I PENDAHULUAN

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang .....             | 1 |
| 1.2 Permasalahan .....               | 1 |
| 1.3 Batasan Masalah .....            | 2 |
| 1.4 Tujuan .....                     | 2 |
| 1.5 Manfaat Hasil Tugas Akhir.....   | 2 |
| 1.6 Hipotesis .....                  | 2 |
| 1.7 Konseptual Model Penelitian..... | 3 |
| 1.8 Metode Penelitian.....           | 4 |
| 1.9 Sistematika Laporan .....        | 5 |

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Kapal Katamaran .....  | 7  |
| 2.1.1 Tinjauan Umum .....  | 7  |
| 2.1.2 Jenis Bentuk Lambung Katamaran .....                                 | 8  |
| 2.2 Kapal Angkut Pasukan Katamaran .....                                   | 10 |
| 2.3 Analisa Regresi .....  | 12 |
| 2.4 Metode Optimasi .....  | 12 |
| 2.4.1 Constrained Non-linear Optimization Technique .....                  | 13 |
| 2.4.2 Generalized Reduced Gradient Method.....                             | 13 |
| 2.4.3 Faktor-faktor yang Terlibat dalam Proses Optimasi Ukuran Utama ..... | 14 |
| 2.5 Aspek Teknis Perencanaan Kapal.....                                    | 15 |
| 2.5.1 Rasio Ukuran Utama .....   | 15 |
| 2.5.2 Hambatan pada Katamaran.....   | 16 |
| 2.5.3 Dasar Perhitungan Lambung Timbul .....                               | 18 |
| 2.5.4 Berat Kapal .....  | 18 |
| 2.5.4.a Light Weight Ton (LWT) .....                                       | 18 |
| 2.5.4.b Dead Weight Ton (DWT) .....  | 19 |
| 2.5.5 Stabilitas .....   | 19 |
| 2.5.5.a Dasar Perhitungan Stabilitas.....                                  | 20 |
| 2.5.6 Tinjauan Ekonomis Kapal .....  | 22 |
| 2.5.6.1 Biaya Pembangunan Kapal .....                                      | 22 |
| 2.5.6.2 Biaya Operasi Kapal.....   | 22 |



### **BAB III TINJAUAN DAERAH**

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Tinjauan Umum .....  | 23 |
| 3.1.1 Tugas Pokok Komando Armada Timur .....                         | 25 |
| 3.1.2 Struktur Organisasi beserta kewajibannya .....                 | 27 |
| 3.2 Kondisi Perairan .....   | 30 |
| 3.2.1. Kondisi Perairan .....  | 30 |
| 3.2.2. Klimatologi .....   | 31 |
| 3.3. Fungsi dan Peranan Penggunaan Kapal Angkut Pasukan Katamaran .. | 31 |
| 3.4. Jumlah Armada Kapal Perang TNI AL Secara Umum .....             | 33 |

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

|  |    |
|--|----|
| 4.1. Perencanaan Ukuran Utama Kapal .....          | 35 |
| 4.1.1. Perencanaan Kapasitas .....                 | 35 |
| 4.1.2. Design Variable .....                       | 35 |
| 4.1.3 Batasan-batasan ( <i>Constraints</i> ) ..... | 36 |
| 4.1.4 Fungsi Objektif .....                        | 36 |
| 4.2. Model Optimasi .....                          | 37 |
| Hasil Optimasi .....                               | 42 |
| 4.3. Penggambaran Rencana Garis .....              | 42 |
| 4.4. Penggambaran Rencana Umum .....               | 42 |
| 4.5. Stabilitas .....                              | 42 |
| 4.6. Hambatan .....                                | 46 |
| 4.7. Daya Mesin Kapal .....                        | 49 |
| 4.8. Perhitungan Displacement .....                | 49 |
| 4.9. Dasar Perhitungan Lambung Timbul .....        | 52 |
| 4.10. Penentuan Jumlah Crew .....                  | 53 |
| 4.11. Perencanaan Konstruksi .....                 | 53 |
| 4.12. Perhitungan Tangki-tangki .....              | 54 |
| 4.13. Ruang Akomodasi .....                        | 54 |
| 4.14. Peralatan Kapal .....                        | 54 |
| 4.15. Perhitungan Biaya .....                      | 55 |

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 5.1. Kesimpulan ..... | 57 |
| 5.2. Saran .....      | 57 |

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1.1. Konseptual Model Penelitian .....                                      | 3  |
| Gambar 2.1. Penampang Kapal Katamaran dan bagian-bagiannya Secara Umum.....        | 8  |
| Gambar 2.2. Bentuk Dasar Lambung Katamaran.....                                    | 9  |
| Gambar 2.3. Bentuk Lambung Katamaran berdasarkan aliran air.....                   | 9  |
| Gambar 2.4. Bridging Structure.....  | 11 |
| Gambar 2.5. Stabilitas Oling .....   | 21 |
| Gambar 3.1. Pembagian wilayah operasi Armada Barat dan Armada Timur.....           | 23 |
| Gambar 3.2. Letak jalur Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI).....                  | 25 |
| Gambar 3.3. Struktur Organisasi Komando Armada Timur.....                          | 27 |
| Gambar 3.4. Karakter perairan Indonesia .....                                      | 30 |
| Gambar 4.1. Model Optimasi kapal cepat angkut pasukan katamaran.....               | 38 |
| Gambar 4.2. Tampilan Solver Parameter.....   | 39 |
| Gambar 4.3. Penentuan <i>Set target cell</i> dan <i>equal to</i> .....             | 39 |
| Gambar 4.4. Tampilan Solver parameter dengan <i>By changing cell</i> .....         | 40 |
| Gambar 4.5. Tampilan Solver parameter pada saat memasukkan <i>constraint</i> ..... | 40 |
| Gambar 4.6. Tampilan Solver parameter dengan <i>constraint</i> .....               | 41 |
| Gambar 4.7. Tampilan Solver parameter dengan melihat <i>Solver Options</i> ....    | 41 |
| Gambar 4.8. Tampilan hasil optimasi setelah solusi optimal ditemukan.....          | 42 |

## DAFTAR TABEL

|  |       |
|--|-------|
| Tabel 4.1. Daftar Kapal Pembanding Hasil Survey .....                            | 35    |
| Tabel 4.2. Tabel nilai GZ, Lstatis, L dinamis .....                              | 45-46 |
| Tabel 4.3. Ukuran Model Towing Test C <sub>5</sub> Round Bilge Hull .....        | 47    |
| Tabel 4.4. Harga $\beta$ untuk katamaran terhadap S/L dan L/B <sub>1</sub> ..... | 47    |
| Tabel 4.5. Harga (1+k) untuk mono hull terhadap L/B <sub>1</sub> .....           | 47    |
| Tabel 4.6. Harga $\tau$ untuk katamaran terhadap Fn dan S/L.....                 | 48    |
| Tabel 4.7. Harga C <sub>w</sub> untuk katamaran terhadap Fn dan L/B.....         | 48    |
| Tabel 4.8. Distribusi Beban .....  | 51    |



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia menyebabkan TNI AL sebagai institusi yang berwenang dalam pertahanan laut membagi kewenangan dan tanggung jawab terhadap wilayah perairan Indonesia kedalam dua komando militer, yaitu Komando Armada Barat (Koarmabar) yang berpusat di Jakarta dan Komando Armada Timur (Koarmatim) yang berpusat di Surabaya.

Wilayah Indonesia Timur yang menjadi wewenang dan tanggung jawab Koarmatim memiliki karakteristik terdiri dari banyak kepulauan kecil yang sangat rentan terhadap penyusupan dan pencaplokan oleh negara tetangga (terutama pulau – pulau yang berada di dekat perbatasan negara). Sedangkan kapal katamaran memiliki karakteristik bersarat rendah sehingga akan mudah bagi kapal tersebut untuk berlayar ke wilayah – wilayah tersebut dengan cepat dan aman tanpa khawatir terjadi resiko kandas. Sehingga kapal ini sangat sesuai digunakan dalam operasi militer.

Fungsi kapal ini tidak hanya selalu digunakan dalam kondisi konflik ataupun operasi militer, namun pada masa damai pun juga bisa digunakan. Seperti halnya kendaraan – kendaraan angkut militer lainnya, kapal ini pun bisa digunakan untuk keperluan sipil, misalnya jika terjadi penanganan bencana alam yang memerlukan evakuasi secara cepat, maupun pada saat hari raya seperti Idul Fitri dimana kebutuhan sarana transportasi, dalam hal ini transportasi laut sangat dibutuhkan.

Penggunaan lambung berbentuk katamaran ini sendiri sudah banyak dilakukan, terutama pada kapal – kapal penumpang seperti kapal ferry dan kapal wisata. Bentuk lambung ini digunakan karena memiliki luasan geladak yang cukup besar dan memiliki stabilitas yang baik sehingga memberikan kenyamanan bagi penumpangnya. Kegunaan kapal katamaran sebagai kapal penumpang seyogyanya bisa diaplikasikan pada kapal militer, khususnya kapal angkut pasukan. Sehingga perlu dirancang kapal cepat angkut pasukan dengan lambung katamaran yang beroperasi di kawasan Indonesia timur.

Pada tugas Akhir ini, penulis akan merencanakan dan mengaplikasikan bentuk lambung katamaran pada kapal cepat angkut pasukan, dan hasilnya akan dituangkan dalam gambar *Lines Plan* dan *General Arrangement*.

## 2 Permasalahan

Dengan melihat latar belakang di atas, maka penulis perlu menentukan perumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini sebagai berikut :

- Bagaimana merencanakan sebuah kapal cepat angkut pasukan dengan lambung katamaran yang mampu beroperasi di wilayah Indonesia bagian timur.
- Bagaimana menentukan ukuran utama kapal yang optimal dan perencanaan bentuk lambung kapal dengan bentuk *hull catamaran*, yang akhirnya akan diperoleh *Lines Plan* dan *General Arrangement*.



### 1.3 Batasan Masalah

Mengingat waktu penyusunan tugas akhir ini yang cukup singkat. Maka diperlukan batasan-batasan masalah agar proses penulisan lebih terarah. Adapun batasan masalah tersebut sebagai berikut :

- Hambatan kapal dihitung menggunakan rumus dari paper M. Insel, Ph.D. dan A.F. Molland , M.Sc., Ph.D., C.Eng.
- Pengerjaan dilakukan hingga Lines Plan dan General Arrangement.
- Dalam perancangan ini, kapal katamaran ini menggunakan material baja.
- Daerah pelayaran dalam perancangan kapal angkut pasukan dengan lambung katamaran ini adalah perairan Indonesia Timur.
- Tidak membahas perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.

### 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan desain kapal cepat angkut pasukan dengan bentuk lambung katamaran yang sesuai untuk perairan Indonesia timur.

### 1.5 Manfaat Hasil Tugas Akhir

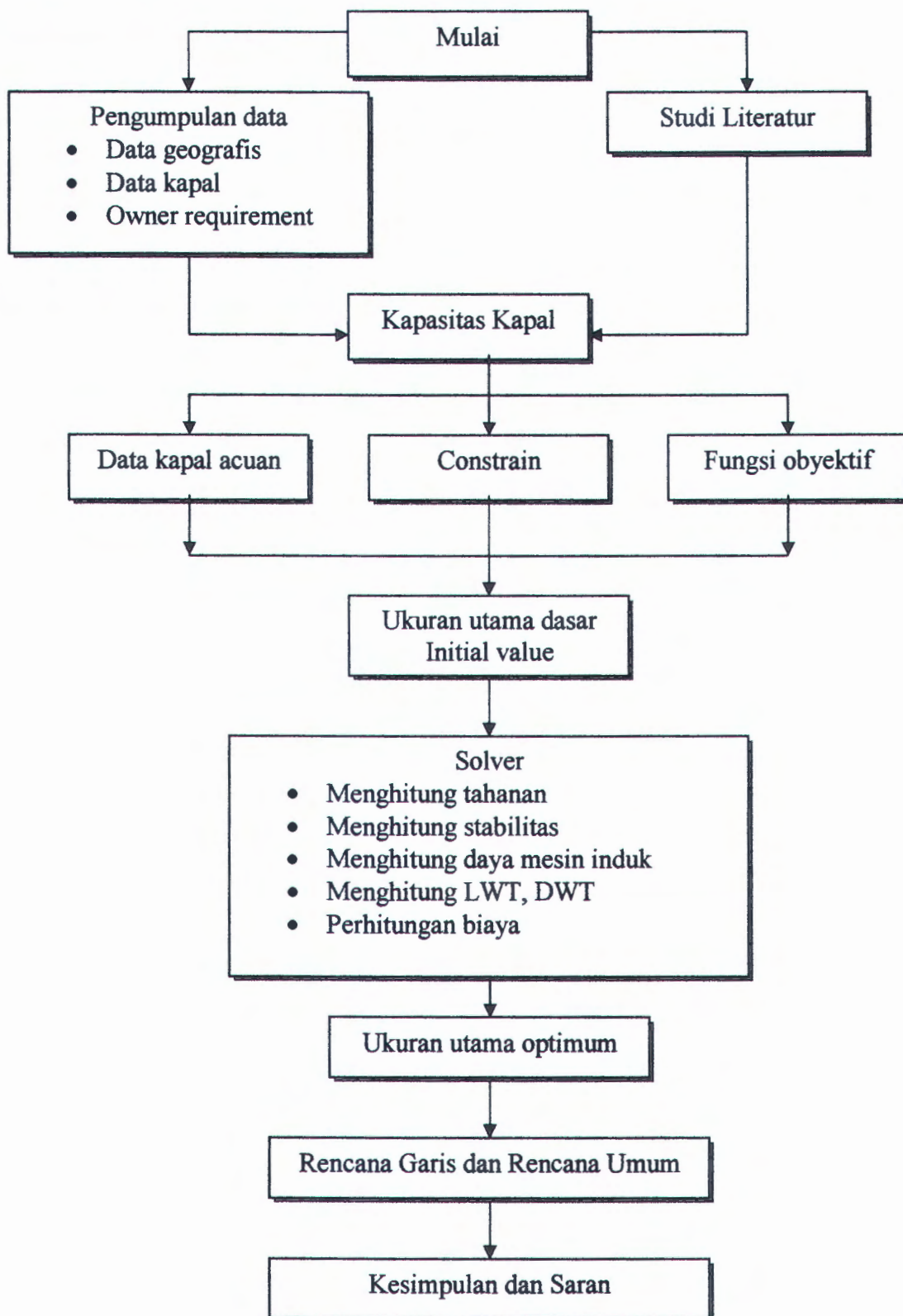
Manfaat yang akan diperoleh dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah :

- Dapat memberikan masukan dan informasi tentang kapal cepat angkut pasukan dengan lambung katamaran ini kepada pihak – pihak yang terkait dan berwenang.
- Memberikan kenyamanan kepada pasukan yang diangkut, sehingga menambah moral pasukan sebelum ditempatkan di daerah operasi.
- Menambah alternatif desain bagi kapal angkut pasukan di Indonesia.

### 1.6 Hipotesis

Kapal cepat angkut pasukan dengan lambung katamaran ini dapat mengangkut pasukan infanteri dengan jumlah satuan standar dengan kecepatan yang tinggi.

### 1.7 Konseptual Model Penelitian



Gambar 1.1. Konseptual Model Tugas Akhir  
 “Perencanaan Kapal Cepat Angkut Pasukan Dengan Lambung Katamaran Untuk Kawasan  
 Indonesia Timur ”



## 1.8 Metodologi Penelitian

### 1.8.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penulisan ini bersumber dari:

- a. Data primer yaitu data yang diperoleh dari pengamatan dan wawancara langsung dari pihak terkait.
- b. Data sekunder merupakan perolehan data dari literature, paper, jurnal guna menunjang data yang ada.

### 1.8.2. Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data yang digunakan dalam penulisan ini melalui tiga tahap yaitu:

- a. Studi Pendahuluan  
Tahap ini dilakukan agar mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh aparat pengawas kelautan untuk dibahas dalam penelitian ini.
- b. Survey Lapangan  
Tahap ini dilakukan untuk pengumpulan data atau informasi yang diperlukan dalam penelitian.

### 1.8.3. Pengolahan Data

Pengolahan data tugas akhir ini terdiri dari langkah-langkah berikut ini :

- a. Mencari data kapal pembanding yang ada.  
Mencari data kapal angkut pasukan yang ada di Indonesia dan kapal pembanding katamaran. Karena sifat katamaran dan pentingnya aspek kecepatan daya muat pada kapal angkut pasukan, maka *design requirement* yang dianalisis adalah panjang kapal.
- b. Pembuatan Model Optimasi  
Penentuan *initial value* didapat dari kapal pembanding katamaran yang mempunyai panjang pada kisaran yang sama dengan kapal angkut pasukan yang direncanakan. *Constraints* didapat dari makalah Insel-Molland dan juga dari kapal pembanding yang ada. *Objective function* dari optimasi ini adalah total biaya pembangunan.
- c. Perhitungan dan analisa teknis.  
Setelah penentuan *initial value*, *constraints*, *parameter* dan *objective function* dilakukan, maka dilakukan perhitungan berat total, hambatan, stabilitas dan juga perhitungan daya mesin, serta harga dari komponen-komponen kapal yang ada.
- d. Pelaksanaan optimasi.  
Dari pembuatan model optimasi dan perhitungan dan analisa teknis, maka pelaksanaan optimasi dilakukan dengan menggunakan *tool* Microsoft Excel yakni Solver.
- e. Hasil dan diskusi.  
Dari perhitungan dan pelaksanaan optimasi maka, didapatkan ukuran utama yang optimal. Karena proses optimasi adalah iterasi, maka perhitungan hambatan, berat total, daya mesin dan harga secara otomatis terhitung.
- f. Penggambaran *Lines Plan* dan *General Arrangement*.  
Penggambaran *Lines Plan* dan *General Arrangement* dapat dilakukan setelah ukuran utama yang optimal sudah dihasilkan. dengan bantuan software Maxsurf dan AutoCAD.



## 1.9 Sistematika Laporan

### BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan secara umum dan singkat meliputi latar belakang masalah Tugas akhir yang sedang disusun, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, metodologi penelitian serta sistematika penulisan yang akan dibahas.

### BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang berhubungan dengan kapal katamaran, ukuran utama kapal, *software* yang akan digunakan pada tugas akhir ini serta teori-teori lain yang mendukung tugas akhir ini.

### BAB III. TINJAUAN DAERAH

Berisi penjelasan secara umum tentang keadaan geografis, karakteristik perairan di Indonesia bagian timur, semisal tinggi gelombang, kecepatan angin dan sebagainya. Bab ini juga berisi tentang kondisi perairan serta jumlah kapal perang milik TNI-AL yang beroperasi di kawasan tersebut.

### BAB IV. ANALISA DAN PERHITUNGAN

Pada bab ini dibahas mengenai analisa teknis mengenai hasil dari perhitungan ukuran utama yang sudah dioptimalkan oleh *software excel* yakni Solver. Juga menganalisa stabilitas, berat *lightweight tonnage (LWT)*, hambatan, dan *freeboard* yang dihasilkan dari ukuran utama yang sudah dioptimalkan tersebut.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran-saran sebagai tindak lanjut dari permasalahan yang dibahas.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kapal Katamaran

#### 2.1.1. Tinjauan Umum

Katamaran adalah kapal yang mempunyai dua lambung kembar ( *twin hulls* ), yang berada terpisah pada jarak tertentu untuk mendapatkan hambatan yang kecil dan stabilitas melintang yang baik, dan kedua lambung tersebut dihubungkan dengan struktur *bridging* ( *bridging structure* ). Kedua lambung tersebut biasanya berbentuk simetris, namun juga bisa asimetris. Pada katamaran yang simetris masing – masing lambung tersebut disebut sebagai *demihull*, sedangkan pada katamaran yang asimetris lambung yang kecil disebut sebagai *proa*. Karena mempunyai dua lambung dan jarak pisah diantara keduanya, kapal katamaran mempunyai karakteristik stabilitas yang baik ( Lamb, 2004 ).

Kapal cepat katamaran dibangun untuk memanfaatkan keuntungan yang dimiliki oleh karakteristik kapal ini, yaitu :

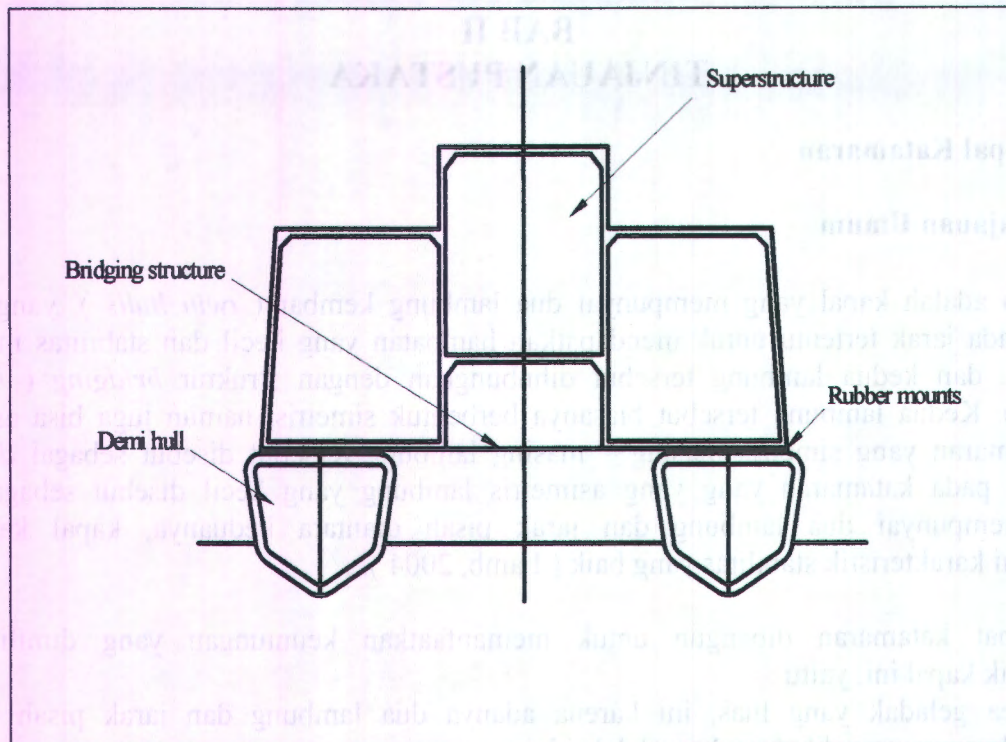
- Area geladak yang luas, ini karena adanya dua lambung dan jarak pisah diantara keduanya, yang dihubungkan oleh *bridging structure*.
- Berkurangnya hambatan lambung ( *hull resistance* ), karena bentuk masing – masing lambung yang ramping ( L/B besar ), sehingga bisa didapatkan kecepatan yang tinggi dan atau konsumsi bahan bakar yang rendah.
- Meningkatkan tingkat keamanan, karena adanya dua lambung dan jarak pisah diantara keduanya, maka kapal katamaran secara alami mempunyai stabilitas yang baik.
- Bisa didapatkan lay out yang menarik sebagai hasil dari lebar geladak yang dimilikinya.

Kapal katamaran mempunyai tiga struktur / komponen utama, yaitu :

- Kedua lambung ( *twin hulls* ), yang sebagaimana kapal monohull lainnya menyediakan gaya *buoyancy*, dan tempat penempatan mesin propulsi.
- *Bridging structure*, struktur geladak diantara dua lambung. Struktur ini memberikan kekuatan melintang pada kapal.
- *Superstructure*, yang ditempatkan diatas kedua lambung dan *bridging structure*. Bagian ini berisi ruang akomodasi penumpang.

Antara lambung–lambung katamaran dengan *bridging structure* terdapat *rubber mounts*. Hal ini dimaksudkan agar tidak ada beban struktur yang ditransmisikan ke *superstructure*, sehingga ini akan menjaga penumpang atau pasukan dari kebisingan dan getaran yang berasal dari sistem propulsi. Adapun sketsa bagian – bagian kapal katamaran secara umum adalah sebagai berikut :





Gambar 2.1. Penampang kapal katamaran dan bagian – bagiannya secara umum

Dari gambar di atas, dapat dilihat ciri – ciri yang paling menonjol dari kapal katamaran secara visual adalah : *demi hull* dan *bridging structure*. Kedua *demi hull* ini dapat dianggap sebagai ” sepasang kaki ” lambung yang menopang kapal katamaran secara keseluruhan. Sedangkan *bridging structure* dapat dianggap sebagai ” jembatan penghubung ” yang menghubungkan kedua *demi hull* katamaran tersebut. Kombinasi unik inilah yang membuat kapal katamaran mempunyai luasan geladak ekstra jika dibandingkan dengan luasan geladak yang dipunyai oleh kapal berlambung monohull dengan panjang dan lebar kapal yang sama. Selain itu luasan geladak kapal katamaran akan bertambah seiring dengan bertambahnya panjang kapal.

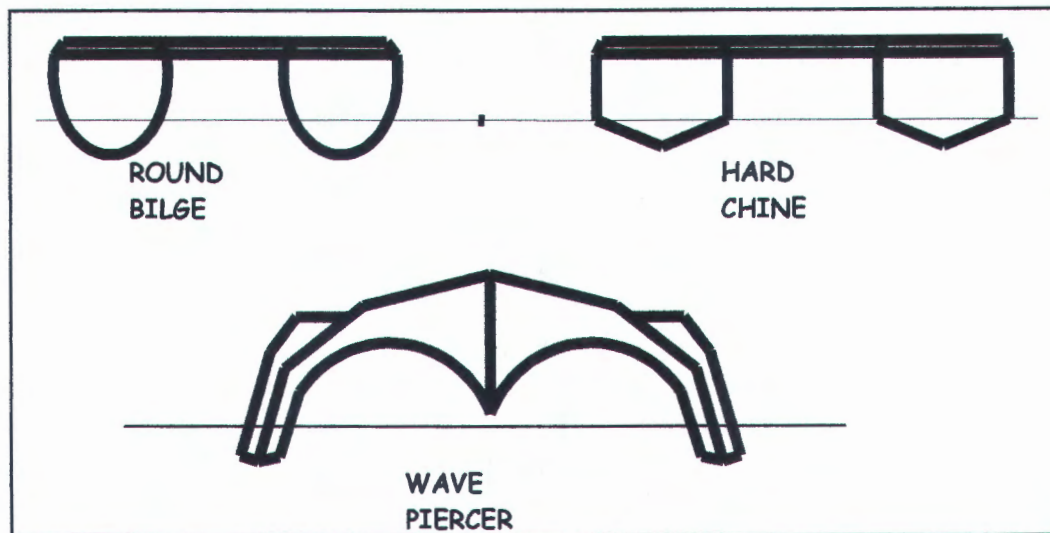
### 2.1.2. Jenis Bentuk Lambung Katamaran

Dalam perkembangannya bentuk lambung kapal katamaran dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut :

- Round bilge
- Hard chine
- Wave piercer

Secara umum, bentuk lambung round bilge digunakan pada kapal yang berat, dan bentuk lambung hard chine pada kapal yang ringan dan berkecepatan lebih tinggi, walaupun hal ini bukanlah suatu hal yang absolut atau mutlak. Sedangkan katamaran dengan bentuk wave piercing ini mempunyai tambahan struktur pada bagian tengah haluannya, yang bertujuan untuk gerak bagian kapal dibawah permukaan air yaitu agar lebih dapat menembus gelombang daripada memberi respons. Asumsi bahwa kondisi air dibawah permukaan lebih stabil, maka katamaran ini mempunyai kualitas hidrodinamika yang relatif lebih bagus.





Gambar 2.2. Bentuk dasar lambung katamaran

Selain ketiga bentuk lambung tadi, ada lagi tiga bentuk dasar katamaran, yaitu :

- Simetris
- Asimetris dengan bagian dalam lurus.
- Asimetris dengan bagian luar lurus.



Gambar 2.3. Bentuk lambung katamaran berdasarkan aliran air

Bentuk lambung yang simetris ( tengah ) adalah yang paling banyak digunakan pada kapal katamaran. Hal ini tercermin dari banyaknya variasi bentuk dan jarak antar demihull yang digunakan. Keunggulan utama dalam hal tahanan total bila dibandingkan dengan katamaran asimetris menjadikan tipe ini tetap digunakan sampai sekarang. Bentuk lambung asimetris dengan bagian dalam lurus ( kanan ) bertujuan untuk mengurangi tahanan total dengan cara menghilangkan efek interferensi dan semburan gelombang air pada daerah diantara demihull. Bentuk lambung asimetris dengan bagian luar ( kiri ) lurus cocok untuk perairan terbatas seperti sungai dan danau. Bentuk dengan bagian luarnya lurus ini akan memperkecil gelombang yang terjadi.

Pada bentuk badan kapal yang asimetris, lambung yang berbentuk lurus akan mengalami perubahan tekanan yang drastis berbeda dengan lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan aliran akan berkurang dengan terdistribusinya aliran air mengikuti kelengkungan bentuk ujung depan. Pengaruh perubahan tekanan yang drastis ini mengakibatkan tekanan yang diderita kedua lambung tidak sama, akibatnya berpengaruh pada kekuatan penyangga lambung, dalam hal ini adalah sambungan antara lambung dengan geladak penghubung bagian depan.



Sementara itu pada kapal yang simetris, dengan kedua lambung yang berbentuk lengkung maka tekanan relatif lebih kecil sehingga tekanan yang diterima penyangga juga kecil. Selain itu manuver kapal yang merupakan kelemahan kapal katamaran relatif lebih baik jika dibandingkan bentuk asimetris ( Aprilliana, 2006 ).

## 2.2 Kapal Angkut Pasukan Katamaran

Secara prinsip kapal cepat angkut pasukan katamaran sama dengan kapal katamaran yang difungsikan untuk angkut sipil seperti kapal ferry dan kapal penumpang, sehingga kapal yang akan dijadikan basis perencanaan adalah kapal – kapal angkut penumpang sipil tersebut. Kapal – kapal angkut pasukan yang dioperasikan oleh Armada Timur saat ini merupakan kapal Landing Ship Tank ( LST ), yang mana selain mengangkut pasukan juga mengangkut kendaraan tempur lapis baja, sehingga tidak memperhatikan akomodasi bagi ratusan prajurit yang diangkut, dengan kecepatan operasi sebesar 12 knot. Adapun beberapa kelebihan yang dimiliki atau diberikan kapal cepat angkut pasukan yang memiliki bentuk lambung katamaran yaitu :

1. Memiliki geladak yang lebih lebar sehingga dapat lebih mudah dalam merancang ruang akomodasi bagi setiap prajurit yang diangkut, karena selain jumlah prajurit yang mencapai ratusan orang, setiap prajurit tersebut harus memiliki tempat tidur masing – masing sehingga membutuhkan ruang yang besar. Ditambah lagi dengan penambahan ruangan lain sebagai penunjang.
2. Bentuk katamaran sangat berperan penting untuk mengurangi *WSA* sehingga hambatan pada kapal semakin berkurang dan mampu menghasilkan kecepatan yang tinggi dan mengurangi pengkonsumsian pada bahan bakar. Hal ini sangat bermanfaat sekali karena kapal cepat angkut pasukan ini dirancang tidak untuk nilai ekonomis.
3. Peningkatan kecepatan akan tercapai dengan daya mesin yang rendah dan bahan bakar ekonomis. Kecepatan sangat penting sebab kapal cepat angkut pasukan ini harus mampu mengangkut dan membawa sejumlah besar pasukan infanteri beserta peralatan tempurnya ke daerah operasi militer dengan cepat.
4. Kenyamanan yang dihasilkan lebih baik sehingga para awak kapal dapat lebih mudah untuk mengerjakan tugasnya dan para pasukan pun terjaga kesegaran dan staminanya, sehingga pada saat tiba di tempat tujuan atau tempat operasi militer, para pasukan tersebut tidak mengalami kelelahan fisik akibat perjalanan jauh. Sehingga awak kapal pun dapat bertahan selama sehari - sehari. Perancangan kapal katamaran akan mengurangi gerakan rolling kapal dikarenakan kapal katamaran tidak seperti perancangan kapal konvensional *single hull* yang mengalami gerakan rolling yang lebih besar. Hal ini berperan sangat besar karena kapal ini mengangkut pasukan yang mana kesegaran, kesehatan, dan staminanya harus dijaga utuh hingga sampai di daerah operasi militer.
5. Karena memiliki dua mesin yang dipasang masing – masing pada setiap *demi hull*, kapal katamaran ini bisa diandalkan dan dapat berlayar dua kali kecepatan kapal konvensional dengan memiliki panjang yang sama.

Selain kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh kapal dengan bentuk lambung katamaran di atas dan sesuai dengan fungsinya kapal jenis ini juga memiliki karakteristik khusus yang menarik untuk mendukung operasionalnya. Adapun karakteristik kapal militer cepat katamaran secara umum dan khususnya kapal angkut pasukan antara lain adalah ( Effendy, 2006 ) :

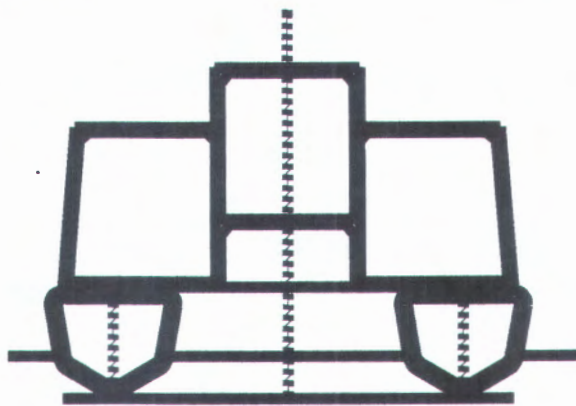


### 1. Kecepatan Kapal.

Kapal cepat angkut pasukan ini didesain memiliki kecepatan yang tinggi, yaitu 30 knot, karena hal ini dibutuhkan untuk mengangkut pasukan secepat mungkin menuju daerah operasi militer, seperti di daerah perbatasan negara yang rawan dengan kehadiran penyusup – penyusup asing, contohnya di kawasan Ambalat yang disengketakan dengan Malaysia. Dan juga kebutuhan kapal angkut yang bisa digunakan secara darurat apabila terjadi bencana alam yang membutuhkan evakuasi masyarakat secara cepat. Oleh karena itu perencanaan kapal cepat angkut pasukan dengan bentuk katamaran ini sangat efisien dalam berbagai hal untuk menunjang dari tugas dari pihak Angkatan Laut sendiri.

### 2. Bridging Structure.

*Bridging structure* adalah struktur geladak diantara dua lambung. Konstruksi seperti ini dimaksudkan untuk memberikan kekuatan melintang pada kapal. Karena geladak ini akan menopang sejumlah pasukan infanteri tempur beserta perlengkapan dan perbekalan masing – masing pasukan. (lihat Gambar 2.4.).



Gambar 2.4. *Bridging Structure*

### 3. Penambahan Luas Geladak.

Luasan geladak akan bertambah secara signifikan seiring dengan perbandingan panjang kapal. Karena dengan bentuk lambung *catamaran* maka. Dengan bertambahnya luas geladak maka akan dapat mempermudah dan membuat bangunan atas yang dirancang di atas *bridging structure* dan diantara lambung-lambung *catamaran* dengan *bridging structure* terdapat *rubber mounts* yang menempel diantaranya. Hal ini bertujuan agar beban yang berasal dari *bangunan atas* dapat disebarkan dan dimaksudkan untuk menghindari dan meminimalisir kebisingan atau bunyi yang dihasilkan dari dua lambung *catamaran* (*hulls*) akibat dari getaran yang berasal dari sistem mesin penggerak. Hal ini juga sebagai pengurangan sebagai *noise signature*. Sehingga kapal cepat angkut pasukan ini tidak mudah dideteksi oleh radar yang dimiliki oleh musuh (Watson,1998).

### 4. Tenaga Penggerak.

Untuk memperoleh kecepatan kapal yang cukup tinggi diperlukan tenaga penggerak yang cukup besar. Kendala yang dihadapi adalah ketersediaan ruangan yang terbatas. Oleh sebab itu maka pemilihan motor penggerak pada kapal cepat angkut pasukan dengan lambung katamaran harus memperhatikan kriteria sebagai berikut (Harvald, 1972) :

- a. Memiliki berat yang ringan.
- b. Dimensional kecil dengan tenaga yang besar.
- c. Ketersediaan mesin beserta suku cadangnya dipasaran.
- d. Memiliki ketahanan yang baik.
- e. Perawatannya mudah.



f. Harga terjangkau.

### 2.3. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan pola hubungan antara variabel respon (*Dependent variable* atau variabel tak bebas) dengan satu atau lebih variabel bebas atau *independent variable*. Dengan kata lain analisa regresi merupakan suatu upaya untuk menentukan kecocokan suatu kurva terhadap sekumpulan data. Fungsi analisa regresi adalah untuk meramalkan atau memperkirakan nilai variabel tak bebas dengan variabel bebas tertentu.

Di dalam praktek, sering dijumpai data-data yang diberikan dalam nilai diskret atau tabel. Ada dua hal yang diharapkan dari data tersebut, yaitu:

1. Mencari bentuk kurva yang dapat mewakili data diskret tersebut.
2. Mengestimasi nilai data pada titik-titik diantara nilai-nilai yang diketahui.

Kedua aplikasi tersebut diatas dikenal sebagai *curve fitting*.

### 2.4. Metode Optimasi

Metode optimasi non-linier dibagi menjadi dua, yaitu optimasi non-linier tanpa *constraint* (*unconstraint*) dan optimasi non-linier dengan *constraint* (*constraint*). Dalam penentuan ukuran utama terdapat beberapa batasan yang harus dipenuhi untuk memperoleh hasil yang paling optimum dari serangkaian hasil yang memenuhi persyaratan. Proses optimasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses untuk mendapatkan suatu hasil yang relatif lebih baik, dari beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan (*constraints*) yang diberikan dengan nilai tertentu.

Dalam proses optimisasi selalu melibatkan:

- *Constant* : harga-harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimasi.
- *Variable* : harga-harga yang akan dicari dalam proses optimasi.
- *Parameter* : harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses.
- *Constraints* : harga-harga batas yang telah ditentukan oleh pihak perencana.
- *Objective function* : fungsi yang merupakan hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan.

Pada umumnya metode optimasi banyak digunakan untuk mendapatkan hasil optimal tersebut, dan untuk itu iterasi dari proses desain ini dilakukan.

Optimasi dapat dijelaskan sebagai proses mencari kondisi yang memberikan nilai maksimum dari sebuah fungsi. Optimasi adalah tindakan untuk mendapatkan hasil terbaik atas suatu keadaan tertentu yang diberikan. Sebuah optimasi atau juga disebut pemograman masalah matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Find } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \text{ sehingga meminimalkan nilai } f(x)$$

Dengan batasan:

$$g_j(x) \leq 0, j = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$l_j(x) \leq 0, j = 1, 2, 3, \dots, m$$



dimana  $X$  adalah design vector dengan  $x_1, x_2, \dots, x_n$  adalah *design variabel*,  $f(X)$  adalah *objective function* dan  $g_j(X)$  dan  $I_j(X)$  adalah konstrain pertidaksamaan dan persamaan. Masalah diatas disebut *Constrained Optimazation Problem*.

Program optimasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan karakteristik ukuran utama kapal. Fungsi objektif yang dipakai disini adalah meminimalkan biaya pembangunan kapal (biaya investasi). Program optimasi ini dijalankan dengan bantuan *Software Microsoft Excel* dimana pemecahan masalahnya (*solver*) memakai metode *Generalized Reduced Gradient* (GRG). Berdasar beberapa klasifikasi masalah optimasi, metode *Generalzed Reduced Gradient* merupakan pemrograman *non linier* dengan konstrain.

Jika dalam masalah optimisasi memiliki *objective function* dan/atau *constraint* yang tidak dapat dinyatakan secara eksplisit sebagai sebuah fungsi eksplisit dari *design variable* atau terlalu kompleks untuk dimanipulasi, permasalahan tersebut tidak dapat (sulit) diselesaikan dengan menggunakan metode optimisasi klasik (dalam hal ini *Linear Programming*). Untuk mengatasi permasalahan ini, ada beberapa macam metode optimisasi yang dapat dipergunakan yang dikategorikan sebagai *Non-linear Method*. Dari beberapa jenis metode yang termasuk dalam kategori ini, yang akan digunakan dalam studi ini adalah yang termasuk dalam kelompok *constrained non-linear optimization technique*. Hal ini disebabkan karena studi ini bertujuan untuk mencari ukuran utama kapal yang optimal yang dibatasi dalam suatu *range* tertentu (Effendy, 2006).

#### 2.4.1. *Constrained Non-linier Optimization Technique*

Kelompok *constrained non-linear optimization* dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu : *Direct method* dan *Indirect method*.

Dalam kelompok pertama, *constraint* dinyatakan secara eksplisit, sedangkan secara umum dalam kelompok kedua *constrained problem* diselesaikan seperti penyelesaian beberapa *unconstrained minimization problem*. Karena dalam studi ini, *constraint* sudah dinyatakan secara eksplisit, maka kelompok pertamalah yang akan dipakai.

Kelompok *direct method* juga dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, akan tetapi dalam studi ini akan dipakai *generalized reduced gradient method*. Selain karena pertimbangan efisiensi, juga karena metode ini menggunakan proses yang iterative untuk mencari nilai minimum/maksimum.

#### 2.4.2. *Generalized Reduced Gradient Method*

Metode optimasi *generalized reduced gradient method* (GRG) merupakan pengembangan dari metode *reduced gradient* dan dapat mencari nilai optimal dengan jumlah iterasi yang minimal (Rao, 1996).

Untuk penyelesaian *non linear program* :

Minimize  $f(X)$

Subject to

$$\begin{aligned} h_j(X) &\leq 0, & j &= 1, 2, \dots, m \\ h_k(X) &= 0, & k &= 1, 2, \dots, l \\ x_i^{(l)} &\leq x_i \leq x_i^{(u)}, & i &= 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Dengan menambahkan sebuah *non negatif slack variabel* pada setiap *constraint* pertidaksamaan :



Minimize  $f(X)$

Subject to

$$h_j(X) + x_{n+j} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$h_k(X) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, l$$

$$x_i^{(l)} \leq x_i \leq x_i^{(u)}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{n+j} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Dengan  $n + m$  variable ( $x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{n+m}$ ) persoalan diatas dapat ditulis dalam bentuk umum :

Minimize  $f(X)$

Subject to

$$g_j(X) + x_{n+j} \quad j = 1, 2, \dots, m+l$$

$$x_i^{(l)} \leq x_i \leq x_i^{(u)}, \quad i = 1, 2, \dots, n+m$$

Metode GRG didasari pada pengeliminiran variabel dengan menggunakan batasan persamaan.

### 2.4.3 Faktor-faktor yang Terlibat dalam Proses Optimasi Ukuran Utama

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang terlibat dalam proses optimasi, yaitu :

#### 1. Fungsi Obyektif (objective function)

Fungsi obyektif  $F(x)$  adalah hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimumkan. Dalam hal ini fungsi obyektif adalah harga total pembuatan atau pembangunan kapal, dan tujuan optimisasinya adalah meminimumkannya.

Fungsi obyektif memiliki dua komponen yaitu :

$$F(x) = \text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost}$$

Fixed cost atau biaya pembuatan kapal sendiri terdiri dari :

$$F(\text{harga pembuatan kapal}) = (\text{harga baja} + \text{harga satuan mesin} + \text{harga outfitting})$$

Variable cost atau biaya operasional terdiri dari :

$$F(\text{biaya operasional}) = (\text{harga bahan bakakar diesel} + \text{harga air tawar} + \text{harga provision} + \text{harga minyak pelumas} + \text{harga oli})$$

Biaya operasional pertahun terdiri dari :

$$F(\text{biaya operasional / thn}) = ((\text{jumlah sea time/thn} * \text{biaya operasional 1 kali sea time}) + (\text{biaya reparasi}))$$

#### 2. Design Variables

Variabel adalah harga-harga yang akan dicari dalam proses optimisasi. Dalam proses optimisasi ini, design variables adalah ukuran utama kapal yang akan dicari dan dioptimumkan.

Komponen-komponen design variables adalah :

- Lpp (panjang antara garis tegak perpendikular kapal)
- B (lebar kapal)
- B<sub>1</sub> (lebar demihull)



- H (tinggi lambung kapal)
- T (sarat muatan penuh kapal)



### 3. Parameter

Parameter adalah harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimisasi karena adanya syarat-syarat tertentu, atau dapat juga suatu variabel yang diberi harga tertentu. Harga parameter ini dapat diubah setelah satu kali proses untuk menyelidiki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik.

Komponen-komponen parameter adalah :

- Harga bahan bakar diesel
- Harga oli
- Harga air
- Harga baja
- Harga outfitting
- Harga satuan mesin.

### 4. Konstanta

Konstanta adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimisasi berlangsung tuntas (bahkan untuk selamanya).

Komponen-komponen konstanta adalah :

- Massa jenis air tawar
- Massa jenis air laut
- Konstanta gravitasi
- Massa jenis bahan bakar diesel
- Massa jenis minyak pelumas

### 5. Batasan (Constraint)

Batasan adalah harga-harga batas yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan, maupun oleh persyaratan-persyaratan lainnya. Pada proses optimisasi ini semua batasan memiliki nilai minimum dan maksimum, maupun batasan minimum saja.

Komponen-komponen batasan adalah :

- Batasan minimum dan maksimum ukuran utama
- Batasan minimum dan maksimum perbandingan ukuran utama kapal
- Batasan minimum persyaratan stabilitas
- Batasan minimum persyaratan lambung timbul

## 2.5. Aspek Teknis Perencanaan Kapal

### 2.5.1. Rasio Ukuran Utama

Beberapa perbandingan ukuran utama kapal yang harus diperhatikan dalam perencanaan kapal (Ir.IGM.Santosa. ITS, *Diktat kuliah 'Perencanaan kapal'*) adalah:



1. L/H, perbandingan panjang dan tinggi kapal berpengaruh pada kekuatan memanjang kapal, L/H semakin besar maka kekuatan kapal akan semakin berkurang karena akan menambah longitudinal *bending stress* demikian pula sebaliknya.
2. L/B, perbandingan panjang dan lebar kapal berpengaruh pada hambatan kapal pada *displacement* yang tetap. Semakin besar L/B untuk *displacement* yang tetap maka hambatan kapal semakin kecil, sedangkan L/B yang semakin kecil pada *displacement* tetap akan menambah hambatan tetapi kapal memiliki kemampuan olah gerak (*manuvering*) yang semakin baik.
3. B/T, perbandingan antara lebar dan sarat kapal berpengaruh pada stabilitas kapal. Semakin besar B/T, maka stabilitas kapal semakin baik tetapi pengurangan sarat kapal (T) akan menyebabkan diameter baling-baling yang direncanakan akan semakin kecil.
4. H/T, perbandingan antara tinggi dan sarat kapal berpengaruh pada *freeboard* kapal yang dihasilkan. Semakin besar H/T, maka semakin kecil *freeboard* yang dihasilkan dan sudut masuk air ke geladak akan semakin besar.
5. S/L, Perbandingan antara jarak *center line* dua buah lambung katamaran dengan panjang kapal, yang berpengaruh terhadap interferensi gelombang kepada kedua lambung kapal.

### 2.5.2. Hambatan Pada Katamaran

Komponen hambatan yang dialami oleh katamaran lebih kompleks daripada *monohull*, ini disebabkan adanya efek interferensi antar lambungnya. Efek interferensi ini dapat dibagi menjadi dua bagian pokok yaitu ( Insel, 1990 ) :

1. Inteferensi *body*: Aliran di sepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull* yang lain, yakni medan gelombang relatif tidak simetris pada garis tengah katamaran. Fenomena ini mengakibatkan:
  - Kecepatan pertubasi di sekitar *demihull* meningkat, khususnya pada bagian dalam (*tunnel side*) dari lambung akibat efek venturi. Peningkatan kecepatan ini mengakibatkan peningkatan pada hambatan gesek pada kecepatan pertubasi.
  - Aliran menyilang yang terjadi di bawah lunas dimana hal ini dapat mengakibatkan terjadinya komponen hambatan induksi dimana secara normal diabaikan dalam komponen hambatan *monohull*. Miyazawa ( 1979 ) memberikan kesimpulan berdasarkan hasil percobaan bahwa komponen tersebut relatif kecil dibandingkan dengan (a).
  - Peningkatan kecepatan pada sisi dalam (*tunnel side*) akan mengubah struktur lapisan batas (*boundary layer*).
  - Permukaan basah akan berubah akibat terjadinya gelombang dari satu *demihull* yang memukul *demihull* lainnya, sehingga hambatan gesek akan berubah.
2. Interferensi gelombang: Hasil dari dua buah lambung yang bergerak bersisian, efek interferensi pada hambatan gelombang juga harus diperhatikan.
  - Perubahan medan tekanan menyebabkan perubahan *wave-making* dari *demihull*. Dengan kata lain, formasi gelombang dari *demihull* akan berbeda dari yang diasumsikan pada kasus *demihull* dalam isolasi.



- Interaksi antara *demihull* dengan gelombang akan terjadi. Gelombang melintang dari *demihull* selalu dikuatkan oleh lambung yang lainnya.
- Pantulan gelombang divergen dari *demihull* yang lain semakin memperumit fenomena interferensi.

Dengan tidak mengabaikan efek interferensi, metode prediksi hambatan untuk *monohull* dapat diadaptasi untuk catamaran sebagai berikut ( Molland, 1995 ) :

$$(C_T)_{Cat} = (C_F)_{Cat} + (C_{RT})_{Cat} \\ = \beta \cdot C_P + \tau \cdot C_R$$

Dimana :

$\beta$  = Faktor interferensi hambatan gesek

$\tau$  = Faktor interferensi hambatan sisa

Peningkatan kecepatan antar *demihull* dapat dimasukkan kedalam perhitungan dengan memperkenalkan faktor interferensi hambatan gesek ( $\beta$ ). Perhitungan untuk mendapatkan harga faktor ini dengan jalan melakukan integrasi hambatan gesek pada permukaan basah. Umumnya koefisien ini tidak dipengaruhi oleh jarak antar lambung. Faktor interferensi hambatan sisa ( $\tau$ ) dapat diteliti dari hasil percobaan. Kecenderungan harga faktor ini dengan variasi jarak separasi antar lambung dan kecepatan telah diamati antara lain oleh Insell ( 1992 ) dan Molland ( 1995 ).

Lebih jauh, Molland ( 1995 ) memberikan formulasi sederhana untuk memprediksi hambatan total katamaran berdasarkan hasil percobaan model katamaran. Model yang digunakan merupakan model lambung kapal cepat NPL dengan koefisien blok tetap ( $C_b = 0,397$ ), sebagai berikut:

$$(C_T)_{Cat} = (C_F)_{ITTC} + (C_R)_{Cat}$$

Dimana harga  $(C_T)_{Cat}$  telah memasukkan pula nilai faktor interferensi hambatan sisa ( $\tau$ ) dan faktor interferensi hambatan gesek ( $\beta$ ).

Bila harga hambatan sisa yang diperoleh dari hasil percobaan pada series-64 dianggap sama dengan hambatan sisa katamaran dikalikan faktor interferensi maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut:

Untuk *demihull* dengan konfigurasi lambung yang sama antara Series-64 dan NPL maka diperoleh:

$$(R_R/\Delta)_{Series-64} \cdot \Delta_{Series-64} = C_R \cdot 0,5 \cdot V^2 \cdot WSA_{Series-64}$$

Untuk katamaran, persamaan diatas menjadi:

$$R_R = C_R \cdot 0,5 \cdot V^2 \cdot 2 \cdot WSA_{Series-64}$$

Dari hasil percobaan-percobaan Insell (1995) diperoleh persamaan untuk hambatan sisa katamaran sebagai berikut:

$$(R_R)_{Cat} = (C_R)_{Cat} \cdot 0,5 \cdot V^2 \cdot 2 \cdot WSA_{NPL}$$

Dengan membandingkan kedua persamaan diatas maka diperoleh

$$IF = (C_R)_{Cat} \cdot 0,5 \cdot V^2 \cdot 2 \cdot WSA_{NPL} / C_R \cdot 0,5 \cdot V^2 \cdot 2 \cdot WSA_{Series-64}$$

atau

$$IF \cdot WSA_{Series-64} / WSA_{NPL} = ((C_R)_{Cat} / C_R)$$

dimana harga:

$$WSA_{Series-64} / WSA_{NPL} = 1,689$$

Sehingga,



$$(R_R)_{\text{Cat}} = IF \cdot 1,689 \cdot (R_R/\Delta)_{\text{Series-64}} \cdot \Delta_{\text{Series-64}}$$

Formulasi diatas menggunakan asumsi yang dipakai oleh Insell ( 1995 ) yaitu memasukkan variabel L/B, B/T, S/L, dan Fn sedang faktor lain seperti koefisien blok (Cb) tidak disertakan. Penelitian lebih lanjut mengenai validasi formulasi diatas dengan percobaan model untuk koefisien blok (Cb) yang berbeda ini perlu dilakukan.

### 2.5.3. Dasar Perhitungan Lambung Timbul (*freeboard*)

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan dalam mengangkut muatan menjadi jaminan utama kelayakan dari sistem transportasi laut yang ditawarkan kepada pengguna jasa, terlebih pada kapal penumpang keselamatan merupakan prioritas utama.

Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Karena lambung timbul (*freeboard*) menyangkut keselamatan kapal, maka terdapat beberapa peraturan mengenai *freeboard*, antara lain untuk kapal yang berlayar diperairan dapat menggunakan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985 dan peraturan internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi internasional tentang peraturan lambung timbul minimum ILLC (*International Load Lines Convention*, tahun 1966 di London), dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa tinggi lambung timbul minimum (*Summer Load lines*) telah disebutkan dalam tabel lambung timbul minimum untuk kapal dengan panjang tertentu.

Peraturan ini harus dipenuhi pada saat perencanaan agar kapal kapal mendapatkan pengakuan dari lembaga yang berwenang terhadap pengoperasian kapal dan merupakan salah satu dokumen untuk kapal dapat berlayar.

### 2.5.4. Berat Kapal

Berat total kapal adalah penjumlahan antara LWT (*Light Weight Ton*) dan DWT (*Dead Weight Ton*), dan dimana

$$\text{Displ} = \text{LWT} + \text{DWT}$$

#### 2.5.4.a. LWT (*Light Weight Ton*)

Komponen-komponen penyusun LWT kapal adalah:

- a. Berat baja kapal kosong.  
Berat ini merupakan berat konstruksi baja kapal.
- b. Berat *equipment* dan *outfitting*  
Berat ini dihitung berdasarkan dari fungsi panjang kapal.
- c. Berat instalasi permesinan  
Perkiraan berat instalasi permesinan dibagi menjadi tiga bagian yaitu berat mesin induk, berat *remainder*, dan berat *electricial installations* (Watson, 1998).
 
$$W_d = 12 (\text{MCR}/\text{RPM})^{0,84}$$

$$W_r = K \cdot \text{MCR}^{0,7}$$

$$K = 0,19$$

$$W_{mt} = 0,72 \cdot (\text{MCR})^{0,78}$$

$$\text{MCR} = 0,8 \cdot \text{BHP}_{\text{genset}}$$



dengan:

- Wd = Berat mesin induk
- MCR = *Maximum Continuous Rating*
- Wr = Berat *remainder*
- Wmt = berat *electricial installations*

d. Margin

Besarnya margin untuk perhitungan LWT adalah sebesar 3 % dari perhitungan LWT ( Watson, 1998).

#### 2.5.4.b. DWT (*Dead Weight Ton*)

1. Berat bahan bakar

Berat bahan bakar dihitung berdasarkan jarak pelayaran, koefisien pemakaian bahan bakar, dan besar kW mesin.

2. Berat minyak pelumas

Berat minyak pelumas dihitung berdasarkan fungsi dari bahan bakar.

3. Berat air tawar

Kebutuhan air tawar yang digunakan untuk minum, mandi dan cuci, serta pendingin mesin ( Phoels, 1982 ) adalah :

- Minum : 5 kg / orang.hari
- Selain minum : 150 kg / orang.hari

4. Berat *provision* untuk Anak Buah Kapal ( ABK ) dan prajurit.

Kebutuhan makanan untuk setiap ABK dan setiap prajurit adalah sebesar 4 kg/orang/hari.

5. Berat Anak Buah Kapal ( ABK ) dan prajurit serta perlengkapannya.

Berat ABK, pasukan, dan barang bawaannya berdasarkan informasi dari Armatim adalah sebagai berikut :

- Berat ABK + perlengkapan : 100 kg/orang
- Berat pasukan + perlengkapan : 100 kg/orang

6. Berat muatan barang

Berta muatan dihitung berdasarkan jumlah berat total perlengkapan dan provision seluruh prajurit selama 30 hari ditambah cadangan dari keduanya.

#### 2.5.5. Stabilitas

Stabilitas dapat didefinisikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut.

Perhitungan stabilitas digunakan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula apabila mengalami olengan pada saat berlayar. Stabilitas kapal sangat dipengaruhi oleh berat dan bentuk kapal. Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu:



1. Keseimbangan Stabil

Yaitu jika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar, maka benda akan kembali pada kedudukannya semula sesudah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G (*Centre of Gravity*) berada di bawah titik (*Metacentre*).

2. Keseimbangan Labil

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

3. Keseimbangan *Indeferent*

Yaitu jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka benda cenderung untuk tetap pada kedudukannya yang baru walaupun gaya luar tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik berat (G) berimpit dengan titik metacenter (M).

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

- a. Titik G (*gravity*) yaitu titik berat kapal.
- b. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan keatas volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang ada di dalam air.
- c. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan keatas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan keatas pada sudut oleng.

Kemampuan apung adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan memakai tekanan hidrosatistik yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis seperti pada kapal displasemen *monohull* dan katamaran. Untuk mencapai kondisi kesetimbangan tegak, vektor berat dan gaya apung bekerja pada garis vertikal yang sama di garis tengah kapal.

Setiap kapal yang akan dibangun harus dapat membuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran (*safety of life at sea*) dan kenyamanan penumpang. Peraturan-peraturan yang berlaku untuk kapal penumpang lebih diperketat dibandingkan kapal yang lainnya, baik dari segi konstruksi, misalkan jumlah sekat kedap air yang lebih banyak dibandingkan dengan kapal barang (*Cargo*) dan juga mengenai alat-alat keselamatan pelayaran seperti yang telah diatur dalam *Safety of Life at Sea (Solus)* atau *International Maritime Organization (IMO)*.

Perhitungan stabilitas yang digunakan adalah *Barnhart and Thewlis method*, dimana hasil perhitungan yang dicari antara lain: MG pada sudut  $0^\circ$ , lengan stabilitas statis dan lengan stabilitas dinamis pada sudut  $30^\circ$  dan  $40^\circ$ .

#### 2.5.5.a. Dasar Perhitungan Stabilitas

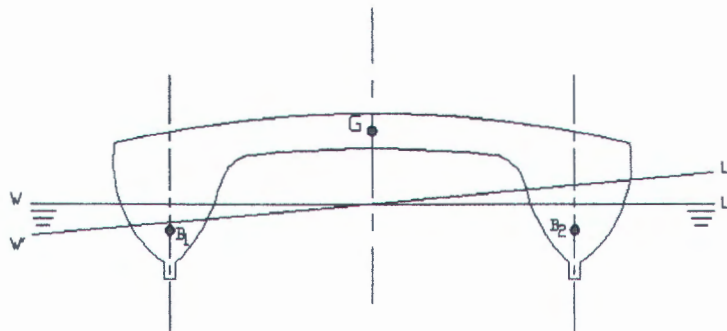
Pada dasarnya perhitungan stabilitas secara melintang untuk kapal katamaran tidak perlu dilakukan karena kapal katamaran cenderung lebih lebar terhadap panjangnya ( L/B kecil ). Oleh



karena itu lengan stabilitas kapal katamaran akan semakin besar yang menyebabkan *Moment Koppel* yang dihasilkan akan bertambah besar pula dan kapal akan menjadi semakin 'kaku'. Kapal konvensional dengan ukuran panjang dan lebar keseluruhan yang sama telah memenuhi standarisasi dari IMO maka dengan sendirinya kapal katamaran akan memenuhi. Pada perencanaan kapal katamaran ini perhitungan *Intact Stability* dianggap sebagai satu lambung.

Batasan-batasan yang harus dipenuhi antara lain adalah:

- Lengan stabilitas dinamis pada  $30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.055 m rad
- Lengan stabilitas dinamis pada  $40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.090 m rad
- Lengan stabilitas statis pada  $30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.2 m
- Lengan maksimum harus berada pada  $30^\circ$  atau tidak kurang dari  $10^\circ$
- Jarak  $MG_0$  pada kapal *single deck* tidak boleh kurang dari 0.35 m



Gambar 2.5 Stabilitas Olang

Untuk keperluan perhitungan stabilitas statis dan dinamis, data awal tentang ukuran-ukuran berikut diperlukan:

1.  $L_{WL}$  = *waterline length*
2.  $B$  = *maximum breadth*
3.  $B_M$  = *maximum waterline breadth*
4.  $H$  = *mean draft at designed waterline*
5.  $D_H$  = *minimum depth*
6.  $S_F$  = *forward sheer*
7.  $S_A$  = *after sheer*
8.  $\Delta_0$  = *displacement at designed waterline*
9.  $L_d$  = *length of superstructure which extends to sides of ship*
10.  $d$  = *height of superstructure which extends to sides of ship*
11.  $C_B$  = *block coefficient*
12.  $C_W$  = *waterline coefficient at draft H*
13.  $C_X$  = *midship section coefficient at draft H*
14.  $C_{PV}$  = *vertical prismatic coefficient at draft H*
15.  $A_O$  = *area of waterline plane at designed draft*
16.  $A_M$  = *area of immersed midship section*
17.  $A_2$  = *area of vertical centerline plane to depth D*
18.  $S$  = *mean sheer*  
= *area of centerline plane above minimum depth divided by length*
19.  $D$  = *mean depth*
20.  $F$  = *mean freeboard*



21.  $A_1$  = area of waterline plane at depth  $D$  may be estimated from  $A_0$  and nature of stations above waterline

### 2.5.6. Tinjauan Ekonomis Kapal

Persoalan perencanaan kapal ditinjau dari segi ekonomis diterangkan oleh Santosa (1999) adalah bagaimana membuat bentuk badan kapal sedemikian rupa sehingga hambatan (*resistance*) kapal kecil dan tenaga mesin yang diperlukan untuk menggerakannya juga sekecil mungkin, dan bagaimana membuat berat pelat seringan mungkin. Dalam hal ini segi ekonomis dipisahkan menjadi dua persoalan yaitu biaya pembangunan kapal dan biaya operasi kapal.

#### 2.5.6.1. Biaya Pembangunan Kapal

Dalam hal ini biaya investasi kapal didasarkan pada biaya pengadaan mesin utama dan pelat badan kapal, karena kedua biaya tersebut di atas merupakan komponen yang paling besar dalam penentuan biaya total kapal secara umum terkait dengan optimisasi yang dilakukan. Biaya pengadaan mesin utama diperoleh dari besar tenaga mesin ( kW ) yang digunakan dan harga mesin (Rp / kW). Sedangkan biaya pengadaan pelat badan kapal dihitung dari berat material (ton) dan harga pelat badan kapal (Rp / ton).

#### 2.5.6.2. Biaya Operasi Kapal

Biaya operasi kapal terdiri dari biaya bahan bakar ( *fuel oil cost* ), biaya minyak pelumas ( *lubricant oil* ) dan biaya air tawar ( *fresh water* ). Hal ini didasarkan bahwa ketiga biaya tersebut merupakan biaya paling besar dalam operasi kapal yang berpengaruh terhadap proses optimisasi kapal secara keseluruhan.

Biaya bahan bakar adalah penjumlahan biaya bahan bakar untuk mesin utama ( *main engines* ) dan mesin bantu ( *auxiliary engines* ). Biaya bahan bakar merupakan perkalian antara volume bahan bakar (lt) dengan harga bahan bakar per liter (Rp/lt). Volume bahan bakar (lt) merupakan pembagian berat bahan bakar ( kg ) dengan berat jenis bahan bakar ( kg/lt ).

Biaya pelumas merupakan hasil perkalian volume pelumas yang dibutuhkan (lt) dengan harga pelumas per liter ( Rp/lt ). Volume pelumas merupakan pembagian berat bahan bakar ( kg ) dengan berat jenis bahan bakar ( kg/lt ).

Biaya lainnya adalah biaya air tawar, merupakan perkalian volume total kebutuhan air tawar ( lt ) dengan harga tiap liternya. Volume total air tawar merupakan pembagian berat total kebutuhan air tawar ( kg ) dengan berat jenis-nya ( kg / lt ). Berat total air tawar (  $W_{fw}$  ) merupakan penjumlahan dari berat air tawar untuk minum (  $W_{fwd}$  ), berat air tawar untuk cuci dan mandi (  $W_{fww}$  ), berat air tawar untuk memasak (  $W_{fwc}$  ) dan berat air tawar untuk pendingin mesin utama dan bantu (  $W_{fwj}$  ). ( Santosa, 1999 ).



## BAB III TINJAUAN DAERAH

### 3.1 Tinjauan Umum

Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan negara maritim yang membentang luas di cakrawala khatulistiwa antara 94° BT sampai dengan 141° BT dan 6° LU sampai dengan 11° LS. Indonesia memiliki jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau dimana sekitar 10.000 pulau diantaranya tidak berpenghuni, luas laut kedaulatan 3,1 juta km<sup>2</sup>, luas laut Zona Ekonomi Eksklusif ( ZEE ) 2,7 juta km<sup>2</sup>, dan panjang garis pantai 81.000 km ( Departemen Kelautan dan Perikanan ). Dengan fakta – fakta seperti ini maka Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia.

Karena perairan Indonesia yang sangat luas ini, maka untuk menjaga dan mengamankan wilayah teritorial perairan Indonesia, TNI AL membagi kekuatannya menjadi dua komando armada, yaitu Komando Armada RI Kawasan Barat ( Koarmabar ) yang berpusat di Jakarta dan Komando Armada RI Kawasan Timur ( Koarmatim ) yang berpusat di Surabaya. Demikian pula dengan wilayah operasinya yang dibagi menjadi dua yakni Indonesia Barat dan Indonesia Timur.

Sedangkan denah pembagian wilayah operasi antara kedua armada adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Pembagian wilayah operasi Armada Barat dan Armada Timur.

Dengan demikian wilayah operasi Koarmatim mencapai sekitar 2/3 wilayah Indonesia, terbentang dari Tegal di Jawa Tengah bagian barat hingga Jayapura di Papua, di sebelah utara Pulau Miangas dan di selatannya Merauke di ujung timur Indonesia, atau dari 111° BT sampai dengan 141° BT dan 6° LU sampai dengan 11° LS.

Kekuatan TNI Angkatan Laut tersebar di beberapa Pangkalan Utama Angkatan Laut (Lantamal) yaitu :

1. Pangkalan Utama I (Lantamal I) di Belawan, membawahi 4 Pangkalan Angkatan Laut, meliputi Sabang, Sibolga, Teluk Bayur, dan Dumai. Satu Pangkalan Udara Angkatan Laut (Lanudal) Sabang, dan dua fasilitas pemeliharaan dan perbaikan (Fasharkan) di Sabang, Belawan. Lantamal ini rencananya akan dipindahkan ke Lhokseumawe, Nanggroe Aceh Darussalam.



2. Pangkalan Utama II (Lantamal II) di Padang. Sebelum 1 Agustus 2006, Lantamal II merupakan sebutan untuk Lantamal III Jakarta.
3. Pangkalan Utama III (Lantamal III) di Jakarta, membawahi 7 Pangkalan Angkatan Laut, meliputi Bengkulu, Palembang, Cirebon, Bandung, Panjang, Banten, Bandung, dan Bangka Belitung. Selain itu, memiliki satu fasilitas pemeliharaan dan perbaikan di Pondok Dayung, Jakarta. Fasharkan Pondok Dayung ini sekarang memiliki kemampuan membuat kapal patroli jenis KAL ukuran 28-35 meter. Sebelum 1 Agustus 2006, Lantamal III merupakan sebutan untuk Lantamal V Surabaya.
4. Pangkalan Utama IV (Lantamal IV) di Tanjung Pinang membawahi 6 Pangkalan Angkatan Laut, yaitu Batam, Pontianak, Tarempa, Ranai, Tanjung Balai Karimun, dan Dabo Singkep. Lantamal Tanjung Pinang memiliki satu fasilitas pemeliharaan dan perbaikan (Fasharkan) di Mentigi yang punya kemampuan membuat kapal patroli (KAL) 12, 28, dan 35 meter. Di samping itu, memiliki 2 Pangkalan Udara Angkatan Laut (Lanudal) berada di Matak, Kepulauan Natuna, dan di Tanjung Pinang/Kijang. Sebelum 1 Agustus 2006, Lantamal IV merupakan sebutan untuk Lantamal VI Makassar.
5. Pangkalan Utama V (Lantamal V) di Surabaya membawahi lima Pangkalan Angkatan Laut, meliputi Tegal, Cilacap, Semarang, Yogyakarta, Malang, Banyuwangi, dan Benoa. Sebelum 1 Agustus 2006, Lantamal V merupakan sebutan untuk Lantamal X Jayapura.
6. Pangkalan Utama VI (Lantamal VI) di Makassar, membawahi Pangkalan Angkatan Laut Kendari, Palu, Balikpapan, Kotabaru, dan Banjarmasin. Sebelum 1 Agustus 2006, Lantamal VI merupakan sebutan untuk Lantamal VIII Bitung.
7. Pangkalan Utama VII (Lantamal VII) di Kupang, (Nusa Tenggara Timur), membawahi Pangkalan Angkatan Laut Mataram, Maumere, Kupang, Tual, dan Aru. Memiliki 1 Pangkalan Udara, di Kupang. Sebelum 1 Agustus 2006, Lantamal VII merupakan sebutan untuk Lantamal IV Tanjung Pinang.
8. Pangkalan Utama VIII (Mako Lantamal VIII) di Kota Bitung membawahi Pangkalan Angkatan Laut Tarakan, Nunukan, Sangatta, dan Toli-Toli serta satu Pangkalan Udara Angkatan Laut di Manado. Lantamal VIII sebelum 1 Agustus 2006, merupakan sebutan untuk Lantamal IX Ambon.
9. Pangkalan Utama IX (Lantamal IX) di Ambon membawahi Pangkalan Angkatan Laut Ternate. Sebelum 1 Agustus 2006, Lantamal IX merupakan sebutan untuk Lantamal VII Kupang.
10. Pangkalan Utama X (Mako Lantamal X) di Jayapura, membawahi Pangkalan Angkatan Laut Sorong, Biak, Timika, dan Merauke serta satu Fasilitas Pemeliharaan dan Perbaikan di Manokwari yang mampu memproduksi KAL 12 dan 28 meter.
11. Pangkalan Utama XI (Lantamal XI) di Merauke, Papua (direncanakan).



Berdasarkan penempatan pangkalan utama TNI AL ini, maka Komando Armada Timur ( Koarmatim ) membawahi 7 pangkalan utama yaitu Pangkalan Utama V, VI, VII, VIII, IX, X, dan XI yang masing – masing bertempat di Surabaya, Makassar, Kupang, Bitung, Ambon, Jayapura, dan Merauke, walaupun pangkalan terakhir di Merauke masih dalam tahap perencanaan ( belum terwujud ).

Tidak hanya itu, wilayah operasi Koarmatim juga mencakup dua dari tiga jalur Alur Laut Kepulauan Indonesia ( ALKI ), yaitu ALKI II dan ALKI III. ALKI adalah jalur pelayaran yang hanya boleh dilalui oleh kapal – kapal asing, baik kapal niaga maupun kapal militer ketika mereka melintasi wilayah perairan Indonesia. Adapun denah ALKI bagi kapal – kapal asing adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2. Letak jalur Alur Laut Kepulauan Indonesia ( ALKI )

Adapun tantangan yang harus dihadapi oleh Koarmatim dalam menjalankan tugasnya terutama adalah : Masih dirasa minimnya jumlah alutsista ( alat utama sistem persenjataan ) yang dimiliki untuk menjaga dan mengamankan wilayah perairan Indonesia yang menjadi tanggung jawabnya, dalam hal ini kapal perang dan pesawat maritim. Sehingga sangat sering kapal – kapal militer asing menyusup masuk ke wilayah Koarmatim, bahkan kapal – kapal penangkap ikan asing yang ilegal seringkali leluasa menjarah kekayaan laut Indonesia. Kemudian jumlah anggaran militer per tahun yang dialokasikan masih dirasa kurang bagi Angkatan Laut dalam menjalankan tugasnya tersebut. Sebenarnya untuk poin ini semua institusi pertahanan negara mengalaminya akibat dari masih belum kuatnya perekonomian Indonesia, sehingga anggaran yang ada dari APBN lebih diprioritaskan kepada sektor lainnya.

### 3.1.1 Tugas Pokok Komando Armada Timur

Tugas pokok Komando Armada RI Kawasan Timur selaku Kotama Pembinaan dan Operasional, membina kemampuan Sistem Senjata Armada Terpadu, membina potensi maritim menjadi kekuatan pertahanan keamanan negara di laut, melaksanakan operasi laut sehari-hari dan operasi



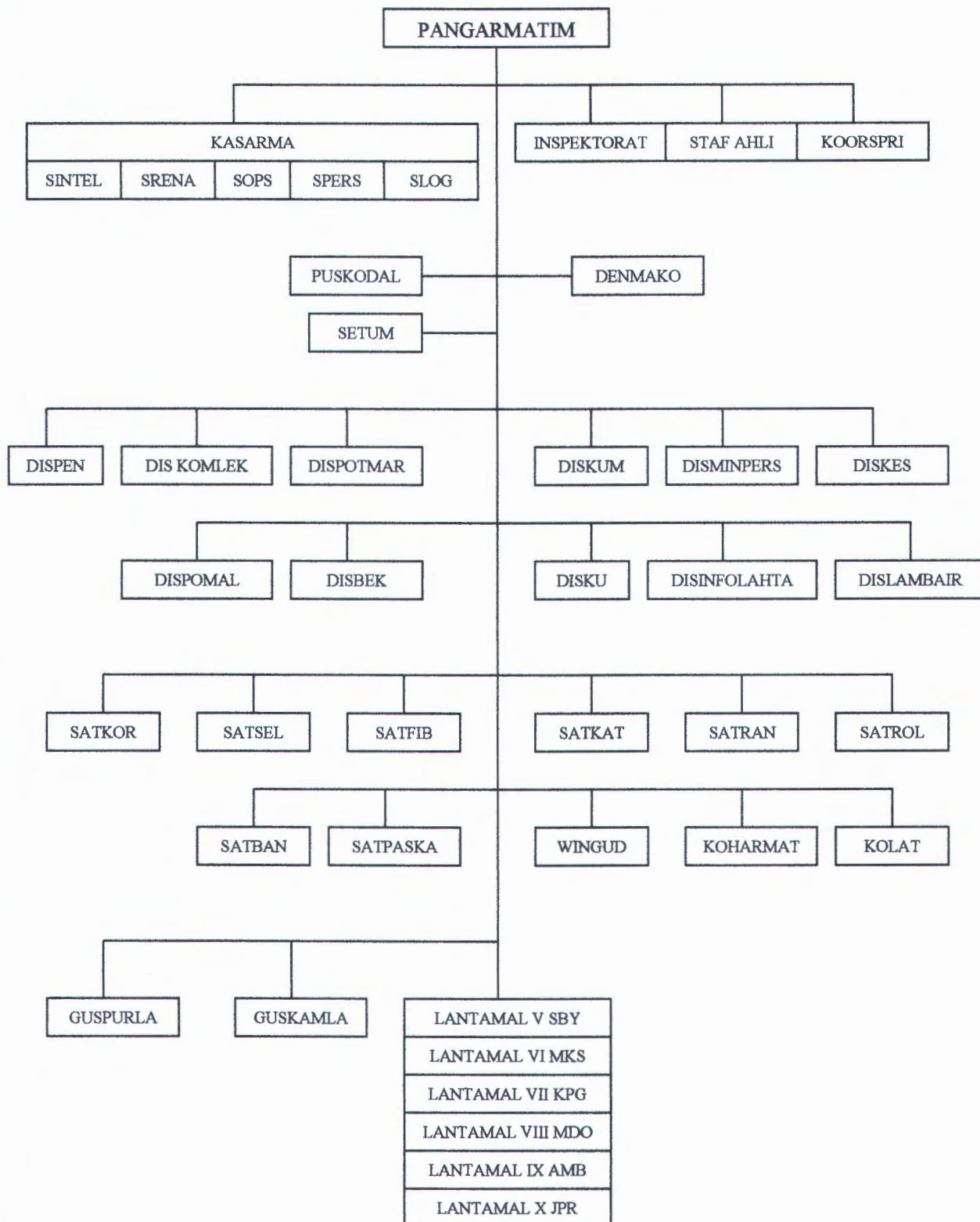
tempur laut untuk pengendalian dan proyeksi kekuatan ke darat lewat laut dalam rangka penegakan kedaulatan dan hukum di laut. Berdasarkan rumusan tugas-tugas TNI AL pada TA. 2003, maka tugas Koarmatim pada tahun 2003 difokuskan untuk dapat menunjang tugas-tugas TNI AL, dengan penjabaran sebagai berikut :

- a. Memelihara dan menyiapkan SSAT sesuai skala prioritas agar dapat digerakkan sewaktu-waktu dalam satuan-satuan operasional dengan urutan sebagai berikut :
  - 1) Tugas Pemukul Strategis.
  - 2) Tugas Kamla (Keamanan Laut).
  - 3) Tugas khusus dan tugas – tugas sosial kemanusiaan.
- b. Memelihara dan memperkuat keamanan serta stabilitas yurisdiksi perairan wilayah laut nasional untuk mendukung kelancaran Pembangunan Nasional dibidang Kelautan.
- c. Melaksanakan upaya – upaya pencegahan, penangkalan dan penang-gulangan ancaman serta kontinjensi.
- d. Menegakkan Kedaulatan Negara dan Hukum di laut perairan Nasional Indonesia serta menegakkan hukum di laut Yurisdiksi Nasional dan melindungi kepentingan nasional di dan atau lewat laut bersama-sama dengan segenap komponen kekuatan Hannas lainnya.
- e. Membantu penyelenggaraan pembinaan potensi nasional dibidang maritim yang diarahkan sebagai kekuatan cadangan dan dukungan bagi operasi tempur laut.
- f. Menyelenggarakan kegiatan diplomasi Angkatan Laut untuk mendukung kebijaksanaan pemerintah dalam mewujudkan kepentingan bangsa.
- g. Meningkatkan kehadiran dan intensitas unsur TNI AL/Koarmatim sebagai kekuatan penangkal yang handal sepanjang tahun.
- h. Memelihara kerja sama dengan Angkatan Laut negara sahabat khususnya negara ASEAN.
- i. Melaksanakan tugas-tugas SAR, bantuan terhadap korban bencana alam maupun akibat rawan pangan.
- j. Mengimplementasikan strategi partisipatif sentuhan sosial dan bantuan kemanusiaan di daerah terpencil/pulau terpencil.
- k. Ikut berperan memelihara dan menciptakan situasi kondusif dalam rangka mengamankan serta menyukseskan agenda reformasi internal.



### 3.1.2 Struktur Organisasi beserta Kewajibannya

Sedangkan struktur organisasi yang dimiliki oleh Komando Armada Timur saat ini adalah :



Gambar 3.3. Struktur Organisasi Komando Armada Timur



Adapun Panglima Komando Armada Timur saat ini dijabat oleh Laksamana Muda Waldi Murad. Sedangkan tugas pokok dan tanggung jawab dari masing – masing organisasi yang dimiliki oleh Koarmatim berdasarkan diagram di atas adalah sebagai berikut :

1. Sintelarmatim bertugas membantu Pangarmatim dalam merumuskan dan mengembangkan kebijakan Pangarmatim di bidang intelijen maritim, pengamanan, persandian, penggalangan termasuk penerangan.
2. Srenaarmatim bertugas membantu Pangarmatim dalam merumuskan dan mengembangkan kebijakan Pangarmatim di bidang perencanaan dan penganggaran.
3. Sopsarmatim bertugas membantu dalam merumuskan dan mengembangkan kebijakan Pangarmatim di bidang operasi, latihan, taktik dan strategi penggunaan kekuatan serta pembinaan komando dan pengendalian operasi, pembinaan potensi maritim dan supervisi Puskodalarmatim.
4. Spersarmatim bertugas membantu Pangarmatim dalam merumuskan dan mengembangkan kebijakan Pangarmatim dibidang pembinaan personel militer dan sipil Koarmatim.
5. Slogarmatim bertugas membantu Pangarmatim dalam merumuskan dan mengembangkan kebijakan Pangarmatim dibidang pembinaan materiel dan logistik.
6. Itarmatim bertugas membantu Pangarmatim dalam menyelenggarakan pengawasan dan pemeriksaan terhadap daya guna, hasil guna, tertib hukum, tertib administrasi dan tertib tindak atas segala usaha dan kegiatan pelaksanaan pembinaan kemampuan Koarmatim berdasarkan kebijakan dan perundang-undangan yang berlaku.
7. Spri Pangarmatim bertugas membantu Pangarmatim dalam melaksanakan tugas kedinasan maupun tugas lain yang memerlukan perhatian khusus Pangarmatim.
8. Staf Ahli Pangarmatim bertugas membantu Pangarmatim dalam melaksanakan tugas kedinasan maupun tugas lain yang bersifat spesifik.
9. Tugas Puskodalarmatim adalah membantu Pangarmatim dalam menyelenggarakan kegiatan Pusat Komando dan Pengendalian Operasi di lingkungan Koarmatim.
10. Setumarmatim bertugas membantu Pangarmatim di bidang kesekretariatan umum Koarmatim.
11. Denma Mako Koarmatim bertugas menyelenggarakan pelayanan bagi dan dalam lingkungan Mako Koarmatim.
12. Dispenarmatim bertugas pokok membina dan melaksanakan penerangan pasukan dan penerangan umum serta pembinaan sejarah lingkup Koarmatim.
13. Kadiskomlekarmatim bertugas membina dan melaksanakan fungsi komunikasi dan membina fungsi peperangan elektronika di lingkungan Koarmatim.
14. Dispotmararmatim bertugas menyelenggarakan fungsi pengendalian dan pengawasan serta melaksanakan kegiatan pembinaan Potensi Nasional menjadi kekuatan Hankamneg dibidang maritim yang meliputi pembinaan sumber daya manusia, sumber daya alam dan buatan, sarana dan prasarana nasional dibidang maritim serta dinamisasi pembangunan kelautan di wilayah Koarmatim.
15. Disprovarmatim bertugas menyelenggarakan fungsi provos di lingkungan Koarmatim dan penyediaan kekuatan untuk pelaksanaan fungsi kepolisian militer.
16. Dismatbekarmatim bertugas pokok membina dan menyelenggarakan pembekalan materiel dan personel bagi unsur-unsur Koarmatim.
17. Diskuarmatim bertugas melaksanakan administrasi keuangan kepada Organisasi Pengguna Anggaran (OPA) yang berada di lingkungan Koarmatim.
18. Disminpersarmatim bertugas membina dan melaksanakan administrasi personel di lingkungan Koarmatim. Disinfohtaarmatim bertugas membina dan melaksanakan



pengumpulan dan pengolahan data serta penyajian informasi, penelitian dan pengembangan kesenjataan di lingkungan Koarmatim.

19. Diskesarmatim bertugas membina dan melaksanakan fungsi pembinaan kesehatan keangkatan-lautan dan kesehatan umum personel Koarmatim.
20. Dislambairarmatim bertugas pokok menyelenggarakan penyelamatan bawah permukaan laut, baik dalam rangka pembinaan dan pengoperasian kekuatan Koarmatim, maupun untuk kepentingan Hankam/ABRI lainnya dan pendukung Pembangunan Nasional sebagaimana dibebankan kepada Koarmatim.
21. Satkorarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur unsur-unsur organiknya dalam bidang peperangan anti kapal selam, peperangan anti kapal permukaan dan peperangan anti udara, dalam rangka meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
22. Satselarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur unsur-unsur organiknya dalam bidang peperangan anti kapal selam dan anti kapal permukaan dalam rangka meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
23. Satfibarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur unsur-unsur organiknya dalam bidang peperangan amfibi, sistem muat taktis dan muat administrasi dalam rangka meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
24. Satbanarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur unsur-unsur organiknya dalam bidang pembekalan di laut serta bantuan logistik mobil dalam meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
25. Satpaskaarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur Paska sesuai tuntutan kualifikasi sebagai Pasukan Katak dalam rangka meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
26. Satkatarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur unsur-unsur organiknya dalam bidang peperangan anti kapal selam, peperangan anti kapal permukaan dan peperangan anti udara serta dalam rangka meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
27. Satranarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur unsur-unsur organiknya dalam bidang peperangan ranjau dan peperangan anti udara dalam rangka meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
28. Satrolarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur unsur-unsur organiknya dalam bidang peperangan anti kapal permukaan dan peperangan anti udara dalam rangka meningkatkan kemampuan tempur Koarmatim.
29. Wing Udara Koarmatim bertugas pokok melaksanakan pembinaan kekuatan dan kemampuan tempur Pesud organiknya dalam bidang peperangan anti kapal selam dan anti kapal permukaan, pengintaian taktis, pendaratan Pasrat Lintas Heli, dukungan logistik cepat dan pengamatan laut terbatas dalam rangka pembinaan kemampuan tempur Koarmatim.
30. Kolatarmatim bertugas pokok membina dan menyelenggarakan latihan-latihan serta mengkaji dan mengembangkan taktik dan teknik peperangan laut.
31. Guspurlaarmatim bertugas pokok melaksanakan proyeksi kekuatan guna menyelenggarakan Operasi Tempur Laut yang meliputi Operasi Laut dan Operasi Amfibi, baik untuk mendukung pengendalian laut maupun untuk mencapai tujuan-tujuan strategis dalam rangka menegakkan kedaulatan dan hukum di laut.
32. Guskamlaarmatim bertugas pokok melaksanakan proyeksi kekuatan guna menyelenggarakan operasi laut sehari-hari dalam bentuk patroli keamanan laut baik untuk tujuan penegakkan hukum nasional dan internasional maupun untuk menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi operasi tempur laut dalam rangka menegakkan kedaulatan dan hukum di laut.



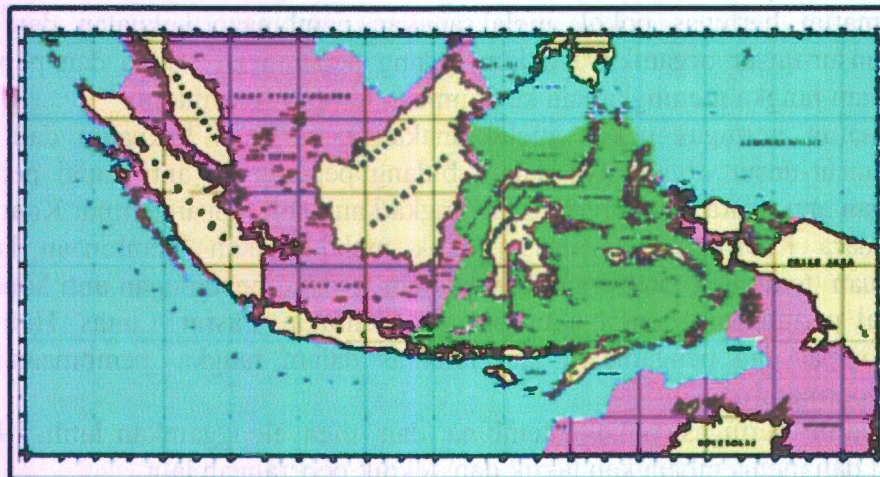
33. Sementara itu tugas pokok untuk setiap Lantamal di lingkungan Armatim adalah sama, yaitu : bertugas pokok melaksanakan pengamanan wilayah perairan Indonesia pada masing – masing wilayah komando teritorialnya dan menyelenggarakan dukungan logistik dan administrasi bagi unsur-unsur TNI AL dan Kotama TNI AL lainnya serta pembinaan potensi maritim menjadi kekuatan pertahanan keamanan negara di laut serta tugas-tugas lainnya berdasarkan kebijakan Kasal.

### 3.2. Kondisi Perairan

#### 3.2.1 Kondisi Perairan

Perairan laut di Indonesia timur merupakan perairan laut yang agak berbeda dengan laut-laut kebanyakan. Diperairan ini, pada bagian dasarnya terdiri dari lumpur, lumpur berpasir dan pasir. Jenis-jenis kerikil, karang dan batu hampir tidak ada didasar Laut Jawa, kecuali didaerah timur jauh, daerah yang menjorok ke tepi dan daerah pulau-pulau. Pantai di kepulauan antara pulau Bawean dan pulau-pulau sebelah timur pulau Madura, banyak terdapat karang-karang yang pada waktu air surut (pasang rendah). Demikian pula di kawasan Laut Sulawesi dan Laut Arafuru yang memiliki banyak terumbu karang. Kedalaman perairan Indonesia timur sangat bervariasi semisal perairan di sekitar laut Jawa antara 20-90 meter dengan dasar perairan sebagian lumpur berpasir. Laut Sulawesi di bagian barat mempunyai kedalaman 20-90 meter, sedangkan sebelah timur mencapai kedalaman 140 meter dengan dasar laut terdiri atas lumpur. Selat Bali mempunyai kedalaman 20-545 meter, dengan dasar terdiri atas lumpur, pasir dan karang-karang. Sedangkan samudra Indonesia mempunyai kedalaman lebih dari 1000 meter pada jarak 50 meter dari pantai. Dasar lautnya berbatu dan karang-karang serta pantainya banyak mempunyai teluk ( Effendy, 2006 ).

Adapun denah karakteristik perairan Indonesia adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3. Karakter perairan Indonesia

Keterangan :

Biru : Laut dalam ( *deep water* ), merupakan laut terbuka ( *open sea* ).

Merah : Laut dangkal ( *shallow water* ), terdiri dari Dangkalan Sunda di Barat dan Dangkalan Sahul di Timur.

Hijau : Laut dalam ( *deep water* ).



Dari denah di atas bisa disimpulkan bahwa perairan Indonesia timur mempunyai karakteristik perairan dangkal yaitu terutama di Laut Jawa dan sebelah selatan Papua, dan juga perairan dalam terutama di sekitar Pulau Sulawesi, Kepulauan Ambon, Nusa Tenggara.

Dari sudut pandang militer, kedua karakteristik perairan ini berpengaruh terhadap strategi militer yang digunakan. Perairan dangkal sangat potensial bagi penerapan strategi peranjauan (mining strategy), namun kurang kondusif bagi kekuatan kapal selam. Sebaliknya perairan dalam sangat baik bagi pengerahan kekuatan kapal selam, namun tidak memungkinkan bagi strategi peranjauan.

### 3.2.2. Klimatologi

Tidak berbeda dengan iklim khatulistiwa lainnya, keadaan iklim yang terjadi di perairan Indonesia Timur umumnya mempunyai dua musim nyata, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Rata-rata curah hujannya berkisar 1.682 mm dan banyaknya hari hujan berkisar 102 hari per tahunnya (*sumber : Departemen Kelautan dan Perikanan*). Karakteristik gelombang perairan Indonesia Timur saat kondisi cuaca buruk (Juli 2005) antara lain adalah:

- Kecepatan Angin : 30 knot
- Arah Angin : Dominan Utara
- Tinggi gelombang ( $h_w$ ) : 3.95 m
- Kecepatan Gelombang ( $V_w$ ) : 6.21 m/s
- Panjang Gelombang ( $L_w$ ) : 24.786 m
- Periode Gelombang ( $T_w$ ) : 2.98 sec

### 3.3. Fungsi dan Peranan Penggunaan Kapal Angkut Pasukan Katamaran

( Hasanudin, 2004 ) menyebutkan bahwa kapal angkut militer merupakan kapal yang mempunyai misi yang berbeda – beda, dan berikut ini adalah fungsi dan kegunaan kapal angkut pasukan katamaran dalam berbagai situasi dan kondisi beserta bagaimana kelebihan teknis yang dimiliki oleh kapal katamaran ini akan sangat membantunya dalam menjalankan suatu operasi :

1. Dalam Masa Perang.
  - a. Konflik.

Dalam masa konflik kapal angkut pasukan digunakan untuk memobilisasi pasukan infanteri, perlengkapan dan perbekalannya ke daerah yang akan dikuasai oleh TNI, dimana kapal ini harus dikawal oleh kapal – kapal kombatan, sebab lazimnya kapal ini hanya dipersenjagai alat pertahanan udara ringan seperti sepasang kanon kaliber 37 mm dan sepasang mitraliur kaliber 12,7 mm sebagaimana yang terdapat pada kapal – kapal angkut TNI AL yang lain seperti LST, dan tidak didesain menghadapi serangan dari dalam laut seperti torpedo maupun serangan rudal dari kapal permukaan maupun pesawat udara.

Selain cepat, keunggulan kapal ini adalah bisa digunakan untuk mengangkut pasukan menuju ke tempat yang tidak bisa disinggahi oleh kapal – kapal besar dan juga bisa digunakan untuk penyerangan musuh yang sedang bersembunyi di pulau – pulau terpencil. Untuk melakukan invasi ataupun operasi militer, batalion infanteri di dalam kapal yang terdiri dari tiga kompi langsung diturunkan beserta dengan perlengkapan dan perbekalannya. Namun apabila di area operasi tersebut



tidak terdapat pelabuhan atau dermaga, maka pasukan tersebut bisa menggunakan perahu pendarat yang ada di atas kapal angkut pasukan ini. Dari segi teknis kapal cepat angkut pasukan katamaran memiliki sarat yang rendah sehingga sangat cocok digunakan di Indonesia yang mempunyai banyak pulau dan perairan dangkal.

b. Damai.

Pada masa damai sebelum dan setelah perang maupun saat gencatan senjata, kapal cepat angkut pasukan ini dapat digunakan untuk memobilisasi atau memindahkan pasukan infanteri dari satu pangkalan ke pangkalan lainnya. Pengangkutan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan masing – masing pangkalan dan pergantian tugas antar prajurit. Selain itu juga digunakan siaga pangkalan untuk membantu sewaktu – waktu pangkalan lain yang mendapatkan gangguan keamanan / serangan mendadak dari musuh.

2. Dalam Masa Selain Perang.

a. Operasi Bencana Alam.

Untuk menanggulangi bencana alam yang selalu datang secara tiba – tiba dan tidak terduga diperlukan sarana transportasi yang mampu melakukan reaksi tanggap darurat dan evakuasi massal dengan cepat. Apalagi seringkali bencana alam terjadi di daerah – daerah terpencil yang hanya mampu dijangkau oleh kapal bersarat rendah seperti kapal katamaran, sehingga ini menambah nilai tambah tersendiri bagi kapal angkut pasukan berlambung katamaran ini.

b. Operasi Pelayanan Masyarakat ( Kemanusiaan ).

Operasi ini diperlukan bila sarana transportasi pendukung di daerah tidak dapat berjalan karena adanya sabotase, tidak mencukupinya sarana transportasi laut akibat penuhnya penumpang seperti pada hari raya seperti Idul Fitri, maupun aksi mogok pelaku jasa penyeberangan. Untuk itu kapal angkut pasukan ini bisa digunakan untuk mengangkut penumpang sipil. Operasi ini dapat dilakukan apabila ada perintah dari pemerintah melalui institusi terkait yang memintanya seperti Departemen Perhubungan. Dan setelah selesai kapal ini bisa kembali ke pangkalannya.

c. Operasi Bantuan.

Operasi bantuan dilakukan bila ada pangkalan lain meminta bantuan kepada pangkalan yang mempunyai kapal angkut pasukan. Bantuan ini untuk mengangkut pasukan infanteri, perbekalan, dan perlengkapannya ke tempat lain guna mempertahankan keamanan. Setelah selesai maka akan dikaji masih perlunya penempatan kapal tersebut, jika tidak akan kembali ke pangkalannya semula.

Secara garis besar kapal angkut pasukan dengan lambung katamaran ini dirancang untuk digunakan pada masa perang dan non perang. Pada masa perang digunakan untuk kepentingan militer dan pada masa non perang dapat diperbantukan pada instansi lain. Kemampuan militer yang disyaratkan haruslah mampu mengangkut pasukan infanteri dengan cepat beserta perbekalan dan perlengkapan tempurnya.



### 3.4. Jumlah Armada Kapal Perang TNI AL Secara Umum

Kapal Republik Indonesia (KRI) berjumlah 132 kapal, KRI, dibagi menjadi tiga kelompok kekuatan, yaitu :

1. Kekuatan Pemukul (*Striking Force*) terdiri dari 18 KRI yang memiliki persenjataan strategis:
  - 2 kapal selam kelas Cakra.
  - 6 Frigate kelas Ahmad Yani
  - 3 Korvet kelas Fatahillah
  - 16 Korvet anti kapal selam kelas Parchim
  - 1 Frigate kelas Ki Hajar Dewantara
  - 4 kapal cepat roket (KCR) kelas Mandau.
  - 2 kapal cepat torpedo (KCT) kelas Ajak.
  - 2 buru ranjau (BR) kelas Pulau Rengat.
2. Kekuatan Patroli (*Patrolling Force*) berjumlah 46 KRI.
3. Kekuatan Pendukung (*Supporting Force*) berjumlah 48 KRI, terdiri dari:
  - 8 angkut tank (AT) kelas Teluk Langsa
  - 4 angkut tank (AT) kelas Teluk Semangka
  - 2 angkut tank (AT) kelas Teluk Banten
  - 8 angkut tank (AT) Kelas Frosch
  - 1 markas (MA) kelas Multatuli
  - 6 penyapu ranjau (PR) kelas kondor
  - 5 bantuan cair minyak (BCM)
  - 1 bengkel apung (BA) kelas Jayawijaya
  - 3 bantu tunda (BTD)
  - 3 bantu umum (BU)
  - 1 bantu angkut personel (BAP) kelas Tanjung Kambani
  - 3 bantu hidrooseanografi (BHO) kelas Pulau Rondo
  - 1 bantu hidrooseanografi (BHO) kelas Dewa Kembar
  - 2 kapal latihan.

Sedangkan Kapal Angkatan Laut (KAL) adalah kapal patroli yang berfungsi untuk mendukung Pangkalan TNI AL (Lanal) dalam melaksanakan tugas-tugas patroli keamanan laut dan tugas-tugas dukungan lainnya.

Kesemua kapal ini ditugaskan secara berkala pada masing – masing armada baik Armada Barat maupun Armada Timur.



## BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN

### 4.1. Perencanaan Ukuran Utama Kapal

Dalam merencanakan ukuran utama kapal, maka terlebih dahulu harus didapatkan satu ukuran utama dari kapal katamaran yang sudah ada yang akan dijadikan sebagai nilai awal (*initial value*) dan kemudian dioptimasi, dimana ukuran utama awal ini bisa didapatkan dari salah satu dari kapal pembanding yang ada. Adapun data kapal pembanding yang diperoleh dari buku *Ship Design and Construction* volume 2 tahun 2004 disajikan dalam Tabel 4.1.

| No | Nama Kapal     | L <sub>pp</sub> | B            | B <sub>1</sub> | H           | T           | S            |
|----|----------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|-------------|--------------|
| 1  | Luciano F L    | 69,90           | 19,00        | 5,65           | 4,50        | 2,13        | 13,35        |
| 2  | Highspeed 2    | 63,50           | 17,50        | 4,73           | 5,90        | 2,50        | 12,77        |
| 3  | Captain George | 68,00           | 22,20        | 6,15           | 7,20        | 3,00        | 16,05        |
| 4  | Delphin        | 69,00           | 23,00        | 5,20           | 6,50        | 2,50        | 17,80        |
| 5  | Highspeed 4    | 80,60           | 24,00        | 5,34           | 7,80        | 3,90        | 18,66        |
|    | <b>min</b>     | <b>63,50</b>    | <b>17,50</b> | <b>4,73</b>    | <b>4,50</b> | <b>2,13</b> | <b>12,77</b> |
|    | <b>max</b>     | <b>80,60</b>    | <b>24,00</b> | <b>6,15</b>    | <b>7,80</b> | <b>3,90</b> | <b>18,66</b> |

Tabel 4.1. Daftar Kapal Pembanding.

#### 4.1.1. Perencanaan Kapasitas

Dalam merancang kapal cepat angkut pasukan ini, jumlah pasukan yang diangkut berjumlah 3 (tiga) kompi yang bernaung dalam satu batalion, dimana sateiap kompi tersebut tersebut terdiri dari 3 (tiga) peleton, dengan pertimbangan jumlah tersebut (sesuai masukan dari pihak Armatim) adalah jumlah satuan standar atau komposisi standar yang sering digunakan dalam operasi militer dan tidak terlalu banyak apabila akan diangkut oleh sebuah kapal angkut cepat, sehingga ukuran utama kapal yang dibutuhkan bisa dioptimumkan agar sesuai dengan kecepatan yang dimilikinya yaitu sebesar 30 knot.

Dalam arti untuk mencapai kecepatan ini kapal tidak mengalami hambatan total  $R_t$  yang terlalu besar dikarenakan dengan ukuran utama yang dimilikinya cukup sesuai, maka luasan permukaan basah kapal tidak terlalu besar, dan pada akhirnya hal ini juga akan meminimumkan ongkos produksi kapal ini sendiri.

#### 4.1.2. Design Variable

Dalam proses optimasi, harga-harga variabel yang akan dicari meliputi ukuran utama kapal katamaran ini, yaitu:

- Panjang kapal ( $L_{PP}$ ).
- Lebar kapal (B).
- Tinggi kapal (H).
- Sarat (T).

Sebagai nilai awal (*initial value*) dari *design variable* di atas, diambil data dari ukuran utama satu kapal pembanding yang diperoleh dari buku *Ship Design and Construction* volume 2 seperti yang tercantum di Tabel 4.1 diatas dengan data sebagai berikut:



|                        |       |   |
|------------------------|-------|---|
| • <i>Length</i>        | : 69  | m |
| • <i>Breadht (B)</i>   | : 23  | m |
| • <i>B<sub>1</sub></i> | : 5,2 | m |
| • <i>Depth (H)</i>     | : 6,5 | m |
| • <i>Draft (T)</i>     | : 2,5 | m |

#### 4.1.3. Batasan-batasan (*Constraints*)

Batasan yang digunakan dalam proses optimasi disini, adalah menggunakan batasan dari makalah M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc, Ph.D., C.Eng serta ukuran-ukuran utama minimum dan maksimum dari rekapitulasi daftar kapal pemandang yang ada dalam Tabel 4.1. Berikut ini adalah batasan-batasan yang digunakan :

##### 1. Rasio ukuran utama untuk kapal *catamaran* yaitu:

- $L/B_1$  : 11,06 ~ 13,42
- $S/L$  : 0.2 ~ 0.5
- $B_1/T$  : 1.37 ~ 2,65
- $B_1/H$  : 0,68 ~ 1,26
- $L/H$  : 9,44 ~ 15,53
- $S/B_1$  : 2,5 ~ 4.0
- $H/T$  : 2,0 ~ 2.6
- $\frac{V}{\sqrt{L}}$  : 0.80 ~ 3.00
- $F_n$  : 0.5 ~ 1.0.
- $L_{pp}$  : 63,5 ~ 70
- $B_{mld}$  : 20 ~ 24
- $H_{mld}$  : 6.5 ~ 7,8
- $T$  : 2.5 ~ 3.5

#### 4.1.4. Fungsi Obyektif

*Objective function* dalam proses optimasi ini adalah meminimalkan biaya total pembangunan kapal.

**Objective function = min (total Cost pembangunan kapal).**

Dimana, **Total cost = Fixed cost + Variable cost.**

##### 1. *Fixed cost* terdiri dari :

Investasi awal (biaya pembangunan kapal), terdiri dari :

- Biaya lambung kapal, berdasarkan berita dari harian Kompas tanggal 9 Januari 2008, bahwa pada tanggal tersebut *harga baja menjadi 710 dollar / ton, dan akan terus naik menjadi 800 dollar / ton pada Juni mendatang.* Atas dasar ini harga baja ditetapkan sebesar 800 dollar / ton, dan dengan kurs 1 dollar = Rp. 9500, maka harga baja adalah Rp. 7,6 juta / ton.
- Biaya outfitting dan equipment.  
Biaya outfitting diasumsikan sebesar Rp 5 juta / tonnya.
- Biaya permesinan, yang terdiri dari biaya *main engine* dan *auxiliary engine*, yaitu Rp. 3 juta / kW.



2. *Variable cost*, terdiri dari :

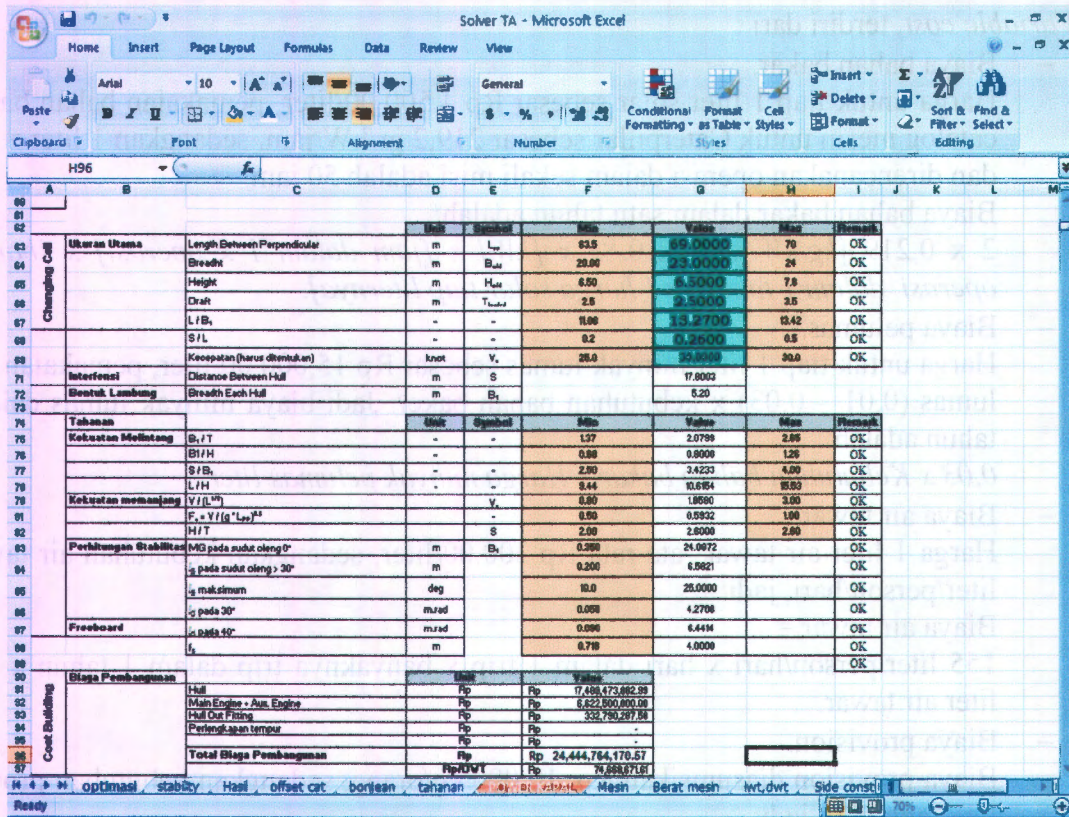
- Biaya bahan bakar.  
 Harga untuk tiap 1 liter solar sebesar Rp 4.500,00/liter, pemakaian bahan bakar dari catalog mesin untuk Caterpillar sebesar 219,2 gr/kW/jam, sedangkan 1 liter = 0,85 kg dan direncanakan operasi dalam sekali misi adalah 50 jam.  
 Biaya bahan bakar dalam satu tahun adalah:  
 $2 \times 0,219 \text{ [kg/kW/jam]} \times 0.85 \times \text{[kW]} \times \text{[jam dalam 1 x operasi]} \times \text{[banyaknya operasi dalam 1 tahun]} \times \text{[harga solar tiap liternya]}$ .
- Biaya pelumas.  
 Harga untuk tiap 1 liter minyak lumas sebesar Rp 15,000.00/liter, pemakaian minyak lumas (0.01 – 0.03) x kebutuhan bahan baker. Jadi biaya minyak lumas dalam satu tahun adalah:  
 $0.03 \times \text{Kebutuhan bahan bakar} \times \text{Harga minyak pelumas/liter}$ .
- Biaya air tawar.  
 Harga 1 liter air tawar rata-rata Rp 300.00/liter, sedangkan kebutuhan air tawar 155 liter/person/hari, jadi:  
 Biaya air tawar =  
 $155 \text{ liter/person/hari} \times \text{hari dalam 1 trip} \times \text{banyaknya trip dalam 1 tahun} \times \text{harga 1 liter air tawar}$ .
- Biaya provision.  
 Biaya provision diasumsikan Rp. 10.000/kg/orang, sedangkan kebutuhan provision 4 kg/orang/hari, jadi:  
 Biaya provision =  
 $4 \text{ kg/person/hari} \times \text{hari dalam 1 trip} \times \text{banyaknya trip dalam 1 tahun} \times \text{harga provision/kg}$ .

#### 4.2 Model Optimasi


Model optimasi adalah pernyataan atau penggambaran dari persamaan-persamaan matematis untuk memecahkan masalah matematis . hasil dari pemecahan masalah matematis tersebut yang dinyatakan di model matematis merupakan cara atau langkah yang terbaik. Dalam melakukan proses optimasi terhadap ukuran utama kapal, penulis menggunakan tool pada *software Microsoft Office Excel*, yaitu *Solver*. Sedangkan langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut :

1. Pertama kali yang harus dilakukan adalah membuat model optimasi dengan menggunakan Microsoft Office Excel. Model optimasi ini harus mencakup *Variables* yang akan dicari nilainya, *Constraints* yang membatasi variable-variable yang ada, dan *Objective function* yang akan dicari nilainya (max atau min). Seperti pada gambar dibawah ini :





Gambar 4.1 Model optimasi kapal cepat angkut pasukan katamaran

- Setelah membuat model optimasinya, untuk menampilkan tool solver maka harus memanggilnya terlebih dahulu (penulis menggunakan Microsoft Office Excel 2007), dengan cara :Klik tombol Microsoft Office Button , dan kemudian klik Excel Options. Kemudian muncul kotak dialog Excel Option, dan pada daftar menunya klik Add-Ins, dan kemudian di kotak Manage, pilih Excel Add-ins. Kemudian klik Go. Pada kotak Add-Ins available, klik pada kotak pilihan Solver Add-in, dan kemudian klik OK. Setelah dipanggil, perintah Solver dapat diakses pada grup Analysis dalam tab Data.
- Selanjutnya setelah mengakses perintah solver, maka akan muncul kotak Solver Parameter, seperti pada gambar berikut :



The Solver Parameters dialog box is shown with the following settings:

- Set Target Cell:  $\$F\$6$
- Equal To:  Max  Min  Value of: 0
- By Changing Variable Cells:  $\$B\$2:\$B\$10$
- Subject to the Constraints: (empty list)

The background spreadsheet contains the following data tables:

| Unit | Simbol    | Nilai | Value   | Max   | Remark |
|------|-----------|-------|---------|-------|--------|
| m    | $L_{pp}$  | 63.5  | 69.0000 | 70    | OK     |
| m    | $B_{max}$ | 20.00 | 23.0000 | 24    | OK     |
| m    | $H_{max}$ | 6.50  | 6.5000  | 7.8   | OK     |
| m    | $T_{max}$ | 2.5   | 2.5000  | 3.5   | OK     |
| -    | -         | 110%  | 13.2700 | 13.42 | OK     |
| -    | -         | 0.2   | 0.2500  | 0.5   | OK     |
| knot | $V_s$     | 25.0  | 30.0000 | 30.0  | OK     |
| m    | $S$       | -     | 17.0000 | -     | -      |

| Unit | Value             |
|------|-------------------|
| Rp   | 17.489.473.882,99 |
| Rp   | 5.822.250.000,00  |
| Rp   | 322.790.287,58    |
| Rp   | -                 |
| Rp   | -                 |
| Rp   | -                 |
| Rp   | 24.444.764.176,57 |
| Rp   | 74.886.671,61     |

Gambar 4.2 Tampilan Solver Parameter

4. Setelah muncul Solver Parameter, selanjutnya memasukkan nilai-nilai dari cell-cell yang terlibat dalam optimasi ini. Pada Set Target Cell dimasukkan nilai dari fungsi obyektif (nilai yang akan di minimumkan atau maksimumkan). Dan pada daerah *equal to* kita memilih pilihan yang min (karena pada optimasi kali ini penulis ingin meminimumkan biaya pembangunan kapal).

The Solver Parameters dialog box is shown with the following settings:

- Set Target Cell:  $\$F\$6$
- Equal To:  Max  Min  Value of: 0
- By Changing Variable Cells:  $\$B\$2:\$B\$10$
- Subject to the Constraints: (empty list)

The background spreadsheet contains the following data tables:

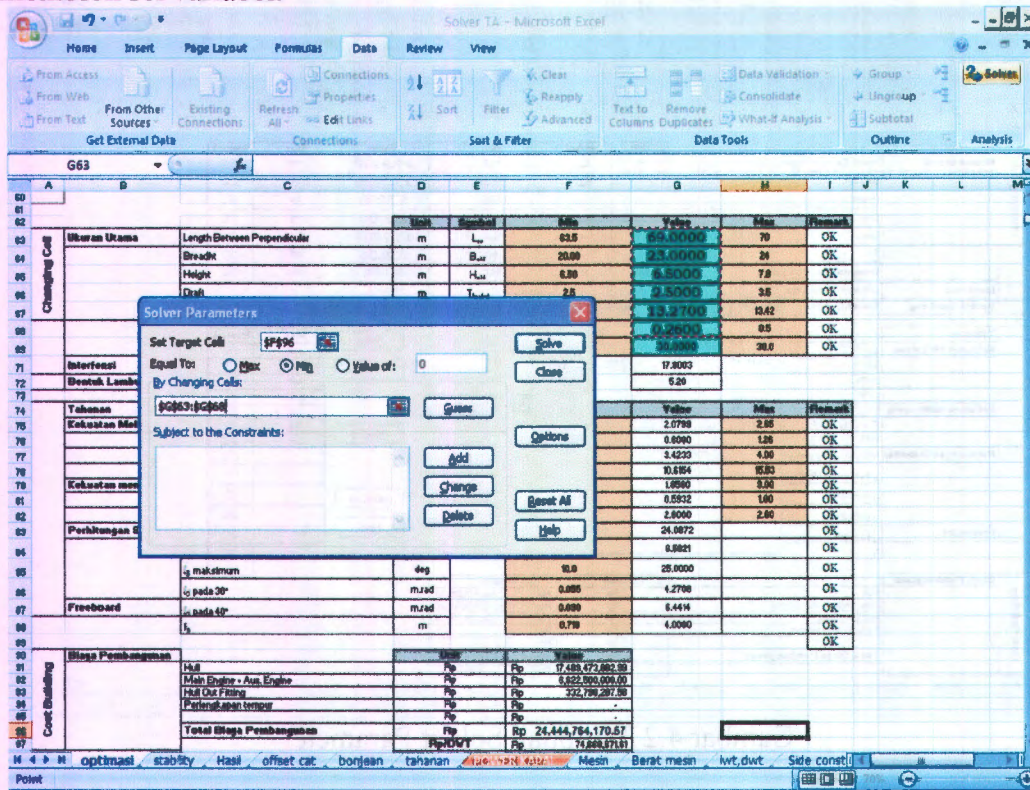
| Unit | Simbol    | Nilai | Value   | Max   | Remark |
|------|-----------|-------|---------|-------|--------|
| m    | $L_{pp}$  | 63.5  | 69.0000 | 70    | OK     |
| m    | $B_{max}$ | 20.00 | 23.0000 | 24    | OK     |
| m    | $H_{max}$ | 6.50  | 6.5000  | 7.8   | OK     |
| m    | $T_{max}$ | 2.5   | 2.5000  | 3.5   | OK     |
| -    | -         | 110%  | 13.2700 | 13.42 | OK     |
| -    | -         | 0.2   | 0.2500  | 0.5   | OK     |
| knot | $V_s$     | 25.0  | 30.0000 | 30.0  | OK     |
| m    | $S$       | -     | 17.0000 | -     | -      |

| Unit | Value             |
|------|-------------------|
| Rp   | 17.489.473.882,99 |
| Rp   | 5.822.250.000,00  |
| Rp   | 322.790.287,58    |
| Rp   | -                 |
| Rp   | -                 |
| Rp   | -                 |
| Rp   | 24.444.764.176,57 |
| Rp   | 74.886.671,61     |

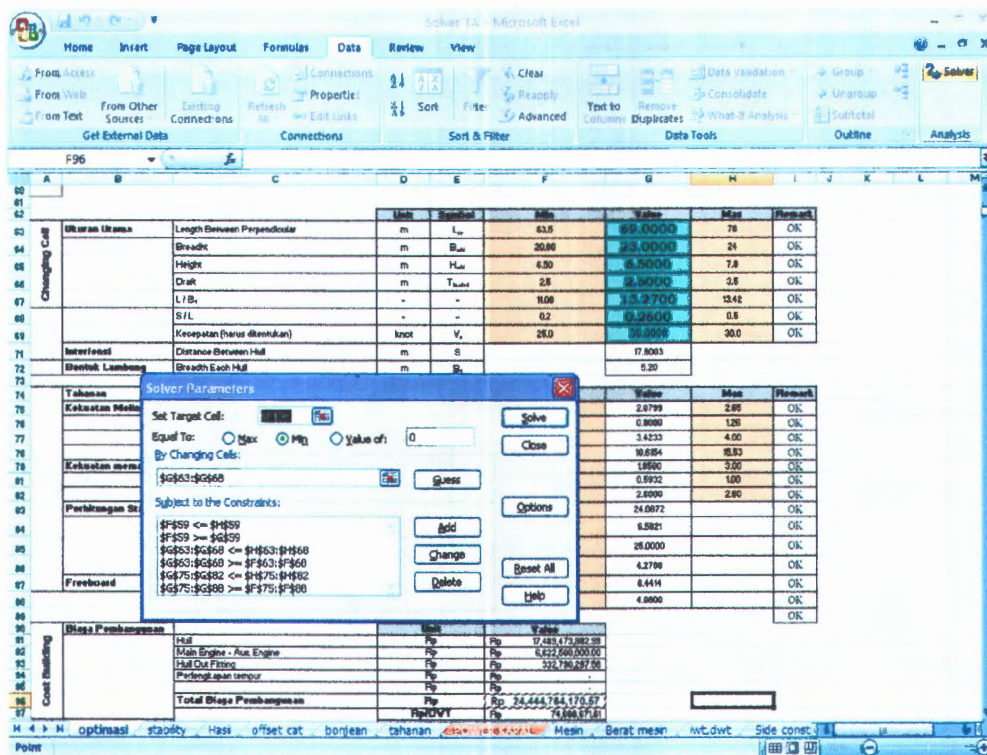
Gambar 4.3 Penentuan Set Target Cell dan Equal To



5. Pada *By Changing Cell*, kemudian dipilih variabel yang akan dicari pada model optimasi dengan memblok sel variabel.

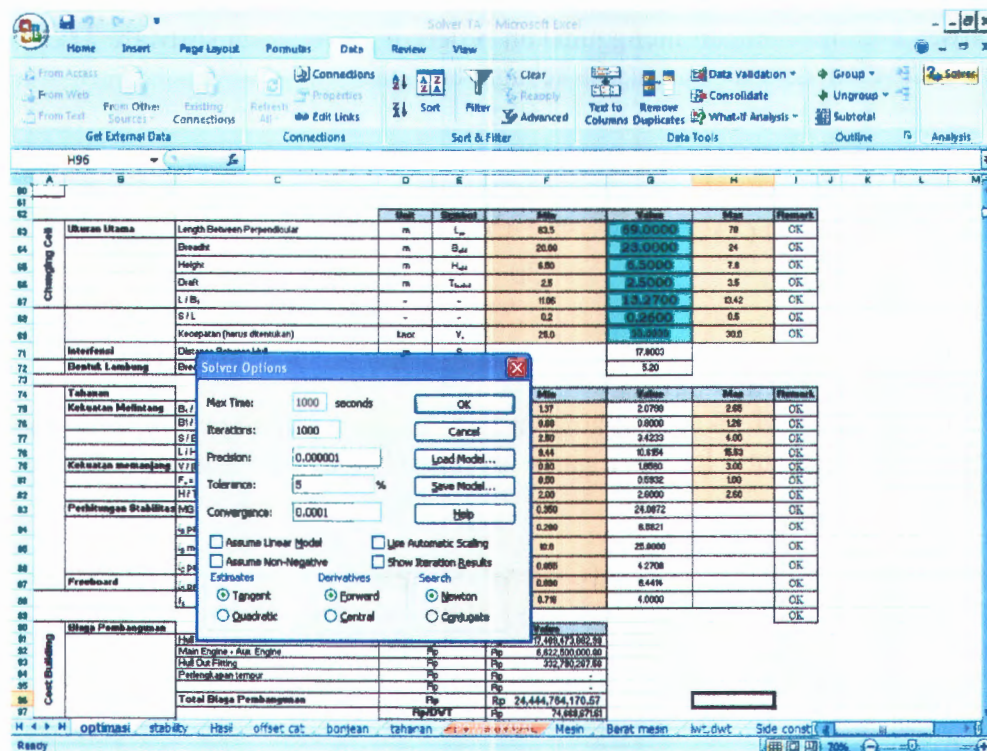






Gambar 4.6 Tampilan Solver Parameter dengan constraints

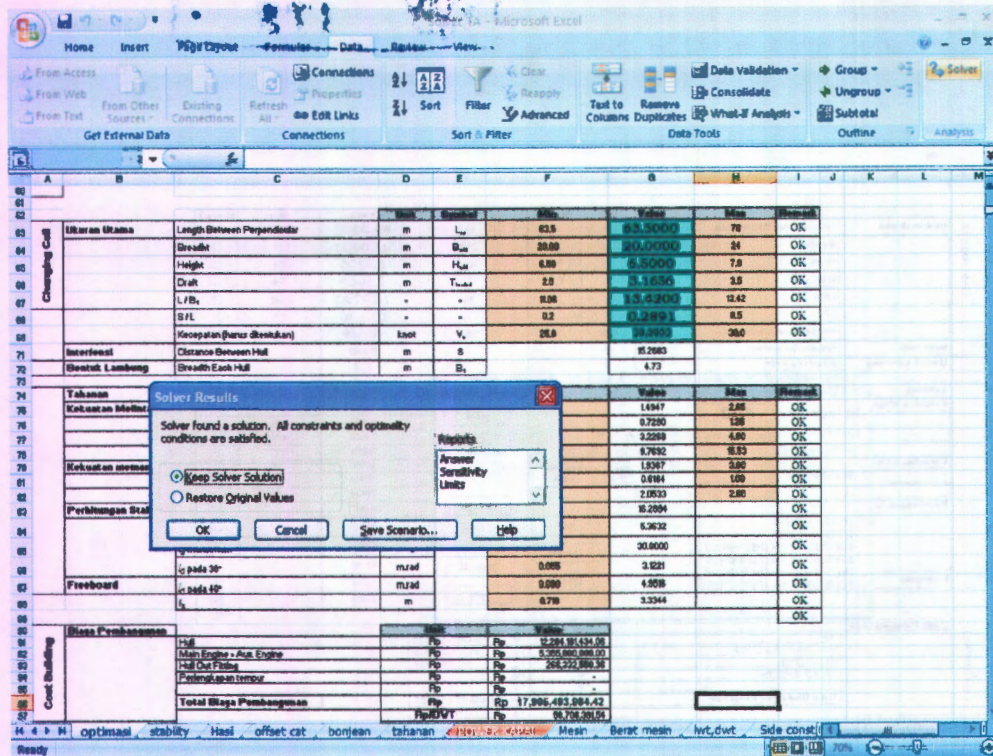
7. Setelah batasan-batasan dimasukkan kemudian tekan tombol *Options* untuk mengecek *max time, iterations, precision, tolerance, convergence*, sebelum program ini di *run*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.7 Tampilan solver parameter dengan melihat Solver Options

8. Setelah *Options* di cek, kita kembali ke menu utama dengan menekan tombol *OK* setelah itu, tekan tombol *Solve*, apabila model yang di buat sudah benar maka akan muncul pesan "*Solver found a solution*", seperti gambar di bawah ini.





Gambar 4.8 . Tampilan hasil optimasi setelah solusi optimal ditemukan

Jika model optimasi yang di buat belum benar maka akan muncul pesan “*Solver could not find a feasible solution*”.

### Hasil optimasi

Dari hasil proses optimasi dengan menggunakan program solver pada software *Microsoft Office Excel* , maka didapatkan data ukuran utama sebagai berikut :

- Panjang ( $L_{pp}$ ) : 63,5 m
- Lebar (B) : 20 m
- Tinggi (H) : 6,5 m
- Sarat (T) : 3,17 m
- V : 30 knot
- B1 : 4,732 m

### 4.3 Penggambaran rencana garis

Setelah didapatkan optimasi ukuran utama, maka langkah selanjutnya adalah menggambar Rencana Garis kapal tersebut. Rencana garis ini digambar dengan bantuan *Software Maxsurf* dan *AutoCAD*.

### 4.4 Penggambaran Rencana umum (*General Arrangement*)

Setelah penggambaran rencana garis (*lines plan*) selesai, maka selanjutnya dilakukan penggambaran rencana umum.

### 4.5 Stabilitas

Perhitungan untuk mencari besarnya lengan stabilitas kapal dari ukuran utama kapal dan koefisien-koefisiennya dengan metode Barnhart dan Thewlis. Untuk keperluan perhitungan stabilitas statis dan dinamis dengan metode tersebut, maka data awal tentang ukuran-ukuran berikut diperlukan:





1.  $L_{WL}$  = *waterline length.*
2.  $B$  = *maximum breadth.*
3.  $B_M$  = *maximum waterline breadth.*
4.  $H$  = *mean draft at designed waterline.*
5.  $D_H$  = *minimum depth.*
6.  $S_F$  = *forward sheer.*
7.  $S_A$  = *after sheer.*
8.  $\Delta_0$  = *displacement at designed waterline.*
9.  $L_d$  = *length of superstructure which extends to sides of ship.*
10.  $d$  = *height of superstructure which extends to sides of ship.*
11.  $C_B$  = *block coefficient.*
12.  $C_W$  = *waterline coefficient at draft H.*
13.  $C_X$  = *midship section coefficient at draft H.*
14.  $C_{PV}$  = *vertical prismatic coefficient at draft H.*
15.  $A_0$  = *area of waterline plane at designed draft.*
16.  $A_M$  = *area of immersed midship section.*
17.  $A_2$  = *area of vertical centerline plane to depth D.*
18.  $S$  = *mean sheer.*  
= *area of centerline plane above minimum depth divided by length.*
19.  $D$  = *mean depth.*
20.  $F$  = *mean freeboard.*
21.  $A_1$  = *area of waterline plane at depth D may be estimated from  $A_0$  and nature of stations above waterline.*

Adapun langkah-langkah perhitungan untuk parameter-parameter dari stabilitas statis dan dinamis diuraikan dibawah ini:

- Menentukan besar  $\Delta_T$  dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left( \frac{A_0 + A_1}{2} \right) \frac{F}{35}$$

- Menentukan besar  $\delta$  dengan rumus sebagai berikut:

$$\delta = \frac{\Delta_T}{2} - \Delta_0$$

- Menentukan besar  $C_W'$  dengan rumus sebagai berikut:

$$C_W' = \frac{A_2}{L D}$$

- Menentukan besar  $C_W''$  dengan rumus sebagai berikut:

$$C_W'' = C_W' - \frac{140 \delta}{BDL} (1 - C_{PV}'')$$

- Menentukan besar  $C_X'$  dengan rumus sebagai berikut:

$$C_X' = \frac{A_M + BF}{BD}$$

- Menentukan besar  $C_{PV}'$  dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{PV}' = \frac{35 \Delta_T}{A_1 D}$$



- Menentukan besar  $C_{PV''}$  dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{PV''} = \frac{35\Delta_T}{A_2B}$$

- Menentukan besar  $GG'$  dengan rumus sebagai berikut:

$$GG' = KG' - KG$$

- Menentukan besar  $KG$  dengan rumus sebagai berikut:

$$KG = C_{KG} \cdot D_M$$

- Menentukan besar  $f_1$  dengan rumus sebagai berikut:

$$f_1 = \frac{\left( D \left( 1 - \left( \frac{A_0}{A_1} \right) \right) \right)}{2F(1 - C_{PV'})}$$

- Menentukan besar  $G'B_0$  dengan rumus sebagai berikut:

$$G'B_0 = KG' - KB_0$$

- Menentukan besar  $KB_0$  dengan rumus sebagai berikut:

$$KB_0 = (1 - h_0)H$$

- Menentukan besar  $f_0$  dengan rumus sebagai berikut:

$$f_0 = \frac{\left( H \left( \left( \frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right) \right)}{2F(1 - C_{PV})}$$

- Menentukan besar  $G'B_{90}$  dengan rumus sebagai berikut:

$$G'B_{90} = \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} - \frac{17,5 \cdot \delta^2}{\Delta_0 (A_2 - 70 \left( \frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV''}))}$$

- Menentukan besar  $f_2$  dengan rumus sebagai berikut:

$$f_2 = 9,1(C_X' - 0,89)$$

- Menentukan besar  $G'M_0$  dengan rumus sebagai berikut:

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

- Menentukan besar  $BM_0$  dengan rumus sebagai berikut:

$$BM_0 = \frac{C_1 L B_w^3}{35\Delta_0}$$

- Menentukan besar  $G'M_{90}$  dengan rumus sebagai berikut:

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

- Menentukan besar  $BM_{90}$  dengan rumus sebagai berikut:

$$BM_{90} = \frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0} + \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0}$$



- Menentukan besar  $GM_0$  dengan rumus sebagai berikut:

$$GM_0 = KB_0 + B_0M_0 - KG$$

- Menentukan besar  $GZ$  dengan rumus sebagai berikut:

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi$$

- Menentukan besar  $G'Z'$  dengan rumus sebagai berikut:

$$G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

- Menentukan besar  $b_1$  dengan rumus sebagai berikut

$$b_1 = \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}$$

- Menentukan besar  $b_2$  dengan rumus sebagai berikut

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

- Menentukan besar  $b_3$  dengan rumus sebagai berikut

$$b_3 = \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8}$$

Tabel 4.2 Tabel nilai  $GZ$ ,  $L_{statis}$ ,  $L_{dinamis}$ 

| $\phi$        | □ | □      | 0      | 5       | 10      | 15      | 20      | 25      | 30      | 35      | 40      |
|---------------|---|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| sin           | 1 | $\phi$ | 0.0000 | 0.0872  | 0.1736  | 0.2588  | 0.3420  | 0.4226  | 0.5000  | 0.5736  | 0.6428  |
| sin           | 2 | $\phi$ | 0.0000 | 0.1736  | 0.3420  | 0.5000  | 0.6428  | 0.7660  | 0.8660  | 0.9397  | 0.9848  |
| sin           | 4 | $\phi$ | 0.0000 | 0.3420  | 0.6428  | 0.8660  | 0.9848  | 0.9848  | 0.8660  | 0.6428  | 0.3420  |
| sin           | 6 | $\phi$ | 0.0000 | 0.5000  | 0.8660  | 1.0000  | 0.8660  | 0.5000  | 0.0000  | -0.5000 | -0.8660 |
| GG' sin       | 1 | $\phi$ | 0.0000 | 0.5007  | 0.9976  | 1.4870  | 1.9650  | 2.4280  | 2.8726  | 3.2953  | 3.6929  |
| b1 sin        | 2 | $\phi$ | 0.0000 | 1.8664  | 3.6761  | 5.3741  | 6.9088  | 8.2336  | 9.3082  | 10.1000 | 10.5849 |
| b2 sin        | 4 | $\phi$ | 0.0000 | 1.1393  | 2.1412  | 2.8849  | 3.2806  | 3.2806  | 2.8849  | 2.1412  | 1.1393  |
| b3 sin        | 6 | $\phi$ | 0.0000 | -0.1668 | -0.2890 | -0.3337 | -0.2890 | -0.1668 | 0.0000  | 0.1668  | 0.2890  |
| GZ            |   |        | 0.0000 | 3.3396  | 6.5260  | 9.4123  | 11.8654 | 13.7754 | 15.0657 | 15.7034 | 15.7061 |
| heel angle    |   |        | 0      | 5       | 10      | 15      | 20      | 25      | 30      | 35      | 40      |
| Lstatis [m]   |   |        | 0.0000 | 1.0179  | 1.9891  | 2.8689  | 3.6166  | 4.1987  | 4.5920  | 4.7864  | 4.7872  |
|               |   |        | 0.0000 | 4.0717  | 1.9891  | 11.4755 | 3.6166  | 16.7949 | 4.5920  | 19.1456 | 4.7872  |
| L dinamis [m] |   |        | 0.0000 | 0.0882  | 0.1763  | 0.3366  | 0.4969  | 0.6121  | 0.7273  | 0.7785  | 0.8298  |
|               |   |        | 0      | 0.0882  | 0.2645  | 0.6010  | 1.0979  | 1.7100  | 2.4373  | 3.2159  | 4.0456  |



| 45      | 50      | 55      | 60      | 65      | 70      | 75      | 80      | 85      | 90     |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 0.7071  | 0.7660  | 0.8192  | 0.8660  | 0.9063  | 0.9397  | 0.9659  | 0.9848  | 0.9962  | 1.0000 |
| 1.0000  | 0.9848  | 0.9397  | 0.8660  | 0.7660  | 0.6428  | 0.5000  | 0.3420  | 0.1736  | 0.0000 |
| 0.0000  | -0.3420 | -0.6428 | -0.8660 | -0.9848 | -0.9848 | -0.8660 | -0.6428 | -0.3420 | 0.0000 |
| -1.0000 | -0.8660 | -0.5000 | 0.0000  | 0.5000  | 0.8660  | 1.0000  | 0.8660  | 0.5000  | 0.0000 |
| 4.0625  | 4.4011  | 4.7062  | 4.9755  | 5.2069  | 5.3987  | 5.5494  | 5.6579  | 5.7233  | 5.7452 |
| 10.7482 | 10.5849 | 10.1000 | 9.3082  | 8.2336  | 6.9088  | 5.3741  | 3.6761  | 1.8664  | 0.0000 |
| 0.0000  | -1.1393 | -2.1412 | -2.8849 | -3.2806 | -3.2806 | -2.8849 | -2.1412 | -1.1393 | 0.0000 |
| 0.3337  | 0.2890  | 0.1668  | 0.0000  | -0.1668 | -0.2890 | -0.3337 | -0.2890 | -0.1668 | 0.0000 |
| 15.1443 | 14.1356 | 12.8318 | 11.3988 | 9.9931  | 8.7380  | 7.7050  | 6.9038  | 6.2836  | 5.7452 |
| 45      | 50      | 55      | 60      | 65      | 70      | 75      | 80      | 85      | 90     |
| 4.6160  | 4.3085  | 3.9111  | 3.4744  | 3.0459  | 2.6633  | 2.3485  | 2.1043  | 1.9152  | 1.7511 |
| 18.4639 | 4.3085  | 15.6445 | 3.4744  | 12.1836 | 2.6633  | 9.3939  | 2.1043  | 7.6609  | 1.7511 |
| 0.8157  | 0.8017  | 0.7416  | 0.6815  | 0.6072  | 0.5329  | 0.4724  | 0.4119  | 0.3735  | 0.3350 |
| 4.8613  | 5.6630  | 6.4046  | 7.0861  | 7.6933  | 8.2262  | 8.6987  | 9.1106  | 9.4841  | 9.8191 |

Persyaratan stabilitas untuk kapal cepat angkut pasukan ini diambil dari ketentuan-ketentuan dari IMO yang ada yaitu :

- Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng  $0^\circ$  untuk single deck: tidak boleh kurang dari 0.35 m  
 $MG = 11,7544 \text{ m}$
- Lengan statis (GZ) pada sudut oleng lebih besar dari  $30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.20 m  
 $GZ_{30} = 4,5920 \text{ m}$
- Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng sebaiknya lebih dari  $30^\circ$  dan tidak boleh kurang dari  $10^\circ$ .  
 $GZ_{\max} = 40 \text{ deg}$
- Luasan bidang yang terletak dibawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng  $30^\circ \sim 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.03 m rad.  
 $I_d = 4,0456 - 2,4373 = 1,6083 \text{ m rad}$
- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.055 m radian sampai dengan  $30^\circ$  sudut oleng  
 $I_d = 2,4373 \text{ m rad}$
- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.009 m radian sampai dengan  $40^\circ$  sudut oleng,  
 $I_d = 4,0456 \text{ m rad}$

#### 4.6 Hambatan

Dari Paper Insel dan Molland didapat rumus hambatan total untuk tiap lambung kapal Catamaran adalah sbb:

$$C_T = (1 + \beta k) * C_F + \tau C_W$$

Dimana:

$(1 + \beta k)$  = *Catamaran Viscous Resistance Interference*

$C_F$  = *Viscous Resisrance*

$\tau$  = *Catamaran Wave Resistance Interference*

$C_W$  = *Wave Resistance*



Di dalam percobaannya menghitung harga hambatan total, *Insel-Molland* mengasumsikan kapal katamaran dengan kapal *demihull* yang ditambahkan dengan harga interferensi yang diakibatkan oleh lambung yang berjarak  $S$  dari *center line*-nya. Harga dari hambatan total ini tetap dikalikan 2 (dua) mengingat luas permukaan basah (WSA) ada pada tiap lambung.

Nilai-nilai yang diperoleh adalah harga dari percobaan "model  $C_5$ " yaitu dengan bentuk lambung *Round Bilge Hull* (RBH) sbb:

Tabel 4.3 Ukuran Model Towing Test  $C_5$  Round Bilge Hull

| Model                 | $C_5$ |
|-----------------------|-------|
| L (m) =               | 1.6   |
| L / B =               | 11    |
| B / T =               | 2     |
| $L / \nabla^{1/3} =$  | 8.479 |
| $C_B =$               | 0.397 |
| $C_P =$               | 0.693 |
| $C_M =$               | 0.565 |
| A (m <sup>2</sup> ) = | 0.276 |
| LCB $\Phi$ (m) =      | -6.4  |

- *Viscous Resistance* ( $C_F$ )

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R - 2)^2}$$

$$R = \frac{V * L_{WL}}{\nu} \quad ; \quad \nu = 1.1883 * 10^{-6}$$

- *Catamaran Viscous Resistance Interference* ( $1 + \beta k$ )

Untuk model kapal dengan bentuk RBH maka harga ( $1 + \beta k$ ) dapat dilakukan interpolasi harga  $\beta$  dari tiga model yang diperoleh oleh *Insel-Molland* sbb:

Tabel 4.4 Harga  $\beta$  untuk katamaran terhadap S/L dan L/B<sub>1</sub>.

|         |     | S / B |      |      |      | L / B <sub>1</sub> |
|---------|-----|-------|------|------|------|--------------------|
|         |     | 1.0   | 2.0  | 3.0  | 4.0  |                    |
| $\beta$ | 3.8 | 3.8   | 3.8  | 3.8  | 3.8  | 7                  |
|         | 1.6 | 1.6   | 1.6  | 1.6  | 1.6  | 9                  |
|         | 2.3 | 2.28  | 2.26 | 2.25 | 2.25 | 11                 |

Harga faktor bentuk untuk *monohull* dengan "tipe  $C_5$ " ( $1 + k$ ):

Tabel 4.5 Harga ( $1+k$ ) untuk mono hull terhadap L/B<sub>1</sub>.

| L / B <sub>1</sub> | 7    | 9   | 11   |
|--------------------|------|-----|------|
| (1 + k)            | 1.45 | 1.3 | 1.17 |



- *Catamaran Wave Resistance Interference* ( $\tau$ )

Untuk model kapal dengan bentuk RBH maka harga ( $\tau$ ) dapat dilakukan interpolasi dari 3 model sbb:

Tabel 4.6 Harga  $\tau$  untuk katamaran terhadap Fn dan S/L.

|        |  | (S/L) <sub>1</sub> |      |      |       |     | (S/L) <sub>2</sub> |      |      |       |      |    |
|--------|--|--------------------|------|------|-------|-----|--------------------|------|------|-------|------|----|
|        |  | Fn                 |      |      |       |     | Fn                 |      |      |       |      |    |
|        |  | 0.40               | 0.50 | 0.60 | 0.70  | L/B | 0.40               | 0.50 | 0.60 | 0.70  | L/B  |    |
| $\tau$ |  | 1.65               | 1.76 | 1.7  | 1.308 | 7   | $\tau$             | 1.15 | 1.63 | 1.27  | 1.1  | 7  |
|        |  | 1.18               | 1.76 | 1.65 | 1.308 | 9   |                    | 1.15 | 1.42 | 1.27  | 1.1  | 9  |
|        |  | 1.18               | 1.65 | 1.4  | 1.25  | 11  |                    | 1.3  | 1.38 | 1.27  | 1.22 | 11 |
|        |  | (S/L) <sub>3</sub> |      |      |       |     | (S/L) <sub>4</sub> |      |      |       |      |    |
|        |  | Fn                 |      |      |       |     | Fn                 |      |      |       |      |    |
|        |  | 0.40               | 0.50 | 0.60 | 0.70  | L/B | 0.40               | 0.50 | 0.60 | 0.70  | L/B  |    |
| $\tau$ |  | 1.13               | 1.13 | 1.13 | 1.12  | 7   | $\tau$             | 1    | 1.1  | 1.05  | 1.1  | 7  |
|        |  | 1.25               | 1.12 | 1.13 | 1.12  | 9   |                    | 1.15 | 1.17 | 1.125 | 1.1  | 9  |
|        |  | 1.25               | 1.12 | 1.12 | 1.12  | 11  |                    | 1.15 | 1.25 | 1.125 | 0.99 | 11 |

- *Wave Resistance* ( $C_w$ )

Untuk model kapal dengan bentuk RBH maka harga ( $C_w$ ) dapat dilakukan interpolasi dari tiga model yang diperoleh oleh *Insel-Molland* sbb:

Tabel 4.7 Harga  $C_w$  untuk katamaran terhadap Fn dan L/B.

|       |  | Fn     |        |        |        |                  |
|-------|--|--------|--------|--------|--------|------------------|
|       |  | 0.40   | 0.50   | 0.60   | 0.70   | L/B <sub>1</sub> |
| $C_w$ |  | 0.0038 | 0.0075 | 0.0060 | 0.0044 | 7                |
|       |  | 0.0032 | 0.0042 | 0.0034 | 0.0023 | 9                |
|       |  | 0.0026 | 0.0027 | 0.0019 | 0.0016 | 11               |

- *Total Resistance* ( $R_T$ )

Untuk memperoleh nilai hambatan total maka luas permukaan basah (WSA) harus dikalikan 2 (dua), karena semua perhitungan dengan metode ini hanya untuk 1 (satu) lambung, dengan rumus seperti di bawah ini:

$$R_T = \frac{1}{2} * \rho * 2 * WSA * V^2 * C_T$$

Hasil Perhitungan Hambatan

Catamaran Viscous Resistance Interference (1 + bk)

$$(1 + \beta k) = (\beta * (1 + k)) - \beta + 1$$

Catamaran Wave Resistance interference ( $\tau$ )

Dari hasil interpolasi = 1,1759

Catamaran Wave Resistance ( $C_w$ )

Dari hasil interpolasi = 0,0002

Catamaran Total Resistance

$$C_T = (1 + \beta k) * C_F + \tau C_w$$

$$= 0,00187$$



$$R_T = \frac{1}{2} * \rho * 2 * WSA * V^2 * C_T$$

Dari perhitungan didapat besar tahanan total adalah 203,4 kN.

#### 4.7 Daya Mesin Kapal

Berikut ini adalah perhitungan dari kebutuhan daya mesin kapal. Kebutuhan daya mesin kapal bisa dihitung dengan cara sebagai berikut :

a) Perhitungan Effective Power.

$$EHP = RT * v$$

Dimana : EHP = Effective Horse Power  
RT = Tahanan total (Newton)  
V = kecepatan dinas (m/s)

b) Perhitungan Thrust Power.

Menghitung wake fraction  $\omega$

$$\omega = 0.3095 C_B + 10 C_v C_B - 0.23 D / \sqrt{BT}$$

Dimana :  $C_v = (1 + k) C_F + C_A$

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung thrust deduction  $\tau$

$$\tau = 0.325 C_B - 0.1885 D / \sqrt{BT}$$

Lalu thrust force T dan speed of advanced  $V_a$  didapat dengan :

$$T = RT / (1 - \tau), \text{ dan}$$

$$V_a = v \times (1 - \omega)$$

Sehingga power thrust PT adalah :

$$PT = T \times V_a \quad [\text{kW}]$$

Untuk mengkonversikannya ke dalam satuan HP, maka nilai PT dibagi 0,7457.

Sementara itu, karena kapal katamaran ini akan ditenagai oleh dua mesin maka besar daya untuk setiap mesin merupakan setengah besar PT (PT/2) atau EHP (EHP/2).

Setelah mendapatkan power thrust PT, maka besar PT dikalikan dengan margin faktor penambah sebagai akibat dari pengurangan daya akibat shaft transmission sebesar 1% - 3%. Kemudian juga ditambah dengan faktor power reserve sebesar 12% karena pengaruh daerah pelayaran. Pada akhirnya didapat besar kW mesin atau BHP mesin induk.

Karena ini merupakan setengah dari kebutuhan total daya mesin yang dibutuhkan sesungguhnya, maka besar daya mesin tadi dikalikan dua.

#### 4.8 Perhitungan Displacement :

*Displacement* yang direncanakan dari komponen LWT + DWT harus sama dengan displacement dari sarat perencanaan ( $LWT + DWT = L \times 2 \times B \times T \times C_B \times 1.025$ )



*Pendekatan* - Komponen-komponen DWT diambil dari perhitungan Herard Poehls dimana komponen-komponen DWT terdiri dari:

- Kebutuhan bahan bakar

$$W_{BB} = W_{BB \text{ Main Engine}} + W_{BB \text{ Auxiliary Engine}}$$

$$W_{BB} = ((C_{BB} * kW * SeaTime) + 10\%) + ((20\% * W_{ME}) + 10\%)$$

$$W_{BB} = 54,862 \text{ ton}$$

- Kebutuhan minyak pelumas

$$W_{lumas} = (0.01 \sim 0.03) \times W_{\text{bahan bakar}}$$

$$W_{lumas} = 1,8104 \text{ ton}$$

- Kebutuhan air tawar

$$W_{\text{air tawar}} = 155 \text{ kg/Person/Days}$$

$$W_{\text{air tawar}} = 152,63 \text{ ton}$$

- Kebutuhan makanan (provisions)

$$\text{Jumlah ABK} = 25 \text{ orang}$$

$$\text{Jumlah pasukan} = 305 \text{ orang}$$

$$W_{\text{provisions}} = 4 \text{ kg/person/days}$$

$$W_{\text{prov}} = W_{\text{provision}} + 10\% W_{\text{provision}}$$

$$W_{\text{provisions}} = 42,9 \text{ ton}$$

- Berat orang dan binaan

$$W_{\text{orang, binaan}} = 100 \text{ kg/person}$$

$$W_{\text{orang, binaan}} = 33 \text{ ton}$$

Komponen-komponen penyusun LWT kapal adalah:

- Berat baja kapal kosong

Perhitungan ini mengacu pada perhitungan konstruksi dengan *Llyod's Register Rule and Regulations, 2003*.

- Perhitungan beban yang terjadi pada lambung kapal

- Beban Hidrostatik

$$P_h = 10T_x - (z - z_k)$$

Beban gelombang hidrodinamik yang terdiri dari :

- *Relative motion*

$$P_m = 10 f_z H_{rm}$$

$f_z$ , the vertical distribution factor

$$f_z = k_z + (1 - k_z) \left( \frac{z - z_k}{T_x} \right)$$

$$k_z = e^{-\left( \frac{2\pi z}{Lwl} \right)}$$

$$H_{rm} = C_{w,\min} \left( 1 + \frac{k_r}{(Cb + 0.2)} \left( \frac{x_{wl}}{Lwl} - x_m \right)^2 \right)$$

$$C_{w,\min} = \frac{C_w}{K_m}$$





$$K_m = 1 + k_r \frac{(0.5 - x_m)^2}{(Cb + 0.2)}$$

$$x_m = 0.45 - 0.6F_n$$

$$C_w = 0.0771Lwl(Cb + 0.2)^{0.3} e^{-(0.0044Lwl)}$$

- *Pitching Motion*

$$P_p = 10H_{pm}$$

$$H_{pm} = 1.1 \left( \frac{2x_{wl}}{Lwl} - 1 \right) \sqrt{L_p}$$

Untuk pembebanan karena pengaruh gelombang dinamik diambil yang paling besar antara beban karena pengaruh *relative motion* dan *pitching motion*

- Beban pada geladak dan *interior deck*

$$P_d = f_L(6 + 0.01Lwl)(1 + 0.05\Gamma) + E$$

$$E = \frac{0.7 + 0.08Lwl}{D - T}$$

Untuk distribusi pembebanan pada konstruksi kapal pada kulit lambung, bottom, deck maupun untuk pembebanan untuk konstruksi gading dapat dilihat pada Tabel 4.8.

## 2. Perhitungan Tebal Pelat dan Modulus secara umum

- Tebal pelat

$$t_p = 22,4s\gamma\beta \sqrt{\frac{P}{f_\sigma\sigma_a}} \times 10^{-3} \text{ (mm)}$$

Dimana  $p$  adalah beban setempat

Tabel 4.8. Distribusi beban.

| Vertical location z value      | $P_s$ kN/m <sup>2</sup> |
|--------------------------------|-------------------------|
| for $z \leq T_x + z_k$         | $P_h + P_w$             |
| At $z = T_x + z_k + H_w$       | $P_d$                   |
| At $z \geq T_x + z_k + 1,5H_w$ | $0,5P_d$                |

- Modulus

$$Z = \Phi_z \frac{psl^2_e}{f_\sigma\sigma_a} \text{ (cm}^3\text{)}$$

Dari perhitungan, nilai W steel didapat sebesar 282,71 ton

### b. Berat *Equipment* dan *Outfitting*

- Dihitung berdasarkan Buku "*Practical Ship Design*" David G. M. Watson, yaitu:

$$W_{equip} = Co \times L \times B$$

$$Co = 0,4$$

$$W_{equip+outfit} = 3,302 \quad \text{ton}$$

- Berat Instalasi Permesinan

$$W_{eng} = \text{mengacu pada katalog mesin}$$

$$W_{eng} = 68,5 \quad \text{ton}$$



- Berat Cadangan  
 $W_{res} = (3\% \sim 10\%) * L_{WT}$   
 $W_{res} = 4,241 \quad \text{ton}$
- Berat persenjataan + amunisi  
 $W_{senj} = 30 \text{ ton}$

#### 4.9 Dasar Perhitungan Lambung Timbul (*freeboard*)

Lambung timbul adalah jarak vertikal yang diukur pada tengah kapal ke arah bawah dari sisi atas geladak lambung timbul hingga sisi atas garis muat.

Kapal cepat angkut pasukan ini menggunakan perhitungan lambung timbul menurut Peraturan Garis Muat Indonesia (PGMI) 1986 untuk, seperti di bawah ini:

- Lambung timbul awal ( $f_B$ )

$$f_B = 0.8 * L$$

Dimana: L adalah harga terbesar dari:

$$L = 0.96 L_{WL} \quad \text{dan} \quad L = L_{PP} \text{ pada } 0.85 D$$

- Koreksi Koefisien Block ( $C_B$ )

$$f_B' = f_B * \frac{0.68 + C_B}{1.36} \quad (cm)$$

Apabila  $C_B < 0.68$ , maka:  $f_B' = f_B$

- Koreksi Tinggi (D).

$$\text{Koreksi}(D) = 20 * \left( D - \frac{L}{15} \right) \quad (cm)$$

Apabila  $D < \frac{L}{15}$  maka:  $\text{Koreksi}(D) = 0$

- Tinggi Standar Bangunan Atas untuk  $L < 125 \text{ m}$

Bila  $h < h_s$  ; maka  $l_s = \frac{h}{h_s} * l \quad (m)$  ;  $h_s = 2.2 \text{ m}$

Bila  $h > h_s$  ; maka  $l_s = l \quad (m)$

- Koreksi Bangunan Atas (BA)

$$\text{Koreksi}(BA) = 50 * \frac{\sum l_s * h_s}{L}$$

- Koreksi Lengkung Memanjang Kapal (LMK)

$$A = \frac{1}{6} * [2.5 * (L + 30) - 100 * (S_f + S_a)] * \left( 0.75 - \frac{S}{2 * L} \right)$$

$$B = 0.1250 * L \quad ; \quad S = \sum l_s$$



|        |                       |                          |
|--------|-----------------------|--------------------------|
| Bila : | $A > 0$               | maka: koreksi LMK = A cm |
|        | $A > 0$ dan $ A  > B$ | maka: koreksi LMK = B cm |
|        | $A > 0$ dan $ A  < B$ | maka: koreksi LMK = A cm |

– Lambung Timbul Minimum ( $f_s$ )

$$f_s = \sum \text{lambung timbul setelah koreksi } C_B, D, BA, LMK \text{ (cm)}$$

#### 4.10 Penentuan Jumlah Crew

Didasarkan pada rumus pendekatan dari diktat kuliah “Perencanaan Kapal”, Ir. IGM. Santosa, maka jumlah crew adalah:

$$Z_c = C_{st} \cdot C_{dk} (LBH.35/10^5)^{1/16} + C_{eng} (BHP/10^3)^{1/15}$$

|           |                       |   |
|-----------|-----------------------|---|
| $C_{st}$  | = Coef steward Depart | = 1.2 – 1.33  |
| $C_{dk}$  | = Coef deck depart    | = 11.5 – 14.5   |
| $C_{eng}$ | = coef engine dept    | = 8.5 – 11, diesel<br>= 11 – 15, Turbine single<br>= 13.73 – 16.5, Turbine double |

$$Z_c = 25 \text{ orang}$$

Susunan ABK adalah

|           |           |
|-----------|-----------|
| - Kapten  | : 1 Orang |
| - Perwira | : 4 Orang |
| - Bintara | : 6 Orang |
| - Tamtama | : 6 Orang |
| - Steward | : 8 Orang |

#### 4.11 Perencanaan Konstruksi

Perencanaan konstruksi ini mengacu pada aturan Biro Klasifikasi Indonesia .

a. Jarak gading

- o Jarak gading ( $a_0$ ) dari 0.2L dibelakang FP sampai sekat ceruk buritan adalah :

$$a_0 = \frac{L}{500} + 0.48 \text{ (m)}$$

$$a_0 = 0.53 \text{ m, diambil } 0.6 \text{ m}$$

$$a_{0\max} = 1.0 \text{ (m)}$$

b. Tinggi dasar ganda

$$h = 350 + 45.B$$

$$h = 562,94 \text{ mm, } h_{\min} = 600 \text{ mm}$$

maka h yang diambil adalah 600 mm

c. Perencanaan sekat-sekat

Kapal ini mempunyai sekat tubrukan, sekat *stern tube* dan satu sekat kedap kamar mesin

- o Sekat Tubrukan

Jarak sekat tubrukan ( $l$ ) dari FP mengikuti aturan di bawah ini :

- Untuk  $L_c \geq 45 \text{ m}$   
 $0.05L_c \leq l \leq 0.08L_c$



- Untuk  $L_c < 45$  m  
 $0.05L_c \leq l \leq 0.05L_c + 1.35$  m
- Panjang/jarak  $l$  kurang dari 2.0 m
- Sekat ceruk buritan  
 Letak sekat ceruk buritan minimal 3 jarak gading dari ujung depan bos propeller. Jarak gading diambil 600 mm, jadi letak sekat ceruk buritan dari ujung depan bos propeller adalah 1800 cm.
- Sekat kamar mesin  
 Perencanaan kapal ini menempatkan ruang mesin dibelakang kapal.

#### 4.12 Perhitungan Tangki-tangki

##### ➤ Tangki air tawar

$$W_{FW} = 152,63 \text{ ton}$$

$$V_{FW} = 152,63 \text{ m}^3$$

##### ➤ Tangki bahan bakar

$$W_{\text{bahan bakar}} = 54,862 \text{ ton}$$

$$V_{fo} = W_{fo} / \gamma_{FO}$$

$$V_{fo} = 64,55 \text{ m}^3$$

##### ➤ Tangki minyak lumas

$$W_{\text{lumas}} = 1,8104 \text{ ton}$$

$$V_{\text{lumas}} = W_{\text{lumas}} / \gamma_{DO}$$

$$V_{\text{lumas}} = 2,01 \text{ m}^3$$

#### 4.13 Ruang Akomodasi

Tinggi ruangan dalam keadaan bebas yang direncanakan 220 cm

- Kamar tidur berjumlah 3 untuk perwira, 2 untuk bintangara, 2 untuk tamtama, dan 20 untuk seluruh pasukan.
- Ruang ESEP
- Ruang Operation Center
- Galley
- Pantry
- Klinik
- Musholla
- Ruang mess
- Master room
- Storage room
- Ruang senjata
- Kamar mandi dan WC
  - 1 kamar mandi dan WC untuk setiap perwira
  - 2 kamar mandi dan WC untuk bintangara dan tamtama.
  - 20 kamar mandi dan WC untuk seluruh pasukan.

#### 4.14 Peralatan Kapal

##### ○ Peralatan Keselamatan

1. Inflatable Life Raft Cap
2. Life Jacket
3. Life Bouy



- Peralatan pemadam kebakaran  
Peralatan pemadam kebakaran yang dipakai adalah portable foam type, yang ditempatkan pada ruangan-ruangan tertentu.
- Jangkar dan Tali Tambat  
Penentuan Jangkar dan Tali Tambat diperoleh berdasarkan angka penunjuk pada "BKI 2005",  

$$Z = D^{2/3} + 2hB + \frac{A}{10}$$

$$D = \text{Moulded Displacement (ton)}$$

$$h = f_b + \sum h'$$

$$f_b = \text{freeboard (m)}$$

$$\sum h' = \text{Penjumlahan tinggi superstructure dan deck houses}$$

$$A = \text{Luas superstructure dan deck houses dengan } B > B_{\text{moulded}}/4$$

#### 4.15 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dibahas disini adalah perhitungan biaya pembangunan kapal dan biaya operasional kapal.

##### 1. Biaya pembangunan kapal.

Biaya pembangunan kapal dihitung dengan pendekatan sebagai berikut :

Diketahui harga dasar dari bahan komponen kapal, yaitu :

- Harga baja Rp. 7,6 juta / ton.
- Harga permesinan Rp. 3 juta / kW.
- Harga hull outfitting Rp. 5 juta / ton.

Dari perhitungan didapat :

- Berat baja total lambung kapal adalah 282,714 ton.
- Total daya main engine ditambah auxiliary engine adalah 4430 kW.
- Berat outfitting adalah 3,302 ton.

Sehingga biaya pembangunan kapal bisa dihitung sebagai berikut :

- Biaya baja kapal = 282,714 ton \* Rp. 7,6 juta / ton = Rp. 2.148.626.400
- Biaya permesinan = 4430 kW \* Rp. 3 juta / kW = Rp. 13.290.000.000
- Biaya hull outfitting = 282,714 \* Rp. 5 juta / ton = Rp. 1.413.570.000 +
- Biaya total pembangunan = Rp. 16.852.196.400

##### 2. Biaya operasional kapal.

Komponen biaya operasional antara lain :

- a. Biaya reparasi kapal diambil sebesar 3% dari harga kapal.  
Biaya reparasi = 3% \* Rp. 16.852.196.400 = Rp. 505.565.892
- b. Biaya perjalanan, antara lain :

|                               |   |           |                      |
|-------------------------------|---|-----------|----------------------|
| Total Bahan Bakar Main Engine | = | 54.86     | ton                  |
| massa jenis bahan bakar       | = | 0.85      | ton / m <sup>3</sup> |
| volume bahan bakar            | = | 64.54     | m <sup>3</sup>       |
|                               | = | 64,543.57 | liter                |



|                              |   |                  |            |
|------------------------------|---|------------------|------------|
| Harga diesel / liter         | = | 4,500.00         | / liter    |
| Harga bahan bakar / sea time | = | 290,446,060.24   | / sea time |
| Jumlah sea time / tahun      | = | 32.00            |            |
| Biaya bahan bakar / tahun    | = | 9,294,273,927.53 | / tahun    |

|                                 |   |                |            |
|---------------------------------|---|----------------|------------|
| Total minyak pelumas            | = | 1.81           | ton        |
| massa jenis minyak pelumas      | = | 0.90           | ton / m3   |
| volume minyak pelumas           | = | 2.01           | m3         |
|                                 | = | 2,011.61       | liter      |
| Harga minyak pelumas / liter    | = | 15,000.00      | / liter    |
| Harga minyak pelumas / sea time | = | 30,174,118.48  | / sea time |
| Jumlah sea time / tahun         | = | 32.00          |            |
| Biaya minyak pelumas / tahun    | = | 965,571,791.36 | / tahun    |

|                            |   |                  |            |
|----------------------------|---|------------------|------------|
| Total air tawar            | = | 152.63           | ton        |
| massa jenis air tawar      | = | 1.00             | ton / m3   |
| volume air tawar           | = | 152.63           | m3         |
|                            | = | 152,625.00       | liter      |
| Harga air tawar / liter    | = | 300.00           | / liter    |
| Harga air tawar / sea time | = | 45,787,500.00    | / sea time |
| Jumlah sea time / tahun    | = | 32.00            |            |
| Biaya air tawar / tahun    | = | 1,465,200,000.00 | / tahun    |

|                              |   |                |                 |
|------------------------------|---|----------------|-----------------|
| Total provision              | = | 42.90          | ton             |
|                              | = | 42,900.00      | kg              |
| Harga provision              | = | 10,000.00      | Rp / kg / orang |
| Jumlah orang (ABK + Pasukan) | = | 330.00         |                 |
| Harga provision / sea time   | = | 3,300,000.00   |                 |
| Biaya provision / tahun      | = | 105,600,000.00 | / tahun         |

Sehingga biaya operasional kapal pertahun bisa dihitung sebagai berikut :

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| - Biaya reparasi         | = Rp. 505.565.892.00   |
| - Biaya bahan bakar      | = Rp. 9,294,273,927.53 |
| - Biaya minyak pelumas   | = Rp. 965,571,791.36   |
| - Biaya air tawar        | = Rp. 1,465,200,000.00 |
| - <u>Biaya provision</u> | = Rp. 105,600,000.00 + |

**Biaya operasional kapal pertahun = Rp. 12.336.211.755,54**

|          |           |   |                               |
|----------|-----------|---|-------------------------------|
| ton      | 24.86     | = | Total Bahan Bakar Main Engine |
| ton / m3 | 0.82      | = | massa jenis bahan bakar       |
| m3       | 30.24     | = | volume bahan bakar            |
| liter    | 64,243.27 | = |                               |



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

- Dari hasil optimasi dan analisa yang telah dilaksanakan, didapat hasil rancangan kapal dengan ukuran-ukuran utama kapal sebagai berikut:
  - Ukuran utama kapal cepat angkut pasukan dengan lambung katamaran adalah sebagai berikut:

|                      |         |      |
|----------------------|---------|------|
| Panjang ( $L_{PP}$ ) | : 63,5  | m    |
| Lebar (B)            | : 20    | m    |
| $B_1$                | : 4,732 | m    |
| Tinggi (H)           | : 6,5   | m    |
| Sarat (T)            | : 3,17  | m    |
| Kecepatan            | : 30    | knot |
  - Jumlah muatan kapal berupa:

|         |             |
|---------|-------------|
| ABK     | : 25 orang  |
| Pasukan | : 305 orang |
- Biaya total pembangunan kapal adalah Rp. 16.852.196.400
- Biaya operasional kapal pertahun adalah Rp. 12.336.211.755,54

### 5.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini penulis sadar akan banyaknya keterbatasan yang dimiliki, banyaknya perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan sederhana, diharapkan Tugas Akhir ini dapat dikembangkan lebih detail lagi, antara lain:

- Perhitungan biaya produksi secara detail meliputi biaya pembangunan kapal secara akurat dengan adanya detail konstruksi kapal dan rencana produksi. Hal ini termasuk pula penentuan harga-harga tiap elemen perlengkapan dan peralatan menurut harga yang ada dipasaran.
- Perlunya diteliti kapal ini dengan jenis yang sama, ukuran utama kapal yang sama tapi dengan bahan lambung (badan konstruksi) selain baja.

Dengan adanya perhitungan yang lebih lengkap, kesalahan dan penyimpangan akan lebih diminimalkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- *Ship Design and Construction volume 2* tahun 2004. Thomas Lamb.
- *IMO, 2000 HSC CODE, International code of Safety For High Speed.*
- Insel, M and Molland, A.F. (1992), *An Investigation Into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamaran*, The Royal Institution of Naval Architects, London, England.
- Watson, D. (1998), *Practical Ship Design*, Volume 1, Elsevier Science Ltd., Kidlington, Oxford, UK.
- Taggart, R. (1980), *Ship Design and Construction*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, USA.
- Diktat kuliah *Perancangan Kapal*, Santosa, IGM. (1999). Teknik Perkapalan ITS.
- Diktat kuliah *Metode Optimasi*, Setijoprajudo (1999). Teknik Perkapalan ITS.
- Effendi, Junaedy.(2006), *Analisa Teknis Perencanaan Kapal Patroli Cepat Dengan Bentuk Hull Katamaran*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.
- Aprilliana, Rinta.(2006), *Analisa Teknis Dan Ekonomis Perencanaan Kapal Ferry Dengan Bentuk Hull Catamaran Untuk Rute Surabaya – Banjarmasin*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.
- Hasanudin (2004), *Analisis Teknis Dan Ekonomis Pengadaan Landing Craft Utility Untuk Armada Timur*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.





# LAMPIRAN



## OPTIMASI KAPAL CEPAT ANGKUT PASUKAN DENGAN LAMBUNG KATAMARAN

|                       |                     | Item                          | Unit          | Symbol     | Value     |                 |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|------------|-----------|-----------------|
| <b>Parameter</b>      | <b>Satuan Harga</b> | Sailing Days per trip         | days          | $R_{trip}$ | 1         |                 |
|                       |                     | 1 x Trip                      | days          |            | 1         |                 |
|                       |                     | Jumlah Crew                   | orang         |            | 25        |                 |
|                       |                     | Berat Crew + Bawaan           | kg/org        |            | 100       |                 |
|                       |                     |                               |               |            |           |                 |
|                       |                     | Radius Pelayaran              | nautical mile |            | 1500      |                 |
|                       |                     | Jumlah trip per tahun         | trip / tahun  |            | 32        |                 |
|                       |                     | <b>Currency (Nilai tukar)</b> | <b>\$ 1</b>   |            | <b>Rp</b> | <b>9,500.00</b> |
|                       | <b>Harga-harga:</b> |                               |               |            |           |                 |
|                       | <b>Operasional</b>  | Harga HSD                     | /lt           |            | Rp        | 4,500.00        |
|                       |                     | Harga Oli                     | /lt           |            | Rp        | 15,000.00       |
|                       |                     | Harga Air                     | /lt           |            | Rp        | 300.00          |
|                       | <b>Pembangunan</b>  | Harga Hull                    | /ton          |            | Rp        | 7,600,000.00    |
|                       |                     | Harga Hull Outfitting         | /ton          |            | Rp        | 5,000,000.00    |
|                       |                     | Harga Permesinan              | / kW          |            | Rp        | 3,000,000.00    |
| Harga persenjataan    |                     | /set                          |               | Rp         | -         |                 |
| <b>Hull Structure</b> | Jarak gading        | m                             |               |            | 0.6       |                 |

|                  |                  | Unit                             | Symbol    | Value               |            |
|------------------|------------------|----------------------------------|-----------|---------------------|------------|
| <b>Constanta</b> | <b>Konstanta</b> | Massa Jenis Air                  | $kg/m^3$  | $\rho_{air\ tawar}$ | 1000       |
|                  |                  | Massa Jenis Air Laut             | $kg/m^3$  | $\rho_{air\ laut}$  | 1025       |
|                  |                  | Gravitasi                        | $m/s^2$   | g                   | 9.81       |
|                  |                  | Koefisien Viskositas Kinematik   | m/s       | $\nu$               | 1.1880E-06 |
|                  |                  | Berat Jenis Bahan Bakar (HSD)    | $ton/m^3$ | $\rho_{HSD}$        | 0.85       |
|                  |                  | Berat Jenis Minyak Pelumas (LUB) | $ton/m^3$ | $\rho_{LUB}$        | 0.9        |



|                     |  | Unit   | Symbol     | Value                      |                 |
|---------------------|--|--|------------|----------------------------|-----------------|
| <b>Equation</b>     | <b>Kapasitas</b>                               | <b>Displacement = <math>L_{pp} * B * T * C_B * \rho_{air}</math></b> | <b>ton</b> | <b><math>\Delta</math></b> | 892.6120        |
|                     |  | DWT  | ton        |                            | 285.1975        |
|                     |  | LWT  | ton        |                            | 599.0960        |
|                     |  | <b>Displacement = DWT + LWT</b>                                      | <b>ton</b> | <b><math>\Delta</math></b> | <b>884.2935</b> |
|                     | <b>Konsumable</b>                              | Kebutuhan bahan bakar  | liter      |                            | 64543.5689      |
|                     |  | Kebutuhan minyak lumas   | liter      |                            | 2011.6079       |
|                     |  | Kebutuhan air tawar  | liter      |                            | 152625.00       |
|                     |  | Hull   | ton        |                            | 478.5801        |
|                     |  | Hull outfitting  | ton        |                            | 3.3020          |
|                     |  | Equipment  | ton        |                            | 30.0000         |
|                     |  | Machinery:   | ton        |                            | 68.4981         |
|                     | <b>Koefisien<sup>2</sup></b>                   | Berat cadangan   | ton        |                            | 4.2407          |
|                     |  | Koefisien Prismatik  | -          | $C_p$                      | 0.7176          |
|                     |  | Koefisien Midship  | -          | $C_M$                      | 0.6379          |
|                     |  | Koefisien Garis Air  | -          | $C_{WL}$                   | 0.3825          |
|                     |  | Koefisien Blok   |            | $C_B$                      | 0.4578          |
|                     | <b>Jarak titik berat ( <math>\Phi</math> )</b> | KG   | m          |                            | 2.21            |
|                     |  | LCG  | m          |                            | 25.80           |
| <b>Engine Power</b> | Thrust power                                   | kW   |            | 3,730.00                   |                 |
|                     | Koreksi Displacement                           |  |            | 0.0093                     |                 |





|               |                |                              | Unit | Symbol       | Min   | Value          | Max   | Remark |
|---------------|----------------|------------------------------|------|--------------|-------|----------------|-------|--------|
| Changing Cell | Ukuran Utama   | Length Between Perpendicular | m    | $L_{pp}$     | 63.5  | <b>63.5000</b> | 70    | OK     |
|               |                | Breadth                      | m    | $B_{mid}$    | 20.00 | <b>20.0000</b> | 24    | OK     |
|               |                | Height                       | m    | $H_{mid}$    | 6.50  | <b>6.5000</b>  | 7.8   | OK     |
|               |                | Draft                        | m    | $T_{loaded}$ | 2.5   | <b>3.1656</b>  | 3.5   | OK     |
|               |                | L / $B_1$                    | -    | -            | 11.06 | <b>13.4200</b> | 13.42 | OK     |
|               |                | S / L                        | -    | -            | 0.2   | <b>0.2400</b>  | 0.5   | OK     |
|               |                | Kecepatan (harus ditentukan) | knot | $V_s$        | 25.0  | <b>30.0000</b> | 40.0  | OK     |
|               | Interfensi     | Distance Between Hull        | m    | S            |       | 15.2683        |       |        |
|               | Bentuk Lambung | Breadth Each Hull            | m    | $B_1$        |       | 4.732          |       |        |

|                        |  | Unit  | Symbol | Min   | Value   | Max   | Remark |
|------------------------|--|-------|--------|-------|---------|-------|--------|
| Tahanan                |  |       |        |       |         |       |        |
| Kekuatan Melintang     | $B_1 / T$  | -     | -      | 1.37  | 1.4947  | 2.65  | OK     |
|                        | $B_1 / H$  | -     | -      | 0.68  | 0.7280  | 1.26  | OK     |
|                        | $S / B_1$  | -     | -      | 2.50  | 3.2268  | 4.00  | OK     |
|                        | $L / H$  | -     | -      | 9.44  | 9.7692  | 15.53 | OK     |
| Kekuatan memanjang     | $V / (L^{1/2})$                                    |       | $V_s$  | 0.80  | 1.9367  | 3.00  | OK     |
|                        | $F_n = V / (g * L_{pp})^{0.5}$ (kecepatan patroli) |       | -      | 0.50  | 0.6184  | 1.00  | OK     |
|                        | $H / T$  |       | S      | 2.00  | 2.0533  | 2.60  | OK     |
| Perhitungan Stabilitas | MG pada sudut oleng $0^\circ$                      | m     | $B_1$  | 0.350 | 11.7544 |       | OK     |
|                        | $f_s$ pada sudut oleng $> 30^\circ$                | m     |        | 0.200 | 4.5920  |       | OK     |
|                        | $f_s$ maksimum                                     | deg   |        | 10.0  | 40.0000 |       | OK     |
|                        | $f_d$ pada $30^\circ$                              | m.rad |        | 0.055 | 2.4373  |       | OK     |
| Freeboard              | $f_d$ pada $40^\circ$                              | m.rad |        | 0.090 | 4.0456  |       | OK     |
|                        | $f_s$  | m     |        | 1.108 | 3.3344  |       | OK     |



| Cost Building | Biaya Pembangunan |                                | Unit          | Value     |                          |
|---------------|-------------------|--------------------------------|---------------|-----------|--------------------------|
|               |                   | Hull                           | Rp            | Rp        | 2,148,629,308.38         |
|               |                   | Main Engine + Aux. Engine      | Rp            | Rp        | 13,290,000,000.00        |
|               |                   | Hull Out Fitting               | Rp            | Rp        | 1,413,571,913.41         |
|               |                   | Perlengkapan tempur            | Rp            | Rp        | -                        |
|               |                   |                                | Rp            | Rp        | -                        |
|               |                   | <b>Total Biaya Pembangunan</b> | <b>Rp</b>     | <b>Rp</b> | <b>16,852,201,221.79</b> |
|               |                   |                                | <b>Rp/DWT</b> | Rp        | 59,089,586.56            |
|               |                   | <b>USD/DWT</b>                 | Rp            | 6,219.96  |                          |

| Operational Cost |                       |                                       | Unit | Value     |                          |
|------------------|-----------------------|---------------------------------------|------|-----------|--------------------------|
|                  | <b>Biaya tetap</b>    | Perawatan Kapal (3% dari harga kapal) | /Th  | Rp        | 505,566,036.65           |
|                  |                       | <b>TOTAL BIAYA TETAP</b>              | /Th  | <b>Rp</b> | <b>505,566,036.65</b>    |
|                  | <b>Biaya variabel</b> | Biaya Bahan Bakar                     | /Th  | Rp        | 9,294,273,927.53         |
|                  |                       | Biaya Pelumas                         | /Th  | Rp        | 965,571,791.36           |
|                  |                       | Biaya Air Tawar                       | /Th  | Rp        | 1,465,200,000.00         |
|                  |                       | <b>TOTAL BIAYA VARIABEL</b>           | /Th  | <b>Rp</b> | <b>11,725,045,718.89</b> |
|                  |                       | <b>TOTAL BIAYA OPERASIONAL</b>        | /Th  | <b>Rp</b> | <b>12,230,611,755.54</b> |



## COMPUTATION OF RIGHTING ARM FROM PRINCIPAL DIMENSIONS AND COEFFICIENTS

Back

|                   |  |          |            |
|-------------------|--|----------|------------|
|                   | 1 foot =   | 0.3048   | m          |
| L =               | waterline length   |          |            |
| =                 | 213.542 ft =   | 65.0875  | m          |
| B =               | maximum breadth  |          |            |
| =                 | 65.6168 ft =   | 20       | m          |
| B <sub>w</sub> =  | maximum waterline breadth                                      |          |            |
| =                 | 65.6168 ft   |          |            |
| H =               | mean draft at designed waterline                               |          |            |
| =                 | 10.39 ft =   | 3.165609 | m          |
| D <sub>M</sub> =  | minimum depth  |          |            |
| =                 | 21.3255 ft =   | 6.500    | m          |
| S <sub>F</sub> =  | sheer forward  |          |            |
| =                 | 0 ft =   | 0        | m          |
| S <sub>A</sub> =  | sheer after  |          |            |
| =                 | 0 ft =   | 0        | m          |
| Δ <sub>0</sub> =  | displacement at designed waterline                             |          |            |
| =                 | 1,870.38 long ton  | 1900.31  | metric ton |
| L <sub>d</sub> =  | length of superstructure which extend to sides of ship         |          |            |
| =                 | 98.43 ft =   | 30.00    | m          |
| d =               | height of superstructure which extend to sides of ship         |          |            |
| =                 | 21.65 ft =   | 6.60     | m          |
| C <sub>B</sub> =  | block coefficient  |          |            |
| =                 | 0.3627   |          |            |
| C <sub>w</sub> =  | waterline coefficient at draft H                               |          |            |
| =                 | 0.9232   |          |            |
| C <sub>x</sub> =  | midship section coefficient at draft H                         |          |            |
| =                 | 0.3107   |          |            |
| C <sub>PV</sub> = | vertical prismatic coefficient at draft H                      |          |            |
| =                 | 0.39287  |          |            |
| A <sub>0</sub> =  | area of waterline plane at designed draft                      |          |            |
| =                 | 12935.6 ft <sup>2</sup>  |          |            |
| A <sub>M</sub> =  | area of immersed midship section                               |          |            |
| =                 | 211.716 ft <sup>2</sup>  |          |            |
| A <sub>2</sub> =  | area of vertical centerline plane to depth D                   |          |            |
| =                 | 6594.05 ft <sup>2</sup>  |          |            |
| S =               | mean sheer   |          |            |
| =                 | area of centerline plane above minimum depth divided by length |          |            |
| =                 | 2131.25 ft   |          |            |



$$\begin{aligned}
\Delta_T &= \Delta_0 + ((A_0 + A_1)/2) F/35 \\
&= 9640.8747 \quad \text{ton} \\
\delta &= \frac{\Delta_T}{2} - \Delta_0 \\
&= 2950.053228 \quad \text{ton} \\
C_W' &= \frac{A_2}{LD} \\
&= 0.9863761 \\
C_W'' &= C_W' - \frac{140\delta(1 - C_{PV}'')}{B \cdot D \cdot L} \\
&= 0.7791091 \\
C_X' &= \frac{A_M + BF}{BD} \\
&= 0.7713117 \\
C_{PV}' &= \frac{35 \Delta_T}{A_1 D} \\
&= 0.82499167 \\
C_{PV}'' &= \frac{35 \Delta_T}{A_2 B} \\
&= 0.779860917 \\
GG' &= KG' - KG \\
&= 5.745189455 \quad \text{ft} \\
KG &= C_{KG} D_M \\
&= 11.27940736 \quad \text{ft} \\
&= 3.437963363 \quad \text{m} \\
KG' &= \frac{D(1 - h_1)\Delta_T - \delta}{2 \Delta_0} \\
&= 17.02459681 \quad \text{ft} \\
h_1 &= 0.483 \\
f_1 &= \frac{D(1 - (A_0/A_1))}{2F(1 - C_{PV}')} \\
&= 0.042330465 \\
G'B_0 &= KG' - KB_0 \\
&= 11.41623491 \quad \text{ft} \\
KG' &= 17.02459681 \quad \text{ft} \\
KB_0 &= (1 - h_0)H \\
&= 5.608361906 \quad \text{ft} \\
h_0 &= 0.46 \\
f_0 &= \frac{H((A_1/A_0) - 1)}{2F(1 - C_{PV})} \\
&= 0.004088535
\end{aligned}$$



D = mean depth

$$= 31.30596708 \text{ ft}$$

F = mean freeboard

$$= 20.9201117 \text{ ft}$$

$A_1$  = area of waterline plane at depth D maybe estimate from  $A_0$  and nature of stations above waterline

$$= 13064.95134 \text{ ft}^2$$

$$G'B_{90} = \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} - \frac{17,5 \delta^2}{\Delta_0 (A_2 - 70(\delta/B)(1 - CPV''))}$$

$$= 22.05321216 \text{ ft}$$

$$h_2 = 0.424$$

$$f_2 = 9,1(C_x' - 0,89)$$

$$= 0$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$= 32.81918038$$

$$BM_0 = \frac{C_1 L B_w^3}{35\Delta_0}$$

$$= 44.23541528 \text{ ft}$$

$$C_1 = 0.048$$

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$= -6.169731156 \text{ ft}$$

$$BM_{90} = \frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0} + \frac{L_d d D^2}{140 \Delta_0}$$

$$= 15.883481 \text{ ft}$$

$$C_1' = 0.079$$

$$GM_0 = \frac{KB_0 + B_0 M_0 - KG}{KG}$$

$$= 38.56436983 \text{ ft} = 11.7544 \text{ m}$$

$$GZ = G'Z + GG' \sin \phi$$

$$= 15.06569294 \text{ ft}$$

$$\phi = 30$$

$$G'Z = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

$$= 12.19309821 \text{ ft}$$

$$b_1 = \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}$$

$$= 10.74819592$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$= 3.331181152$$

$$b_3 = \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8}$$

$$= -0.333656012$$



| $\phi$               |   |        | 0      | 5       | 10      | 15      | 20      | 25      | 30      | 35      | 40      |
|----------------------|---|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| sin                  | 1 | $\phi$ | 0.0000 | 0.0872  | 0.1736  | 0.2588  | 0.3420  | 0.4226  | 0.5000  | 0.5736  | 0.6428  |
| sin                  | 2 | $\phi$ | 0.0000 | 0.1736  | 0.3420  | 0.5000  | 0.6428  | 0.7660  | 0.8660  | 0.9397  | 0.9848  |
| sin                  | 4 | $\phi$ | 0.0000 | 0.3420  | 0.6428  | 0.8660  | 0.9848  | 0.9848  | 0.8660  | 0.6428  | 0.3420  |
| sin                  | 6 | $\phi$ | 0.0000 | 0.5000  | 0.8660  | 1.0000  | 0.8660  | 0.5000  | 0.0000  | -0.5000 | -0.8660 |
| GG' sin              | 1 | $\phi$ | 0.0000 | 0.5007  | 0.9976  | 1.4870  | 1.9650  | 2.4280  | 2.8726  | 3.2953  | 3.6929  |
| b1 sin               | 2 | $\phi$ | 0.0000 | 1.8664  | 3.6761  | 5.3741  | 6.9088  | 8.2336  | 9.3082  | 10.1000 | 10.5849 |
| b2 sin               | 4 | $\phi$ | 0.0000 | 1.1393  | 2.1412  | 2.8849  | 3.2806  | 3.2806  | 2.8849  | 2.1412  | 1.1393  |
| b3 sin               | 6 | $\phi$ | 0.0000 | -0.1668 | -0.2890 | -0.3337 | -0.2890 | -0.1668 | 0.0000  | 0.1668  | 0.2890  |
| GZ                   |   |        | 0.0000 | 3.3396  | 6.5260  | 9.4123  | 11.8654 | 13.7754 | 15.0657 | 15.7034 | 15.7061 |
| heel angle           |   |        | 0      | 5       | 10      | 15      | 20      | 25      | 30      | 35      | 40      |
| Lstatis [m]          |   |        | 0.0000 | 1.0179  | 1.9891  | 2.8689  | 3.6166  | 4.1987  | 4.5920  | 4.7864  | 4.7872  |
|                      |   |        | 0.0000 | 4.0717  | 1.9891  | 11.4755 | 3.6166  | 16.7949 | 4.5920  | 19.1456 | 4.7872  |
| L <sub>dinamis</sub> |   |        | 0.0000 | 0.0882  | 0.1763  | 0.3366  | 0.4969  | 0.6121  | 0.7273  | 0.7785  | 0.8298  |
|                      |   |        | 0      | 0.0882  | 0.2645  | 0.6010  | 1.0979  | 1.7100  | 2.4373  | 3.2159  | 4.0456  |

| 45      | 50      | 55      | 60      | 65      | 70      | 75      | 80      | 85      | 90     |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 0.7071  | 0.7660  | 0.8192  | 0.8660  | 0.9063  | 0.9397  | 0.9659  | 0.9848  | 0.9962  | 1.0000 |
| 1.0000  | 0.9848  | 0.9397  | 0.8660  | 0.7660  | 0.6428  | 0.5000  | 0.3420  | 0.1736  | 0.0000 |
| 0.0000  | -0.3420 | -0.6428 | -0.8660 | -0.9848 | -0.9848 | -0.8660 | -0.6428 | -0.3420 | 0.0000 |
| -1.0000 | -0.8660 | -0.5000 | 0.0000  | 0.5000  | 0.8660  | 1.0000  | 0.8660  | 0.5000  | 0.0000 |
| 4.0625  | 4.4011  | 4.7062  | 4.9755  | 5.2069  | 5.3987  | 5.5494  | 5.6579  | 5.7233  | 5.7452 |
| 10.7482 | 10.5849 | 10.1000 | 9.3082  | 8.2336  | 6.9088  | 5.3741  | 3.6761  | 1.8664  | 0.0000 |
| 0.0000  | -1.1393 | -2.1412 | -2.8849 | -3.2806 | -3.2806 | -2.8849 | -2.1412 | -1.1393 | 0.0000 |
| 0.3337  | 0.2890  | 0.1668  | 0.0000  | -0.1668 | -0.2890 | -0.3337 | -0.2890 | -0.1668 | 0.0000 |
| 15.1443 | 14.1356 | 12.8318 | 11.3988 | 9.9931  | 8.7380  | 7.7050  | 6.9038  | 6.2836  | 5.7452 |
| 45      | 50      | 55      | 60      | 65      | 70      | 75      | 80      | 85      | 90     |
| 4.6160  | 4.3085  | 3.9111  | 3.4744  | 3.0459  | 2.6633  | 2.3485  | 2.1043  | 1.9152  | 1.7511 |
| 18.4639 | 4.3085  | 15.6445 | 3.4744  | 12.1836 | 2.6633  | 9.3939  | 2.1043  | 7.6609  | 1.7511 |
| 0.8157  | 0.8017  | 0.7416  | 0.6815  | 0.6072  | 0.5329  | 0.4724  | 0.4119  | 0.3735  | 0.3350 |
| 4.8613  | 5.6630  | 6.4046  | 7.0861  | 7.6933  | 8.2262  | 8.6987  | 9.1106  | 9.4841  | 9.8191 |

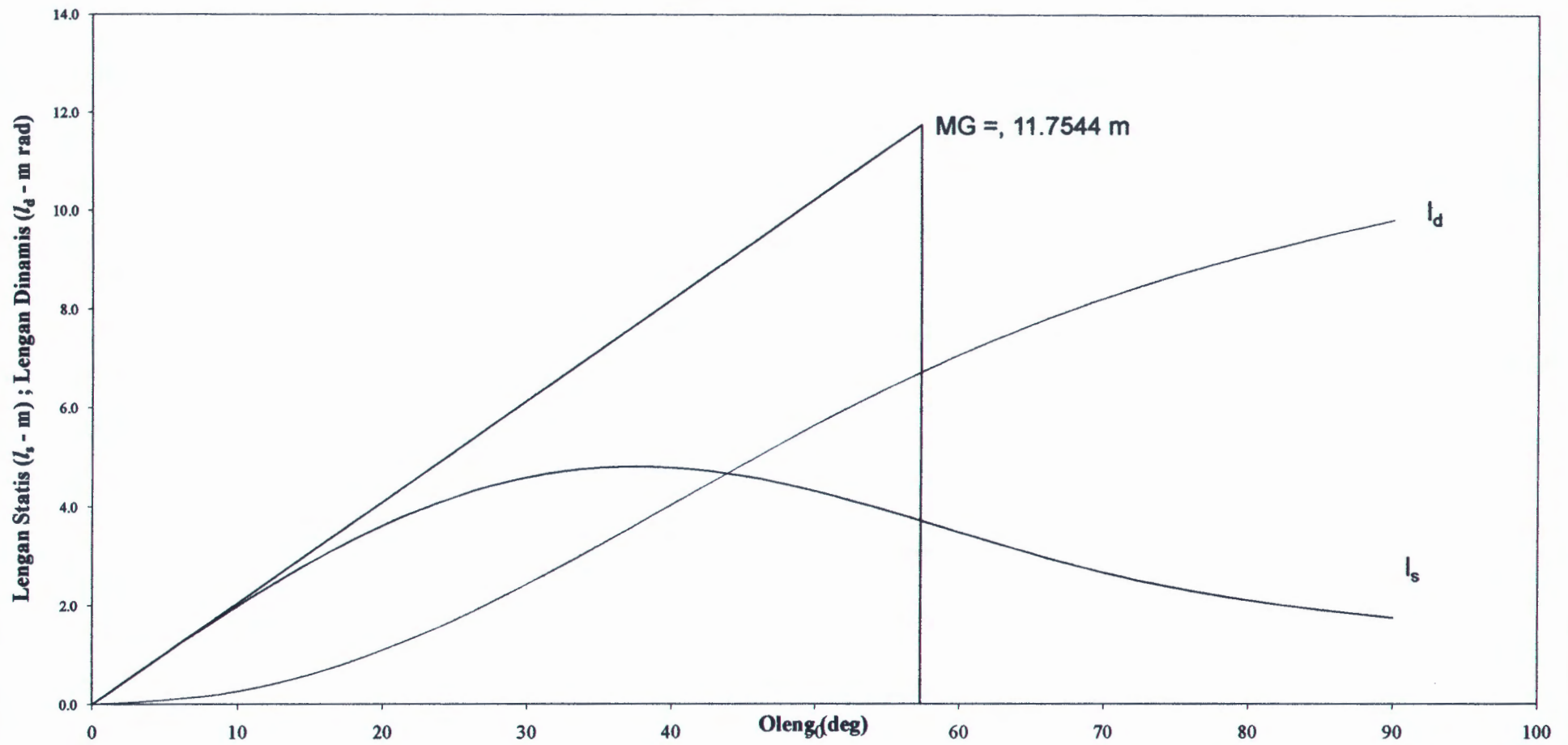


| Ordinal |    |          |         |
|---------|----|----------|---------|
|         | MG |          |         |
| x       | 0  | 57.29578 | 57.2958 |
| y       | 0  | 11.75442 | 0.0000  |

|        |          |
|--------|----------|
| max:   | 4.7872   |
| match: | <b>9</b> |
| index: | 40       |



Grafik Lengan Stabilitas









## Initial Offset

*Continues*

| <b>WL 12 =</b> | <b>WL 13 =</b> | <b>WL 14 =</b> | <b>WL 15 =</b> | <b>WL 16 =</b> | <b>WL 17 =</b> | <b>Base Line to Bottom</b> | <b>Base Line to Deck</b> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>3.725</b>   | <b>4.28</b>    | <b>4.835</b>   | <b>5.39</b>    | <b>5.945</b>   | <b>6.5</b>     |                            |                          |
| 1.9340         | 1.9397         | 1.9420         | 1.9430         | 1.9433         | 1.9434         | 1.383                      | 6.5000                   |
| 1.9567         | 1.9631         | 1.9661         | 1.9675         | 1.9681         | 1.9683         | 1.3205                     | 6.5000                   |
| 1.9794         | 1.9866         | 1.9902         | 1.9920         | 1.9928         | 1.9933         | 1.2579                     | 6.5000                   |
| 2.0696         | 2.0804         | 2.0865         | 2.0900         | 2.0919         | 2.0929         | 1.0078                     | 6.5000                   |
| 2.1547         | 2.1705         | 2.1791         | 2.1843         | 2.1874         | 2.1893         | 0.7635                     | 6.5000                   |
| 2.2264         | 2.2460         | 2.2571         | 2.2646         | 2.2696         | 2.2731         | 0.5424                     | 6.5000                   |
| 2.2881         | 2.3100         | 2.3242         | 2.3341         | 2.3415         | 2.3471         | 0.3471                     | 6.5000                   |
| 2.3383         | 2.3622         | 2.3792         | 2.3917         | 2.4018         | 2.4103         | 0.1877                     | 6.5000                   |
| 2.3764         | 2.4029         | 2.4226         | 2.4380         | 2.4510         | 2.4626         | 0.0809                     | 6.5000                   |
| 2.4044         | 2.4347         | 2.4575         | 2.4761         | 2.4921         | 2.5067         | 0.0251                     | 6.5000                   |
| 2.4218         | 2.4587         | 2.4861         | 2.5085         | 2.5276         | 2.5448         | 0.0043                     | 6.5000                   |
| 2.4253         | 2.4729         | 2.5074         | 2.5352         | 2.5583         | 2.5786         | 0.0000                     | 6.5000                   |
| 2.4038         | 2.4673         | 2.5137         | 2.5508         | 2.5816         | 2.6079         | 0.0000                     | 6.5000                   |
| 2.3476         | 2.4314         | 2.4958         | 2.5484         | 2.5936         | 2.6335         | 0.0000                     | 6.5000                   |
| 2.2487         | 2.358          | 2.4476         | 2.5246         | 2.5940         | 2.6575         | 0.0000                     | 6.5000                   |
| 2.1015         | 2.2422         | 2.3659         | 2.4779         | 2.5826         | 2.6816         | 0.0000                     | 6.5000                   |
| 1.9082         | 2.0827         | 2.2463         | 2.4021         | 2.5526         | 2.6986         | 0.0000                     | 6.5000                   |
| 1.6792         | 1.883          | 2.0858         | 2.2879         | 2.4889         | 2.6881         | 0.0000                     | 6.5000                   |
| 1.4228         | 1.6436         | 1.8753         | 2.1147         | 2.3573         | 2.6025         | 0.003                      | 6.5000                   |
| 1.1382         | 1.352          | 1.5886         | 1.8415         | 2.1045         | 2.3765         | 0.0266                     | 6.5000                   |
| 0.8197         | 1.0003         | 1.2112         | 1.4461         | 1.7005         | 1.9710         | 0.1990                     | 6.5000                   |
| 0.4782         | 0.6136         | 0.7811         | 0.9795         | 1.2050         | 1.4534         | 0.8781                     | 6.5000                   |
| 0.1191         | 0.2176         | 0.3391         | 0.4902         | 0.6754         | 0.8885         | 3.1700                     | 6.5000                   |







## Normalized Offset

*Continues*

| WL 11 = | WL 12 = | WL 13 = | WL 14 = | WL 15 = | WL 16 = | WL 17 = | Base Line<br>to Bottom | Base Line<br>to Deck |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------|----------------------|
| 1.0000  | 1.0000  | 1.0000  | 1.0000  | 1.0000  | 1.0000  | 1.0000  |                        |                      |
| 0.8110  | 0.8175  | 0.8199  | 0.8208  | 0.8213  | 0.8214  | 0.8214  | 0.5846                 | 2.7474               |
| 0.8200  | 0.8271  | 0.8298  | 0.8310  | 0.8316  | 0.8319  | 0.8320  | 0.5581                 | 2.7474               |
| 0.8289  | 0.8366  | 0.8397  | 0.8412  | 0.8420  | 0.8423  | 0.8425  | 0.5317                 | 2.7474               |
| 0.8641  | 0.8748  | 0.8793  | 0.8819  | 0.8834  | 0.8842  | 0.8846  | 0.4260                 | 2.7474               |
| 0.8973  | 0.9107  | 0.9174  | 0.9211  | 0.9233  | 0.9246  | 0.9254  | 0.3227                 | 2.7474               |
| 0.9260  | 0.9410  | 0.9493  | 0.9540  | 0.9572  | 0.9593  | 0.9608  | 0.2293                 | 2.7474               |
| 0.9508  | 0.9671  | 0.9764  | 0.9824  | 0.9866  | 0.9897  | 0.9921  | 0.1467                 | 2.7474               |
| 0.9711  | 0.9883  | 0.9984  | 1.0056  | 1.0109  | 1.0152  | 1.0188  | 0.0793                 | 2.7474               |
| 0.9865  | 1.0045  | 1.0157  | 1.0240  | 1.0305  | 1.0360  | 1.0409  | 0.0342                 | 2.7474               |
| 0.9965  | 1.0163  | 1.0291  | 1.0387  | 1.0466  | 1.0534  | 1.0595  | 0.0106                 | 2.7474               |
| 1.0001  | 1.0236  | 1.0392  | 1.0508  | 1.0603  | 1.0684  | 1.0756  | 0.0018                 | 2.7474               |
| 0.9947  | 1.0251  | 1.0452  | 1.0598  | 1.0716  | 1.0813  | 1.0899  | 0.0000                 | 2.7474               |
| 0.9763  | 1.0160  | 1.0429  | 1.0625  | 1.0782  | 1.0912  | 1.1023  | 0.0000                 | 2.7474               |
| 0.9429  | 0.9923  | 1.0277  | 1.0549  | 1.0772  | 1.0963  | 1.1131  | 0.0000                 | 2.7474               |
| 0.8905  | 0.9505  | 0.9967  | 1.0345  | 1.0671  | 1.0964  | 1.1233  | 0.0000                 | 2.7474               |
| 0.8170  | 0.8883  | 0.9477  | 1.0000  | 1.0474  | 1.0916  | 1.1335  | 0.0000                 | 2.7474               |
| 0.7254  | 0.8066  | 0.8803  | 0.9495  | 1.0153  | 1.0789  | 1.1406  | 0.0000                 | 2.7474               |
| 0.6224  | 0.7098  | 0.7959  | 0.8816  | 0.9670  | 1.0520  | 1.1362  | 0.0000                 | 2.7474               |
| 0.5136  | 0.6014  | 0.6947  | 0.7926  | 0.8938  | 0.9964  | 1.1000  | 0.0013                 | 2.7474               |
| 0.4012  | 0.4811  | 0.5715  | 0.6715  | 0.7784  | 0.8895  | 1.0045  | 0.0112                 | 2.7474               |
| 0.2825  | 0.3465  | 0.4228  | 0.5119  | 0.6112  | 0.7188  | 0.8331  | 0.0112                 | 2.7474               |
| 0.1565  | 0.2021  | 0.2594  | 0.3302  | 0.4140  | 0.5093  | 0.6143  | 0.0841                 | 2.7474               |
| 0.0000  | 0.0503  | 0.0920  | 0.1433  | 0.2072  | 0.2855  | 0.3755  | 1.3399                 | 2.7474               |







## DESIGN OF WATERLINE TO DRAFT AND DECK

*Continues*

| WL 11 = | WL 12 = | WL 13 = | WL 14 = | WL 15 = | WL 16 = | WL 17 = | Base Line<br>to Bottom | Base Line<br>to Deck |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------|----------------------|
| 3.170   | 3.725   | 4.280   | 4.835   | 5.390   | 5.945   | 6.500   |                        |                      |
| 1.9188  | 1.9340  | 1.9397  | 1.9420  | 1.9430  | 1.9433  | 1.9434  | 1.3830                 | 6.5000               |
| 1.9399  | 1.9567  | 1.9631  | 1.9661  | 1.9675  | 1.9681  | 1.9683  | 1.3205                 | 6.5000               |
| 1.9611  | 1.9794  | 1.9866  | 1.9902  | 1.9920  | 1.9928  | 1.9933  | 1.2579                 | 6.5000               |
| 2.0444  | 2.0696  | 2.0804  | 2.0865  | 2.0900  | 2.0919  | 2.0929  | 1.0078                 | 6.5000               |
| 2.1230  | 2.1547  | 2.1705  | 2.1791  | 2.1843  | 2.1874  | 2.1893  | 0.7635                 | 6.5000               |
| 2.1909  | 2.2264  | 2.2460  | 2.2571  | 2.2646  | 2.2696  | 2.2731  | 0.5424                 | 6.5000               |
| 2.2494  | 2.2881  | 2.3100  | 2.3242  | 2.3341  | 2.3415  | 2.3471  | 0.3471                 | 6.5000               |
| 2.2976  | 2.3383  | 2.3622  | 2.3792  | 2.3917  | 2.4018  | 2.4103  | 0.1877                 | 6.5000               |
| 2.3340  | 2.3764  | 2.4029  | 2.4226  | 2.4380  | 2.4510  | 2.4626  | 0.0809                 | 6.5000               |
| 2.3575  | 2.4044  | 2.4347  | 2.4575  | 2.4761  | 2.4921  | 2.5067  | 0.0251                 | 6.5000               |
| 2.3661  | 2.4218  | 2.4587  | 2.4861  | 2.5085  | 2.5276  | 2.5448  | 0.0043                 | 6.5000               |
| 2.3534  | 2.4253  | 2.4729  | 2.5074  | 2.5352  | 2.5583  | 2.5786  | 0.0000                 | 6.5000               |
| 2.3098  | 2.4038  | 2.4673  | 2.5137  | 2.5508  | 2.5816  | 2.6079  | 0.0000                 | 6.5000               |
| 2.2307  | 2.3476  | 2.4314  | 2.4958  | 2.5484  | 2.5936  | 2.6335  | 0.0000                 | 6.5000               |
| 2.1067  | 2.2487  | 2.3580  | 2.4476  | 2.5246  | 2.5940  | 2.6575  | 0.0000                 | 6.5000               |
| 1.9329  | 2.1015  | 2.2422  | 2.3659  | 2.4779  | 2.5826  | 2.6816  | 0.0000                 | 6.5000               |
| 1.7162  | 1.9082  | 2.0827  | 2.2463  | 2.4021  | 2.5526  | 2.6986  | 0.0000                 | 6.5000               |
| 1.4726  | 1.6792  | 1.8830  | 2.0858  | 2.2879  | 2.4889  | 2.6881  | 0.0000                 | 6.5000               |
| 1.2151  | 1.4228  | 1.6436  | 1.8753  | 2.1147  | 2.3573  | 2.6025  | 0.0030                 | 6.5000               |
| 0.9492  | 1.1382  | 1.3520  | 1.5886  | 1.8415  | 2.1045  | 2.3765  | 0.0266                 | 6.5000               |
| 0.6684  | 0.8197  | 1.0003  | 1.2112  | 1.4461  | 1.7005  | 1.9710  | 0.0266                 | 6.5000               |
| 0.3703  | 0.4782  | 0.6136  | 0.7811  | 0.9795  | 1.2050  | 1.4534  | 0.1990                 | 6.5000               |
| 0.0000  | 0.1191  | 0.2176  | 0.3391  | 0.4902  | 0.6754  | 0.8885  | 3.1700                 | 6.5000               |



### HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

2/3 jarak station = 2.11667 m

| Ordinat | Faktor Simpson | WL 1 = | Product    | WL 2 =  | Total Half Girth ~ WI 1 | Product | WL 3 =     | Total Half Girth ~ WI 3 | Product | WL 4 =  | Total Half Girth ~ WI 4 | Product | WL 5 =     |         |  |  |  |            |         |
|---------|----------------|--------|------------|---------|-------------------------|---------|------------|-------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|------------|---------|--|--|--|------------|---------|
|         |                | 0      |            | 0.317   |                         |         | 0.634      |                         |         | 0.951   |                         |         | 1.268      |         |  |  |  |            |         |
| -0.50   | 0.5            | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          |         |  |  |  |            |         |
| -0.25   | 2              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          |         |  |  |  |            |         |
| 0       | 1.5            | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          |         |  |  |  |            |         |
| 1       | 4              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          |         |  |  |  |            |         |
| 2       | 2              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.52278    |         |  |  |  |            |         |
| 3       | 4              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0.479   | 0.4790                  | 1.916   | 0.50072    |         |  |  |  |            |         |
| 4       | 2              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0.46764 | 0.4676                  | 0.93528 | 0.48905    |         |  |  |  |            |         |
| 5       | 4              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.44429347 | 0.4443                  | 1.77717 | 0.46215 | 0.9064                  | 3.62579 | 0.48261    |         |  |  |  |            |         |
| 6       | 2              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.44696422 | 0.4470                  | 0.89393 | 0.46194 | 0.9089                  | 1.8178  | 0.47968    |         |  |  |  |            |         |
| 7       | 4              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.4539978  | 0.4540                  | 1.81599 | 0.46515 | 0.9191                  | 3.67658 | 0.47526    |         |  |  |  |            |         |
| 8       | 2              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.46251837 | 0.4625                  | 0.92504 | 0.46727 | 0.9298                  | 1.85958 | 0.46749    |         |  |  |  |            |         |
| 9       | 4              | 0.0000 | 0          | 0.49964 | 0.4996                  | 1.99856 | 0.4689652  | 0.9686                  | 3.87442 | 0.46471 | 1.4333                  | 5.73325 | 0.45378    |         |  |  |  |            |         |
| 10      | 2              | 0.0000 | 0          | 0.50336 | 0.5034                  | 1.00672 | 0.46683219 | 0.9702                  | 1.94038 | 0.4545  | 1.4247                  | 2.84938 | 0.43624    |         |  |  |  |            |         |
| 11      | 4              | 0.0000 | 0          | 0.49142 | 0.4914                  | 1.96566 | 0.45313954 | 0.9446                  | 3.77822 | 0.43852 | 1.3831                  | 5.53229 | 0.41966    |         |  |  |  |            |         |
| 12      | 2              | 0.0000 | 0          | 0.46661 | 0.4666                  | 0.93322 | 0.43065212 | 0.8973                  | 1.79453 | 0.41842 | 1.3157                  | 2.63136 | 0.40341    |         |  |  |  |            |         |
| 13      | 4              | 0.0067 | 0.0268     | 0.43174 | 0.4384                  | 1.75375 | 0.40446315 | 0.8429                  | 3.3716  | 0.39574 | 1.2386                  | 4.95456 | 0.38552    |         |  |  |  |            |         |
| 14      | 2              | 0.0241 | 0.0482     | 0.39095 | 0.4150                  | 0.83009 | 0.37876416 | 0.7938                  | 1.58762 | 0.37349 | 1.1673                  | 2.3346  | 0.36744    |         |  |  |  |            |         |
| 15      | 4              | 0.0000 | 0          | 0.37795 | 0.3779                  | 1.51178 | 0.3573248  | 0.7353                  | 2.94108 | 0.35442 | 1.0897                  | 4.35875 | 0.35147    |         |  |  |  |            |         |
| 16      | 2              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.34197937 | 0.3420                  | 0.68396 | 0.34032 | 0.6823                  | 1.36459 | 0.33878    |         |  |  |  |            |         |
| 17      | 4              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.33198036 | 0.3320                  | 1.32792 | 0.33087 | 0.6629                  | 2.65141 | 0.32991    |         |  |  |  |            |         |
| 18      | 2              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.3250517  | 0.3251                  | 0.6501  | 0.3251  | 0.6501                  | 1.3003  | 0.3247     |         |  |  |  |            |         |
| 19      | 4              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0.317      | 0.3170                  | 1.268   | 0.31732 | 0.6343                  | 2.53729 | 0.32208    |         |  |  |  |            |         |
| FP      | 1              | 0.0000 | 0          | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          | 0.0000                  | 0       | 0       | 0.0000                  | 0       | 0          |         |  |  |  |            |         |
|         |                |        | $\Sigma =$ | 0.075   |                         |         |            | $\Sigma =$              | 9.99978 |         |                         |         | $\Sigma =$ | 28.63   |  |  |  | $\Sigma =$ | 50.0788 |
|         |                |        | WSA =      | 0.15875 |                         |         |            | WSA =                   | 21.1662 |         |                         |         | WSA =      | 60.6001 |  |  |  | WSA =      | 106     |



## HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

*Continues*

| Total Half Girth ~ WI 5 | Product        | WL 6 =  | Total Half Girth ~ WI 6 | Product          | WL 7 =    | Total Half Girth ~ WI 7 | Product            |
|-------------------------|----------------|---------|-------------------------|------------------|-----------|-------------------------|--------------------|
|                         |                | 1.585   |                         |                  | 1.902     |                         |                    |
| 0.0000                  | 0              | 0       | 0.0000                  | 0                | 0.7412982 | 0.7413                  | 0.370649096        |
| 0.0000                  | 0              | 0       | 0.0000                  | 0                | 0.7071346 | 0.7071                  | 1.414269295        |
| 0.0000                  | 0              | 0.71429 | 0.7143                  | 1.0714421        | 0.6754124 | 1.3897                  | 2.084560802        |
| 0.0000                  | 0              | 0.60764 | 0.6076                  | 2.4305639        | 0.5926124 | 1.2003                  | 4.801013631        |
| 0.5228                  | 1.04555        | 0.55536 | 1.0781                  | 2.1562739        | 0.5385742 | 1.6167                  | 3.233422293        |
| 0.9797                  | 3.91889        | 0.52636 | 1.5061                  | 6.0243407        | 0.5036695 | 2.0098                  | 8.039018638        |
| 0.9567                  | 1.91338        | 0.50796 | 1.4646                  | 2.929293         | 0.4754875 | 1.9401                  | 3.880267972        |
| 1.3891                  | 5.55623        | 0.49525 | 1.8843                  | 7.5372173        | 0.4538546 | 2.3382                  | 9.352635864        |
| 1.3886                  | 2.77715        | 0.48291 | 1.8715                  | 3.7429755        | 0.4370007 | 2.3085                  | 4.61697699         |
| 1.3944                  | 5.57763        | 0.46882 | 1.8632                  | 7.4529038        | 0.4204467 | 2.2837                  | 9.134690669        |
| 1.3973                  | 2.79457        | 0.45072 | 1.8480                  | 3.6960015        | 0.4050227 | 2.2530                  | 4.506046928        |
| 1.8871                  | 7.54838        | 0.42957 | 2.3167                  | 9.2666632        | 0.3919429 | 2.7086                  | 10.83443488        |
| 1.8609                  | 3.72187        | 0.41094 | 2.2719                  | 4.5437477        | 0.3819136 | 2.6538                  | 5.30757489         |
| 1.8027                  | 7.21093        | 0.39779 | 2.2005                  | 8.8020707        | 0.3757822 | 2.5763                  | 10.30519936        |
| 1.7191                  | 3.43818        | 0.38678 | 2.1059                  | 4.2117326        | 0.3709228 | 2.4768                  | 4.953578292        |
| 1.6242                  | 6.49664        | 0.37434 | 1.9985                  | 7.9939969        | 0.3640467 | 2.3625                  | 9.450183734        |
| 1.5347                  | 3.06948        | 0.36109 | 1.8958                  | 3.7916495        | 0.3553609 | 2.2512                  | 4.502371239        |
| 1.4412                  | 5.76463        | 0.34846 | 1.7896                  | 7.1584892        | 0.3460154 | 2.1356                  | 8.542550964        |
| 1.0211                  | 2.04214        | 0.33749 | 1.3586                  | 2.7171218        | 0.3368415 | 1.6954                  | 3.390804798        |
| 0.9928                  | 3.97106        | 0.32926 | 1.3220                  | 5.2880892        | 0.3291758 | 1.6512                  | 6.604792298        |
| 0.9748                  | 1.9497         | 0.32415 | 1.2990                  | 2.5979956        | 0.3240445 | 1.6230                  | 3.246084619        |
| 0.9564                  | 3.82562        | 0.32119 | 1.2776                  | 5.1103779        | 0.3207342 | 1.5983                  | 6.393314731        |
| 0.0000                  | 0              | 0       | 0.0000                  | 0                | 0         | 0.0000                  | 0                  |
| <b>Σ =</b>              | <b>72.6221</b> |         | <b>Σ =</b>              | <b>98.522946</b> |           | <b>Σ =</b>              | <b>124.964442</b>  |
| <b>WSA =</b>            | <b>153.717</b> |         | <b>WSA =</b>            | <b>208.54024</b> |           | <b>WSA =</b>            | <b>264.5080689</b> |



## HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

*Continues*



| WL 8 =<br>2.219 | Total Half<br>Girth ~ WI 8 | Product            | WL 9 =<br>2.536 | Total Half Girth<br>~ WI 9 | Product            |
|-----------------|----------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|
| 0.529080296     | 1.2704                     | 0.635189244        | 0.372594471     | 1.6430                     | 0.82148648         |
| 0.517623067     | 1.2248                     | 2.44951543         | 0.370249497     | 1.5950                     | 3.190014424        |
| 0.506316146     | 1.8960                     | 2.844035021        | 0.367944615     | 2.2640                     | 3.395951944        |
| 0.462299957     | 1.6626                     | 6.650213458        | 0.359470792     | 2.0220                     | 8.088096624        |
| 0.429435781     | 2.0461                     | 4.092293855        | 0.351861118     | 2.3980                     | 4.796016215        |
| 0.405271822     | 2.4150                     | 9.660105927        | 0.345218612     | 2.7602                     | 11.04098037        |
| 0.388386869     | 2.3285                     | 4.65704171         | 0.340135106     | 2.6687                     | 5.337311921        |
| 0.375997128     | 2.7142                     | 10.85662438        | 0.336605466     | 3.0508                     | 12.20304624        |
| 0.367640368     | 2.6761                     | 5.352257726        | 0.334667432     | 3.0108                     | 6.02159259         |
| 0.36287265      | 2.6465                     | 10.58618127        | 0.334411797     | 2.9810                     | 11.92382846        |
| 0.360275506     | 2.6133                     | 5.226597939        | 0.336170507     | 2.9495                     | 5.898938954        |
| 0.359282354     | 3.0679                     | 12.2715643         | 0.33930812      | 3.4072                     | 13.62879678        |
| 0.35876594      | 3.0126                     | 6.025106771        | 0.343154426     | 3.3557                     | 6.711415623        |
| 0.358859638     | 2.9352                     | 11.74063792        | 0.346296636     | 3.2815                     | 13.12582446        |
| 0.358298758     | 2.8351                     | 5.670175808        | 0.348008563     | 3.1831                     | 6.366192934        |
| 0.355451319     | 2.7180                     | 10.87198901        | 0.34829799      | 3.0663                     | 12.26518097        |
| 0.350441664     | 2.6016                     | 5.203254568        | 0.346377193     | 2.9480                     | 5.896008954        |
| 0.343964024     | 2.4796                     | 9.918407061        | 0.342280309     | 2.8219                     | 11.2875283         |
| 0.33657185      | 2.0320                     | 4.063948498        | 0.336538259     | 2.3685                     | 4.737025016        |
| 0.329610513     | 1.9808                     | 7.923234348        | 0.330164035     | 2.3110                     | 9.243890488        |
| 0.324316589     | 1.9474                     | 3.894717797        | 0.324723205     | 2.2721                     | 4.544164208        |
| 0.320553833     | 1.9189                     | 7.675530064        | 0.320673604     | 2.2396                     | 8.958224478        |
| 0               | 0.0000                     | 0                  | 0               | 0.0000                     | 0                  |
|                 | $\Sigma =$                 | 148.2686221        |                 | $\Sigma =$                 | 169.4815164        |
|                 | WSA =                      | <b>313.8352501</b> |                 | WSA =                      | <b>358.7358764</b> |



## HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Continues

| Ordinat | Faktor Simpson | WL 10 = | Total Half Girth ~ WI 10 | Product        | WL 11 = | Total Half Girth ~ WI 11 | Product           | WL 12 = | Total Half Girth ~ WI 112 | Product        |
|---------|----------------|---------|--------------------------|----------------|---------|--------------------------|-------------------|---------|---------------------------|----------------|
|         |                | 2.853   |                          |                | 3.17    |                          |                   | 3.725   |                           |                |
| -0.50   | 0.5            | 0.32224 | 1.9652                   | 0.98261        | 0.31776 | 2.2830                   | 1.14148644        | 0.55521 | 2.8382                    | 1.41909        |
| -0.25   | 2              | 0.32257 | 1.9176                   | 3.83516        | 0.31787 | 2.2354                   | 4.47089937        | 0.55525 | 2.7907                    | 5.58141        |
| 0       | 1.5            | 0.32289 | 2.5869                   | 3.88029        | 0.31801 | 2.9049                   | 4.35730129        | 0.5553  | 3.4602                    | 5.19025        |
| 1       | 4              | 0.3243  | 2.3463                   | 9.38528        | 0.31849 | 2.6648                   | 10.6592496        | 0.55557 | 3.2204                    | 12.8815        |
| 2       | 2              | 0.32496 | 2.7230                   | 5.44594        | 0.31907 | 3.0420                   | 6.08408635        | 0.5559  | 3.5979                    | 7.1959         |
| 3       | 4              | 0.32477 | 3.0850                   | 12.34          | 0.31937 | 3.4044                   | 13.6175096        | 0.55613 | 3.9605                    | 15.842         |
| 4       | 2              | 0.32427 | 2.9929                   | 5.98586        | 0.31939 | 3.3123                   | 6.62464082        | 0.55635 | 3.8687                    | 7.73734        |
| 5       | 4              | 0.32352 | 3.3743                   | 13.4971        | 0.31938 | 3.6937                   | 14.7746189        | 0.55649 | 4.2501                    | 17.0006        |
| 6       | 2              | 0.3232  | 3.3340                   | 6.66799        | 0.31944 | 3.6534                   | 7.30687011        | 0.55662 | 4.2101                    | 8.4201         |
| 7       | 4              | 0.32368 | 3.3046                   | 13.2185        | 0.31984 | 3.6245                   | 14.4978776        | 0.55698 | 4.1814                    | 16.7258        |
| 8       | 2              | 0.32523 | 3.2747                   | 6.5494         | 0.32089 | 3.5956                   | 7.19117393        | 0.55779 | 4.1534                    | 8.30675        |
| 9       | 4              | 0.32843 | 3.7356                   | 14.9425        | 0.32276 | 4.0584                   | 16.2335629        | 0.55964 | 4.6180                    | 18.4721        |
| 10      | 2              | 0.33252 | 3.6882                   | 7.37645        | 0.32608 | 4.0143                   | 8.02860768        | 0.5629  | 4.5772                    | 9.15442        |
| 11      | 4              | 0.33671 | 3.6182                   | 14.4727        | 0.32958 | 3.9477                   | 15.7909829        | 0.56718 | 4.5149                    | 18.0597        |
| 12      | 2              | 0.33992 | 3.5230                   | 7.04603        | 0.33322 | 3.8562                   | 7.71247123        | 0.57288 | 4.4291                    | 8.85823        |
| 13      | 4              | 0.34213 | 3.4084                   | 13.6337        | 0.33677 | 3.7452                   | 14.9807953        | 0.58004 | 4.3252                    | 17.301         |
| 14      | 2              | 0.34254 | 3.2905                   | 6.5811         | 0.33909 | 3.6296                   | 7.25928808        | 0.58727 | 4.2169                    | 8.43383        |
| 15      | 4              | 0.34061 | 3.1625                   | 12.65          | 0.33931 | 3.5018                   | 14.0071948        | 0.59221 | 4.0940                    | 16.376         |
| 16      | 2              | 0.3365  | 2.7050                   | 5.41003        | 0.33688 | 3.0419                   | 6.0837851         | 0.59259 | 3.6345                    | 7.26897        |
| 17      | 4              | 0.33084 | 2.6418                   | 10.5673        | 0.33195 | 2.9738                   | 11.8950652        | 0.5863  | 3.5601                    | 14.2403        |
| 18      | 2              | 0.32516 | 2.5972                   | 5.19449        | 0.32605 | 2.9233                   | 5.84659594        | 0.57525 | 3.4986                    | 6.9971         |
| 19      | 4              | 0.32087 | 2.5604                   | 10.2417        | 0.32137 | 2.8818                   | 11.5271826        | 0.56539 | 3.4472                    | 13.7887        |
| FP      | 1              | 0       | 0.0000                   | 0              | 0       | 0.0000                   | 0                 | 0.56764 | 0.5676                    | 0.56764        |
|         |                |         | $\Sigma =$               | 189.904        |         | $\Sigma =$               | 210.091246        |         | $\Sigma =$                | 245.819        |
|         |                |         | WSA =                    | <b>401.964</b> |         | WSA =                    | <b>444.693137</b> |         | WSA =                     | <b>520.316</b> |



## HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

*Continues*

| WL 13<br>=  | Total Half<br>Girth ~ WI<br>13 | Product        | WL 14<br>=   | Total Half<br>Girth ~ WI<br>14 | Product        | WL 15<br>=  | Total Half<br>Girth ~ WI<br>15 | Product          |
|-------------|--------------------------------|----------------|--------------|--------------------------------|----------------|-------------|--------------------------------|------------------|
| <b>4.28</b> |                                |                | <b>4.835</b> |                                |                | <b>5.39</b> |                                |                  |
| 0.55503     | 3.3932                         | 1.69661        | 0.555        | 3.9482                         | 1.97411        | 0.555       | 4.5032                         | 2.251608         |
| 0.55504     | 3.3457                         | 6.69148        | 0.55501      | 3.9007                         | 7.8015         | 0.555       | 4.4558                         | 8.9115013        |
| 0.55505     | 4.0152                         | 6.02282        | 0.55501      | 4.5702                         | 6.85534        | 0.555       | 5.1252                         | 7.6878457        |
| 0.55511     | 3.7755                         | 15.102         | 0.55503      | 4.3305                         | 17.3221        | 0.55501     | 4.8855                         | 19.542135        |
| 0.55522     | 4.1532                         | 8.30635        | 0.55507      | 4.7082                         | 9.41648        | 0.55502     | 5.2633                         | 10.526527        |
| 0.55535     | 4.5159                         | 18.0634        | 0.55511      | 5.0710                         | 20.2839        | 0.55505     | 5.6260                         | 22.504077        |
| 0.55543     | 4.4241                         | 8.8482         | 0.55518      | 4.9793                         | 9.95856        | 0.55509     | 5.5344                         | 11.06874         |
| 0.55551     | 4.8057                         | 19.2226        | 0.55526      | 5.3609                         | 21.4437        | 0.55514     | 5.9161                         | 23.664242        |
| 0.55563     | 4.7657                         | 9.53137        | 0.55535      | 5.3210                         | 10.6421        | 0.55521     | 5.8762                         | 11.752495        |
| 0.55583     | 4.7373                         | 18.9491        | 0.55547      | 5.2927                         | 21.171         | 0.55531     | 5.8481                         | 23.392215        |
| 0.55623     | 4.7096                         | 9.4192         | 0.55568      | 5.2653                         | 10.5306        | 0.55545     | 5.8207                         | 11.641456        |
| 0.55704     | 5.1751                         | 20.7003        | 0.55607      | 5.7311                         | 22.9245        | 0.5557      | 6.2868                         | 25.147333        |
| 0.55862     | 5.1358                         | 10.2717        | 0.55694      | 5.6928                         | 11.3855        | 0.55624     | 6.2490                         | 12.498007        |
| 0.56129     | 5.0762                         | 20.3049        | 0.55872      | 5.6349                         | 22.5398        | 0.55749     | 6.1924                         | 24.769701        |
| 0.56566     | 4.9948                         | 9.98955        | 0.56219      | 5.5570                         | 11.1139        | 0.56032     | 6.1173                         | 12.234551        |
| 0.57256     | 4.8978                         | 19.5912        | 0.56862      | 5.4664                         | 21.8657        | 0.56619     | 6.0326                         | 24.130424        |
| 0.58179     | 4.7987                         | 9.59741        | 0.57861      | 5.3773                         | 10.7546        | 0.57645     | 5.9538                         | 11.907533        |
| 0.59124     | 4.6852                         | 18.741         | 0.59089      | 5.2761                         | 21.1045        | 0.59065     | 5.8668                         | 23.467136        |
| 0.59731     | 4.2318                         | 8.46358        | 0.60142      | 4.8332                         | 9.66643        | 0.60443     | 5.4376                         | 10.875294        |
| 0.59476     | 4.1548                         | 16.6193        | 0.60333      | 4.7581                         | 19.0326        | 0.6099      | 5.3681                         | 21.472215        |
| 0.58364     | 4.0822                         | 8.16439        | 0.59372      | 4.6759                         | 9.35183        | 0.60266     | 5.2786                         | 10.55716         |
| 0.57128     | 4.0185                         | 16.0739        | 0.57973      | 4.5982                         | 18.3928        | 0.5894      | 5.1876                         | 20.750343        |
| 0.56367     | 1.1313                         | 1.13131        | 0.56814      | 1.6995                         | 1.69945        | 0.5752      | 2.2747                         | 2.274653         |
|             | $\Sigma =$                     | 281.501        |              | $\Sigma =$                     | 317.231        |             | $\Sigma =$                     | 353.02719        |
|             | WSA =                          | <b>595.845</b> |              | WSA =                          | <b>671.472</b> |             | WSA =                          | <b>747.24089</b> |



| WL 16 =      | Total Half Girth<br>~ WI 16 | Product            | WL 17 =     | Total Half Girth<br>~ WI 17 | Product            |
|--------------|-----------------------------|--------------------|-------------|-----------------------------|--------------------|
| <b>5.945</b> |                             |                    | <b>6.5</b>  |                             |                    |
| 0.555000081  | 5.0582                      | 2.529107999        | 0.555000009 | 5.6132                      | 2.806608003        |
| 0.555000324  | 5.0108                      | 10.02150199        | 0.555000036 | 5.5658                      | 11.13150207        |
| 0.555000577  | 5.6802                      | 8.520346529        | 0.555000225 | 6.2352                      | 9.352846866        |
| 0.555003252  | 5.4405                      | 21.76214838        | 0.555000901 | 5.9955                      | 23.98215199        |
| 0.555008658  | 5.8183                      | 11.63654448        | 0.555003252 | 6.3733                      | 12.74655099        |
| 0.555022522  | 6.1810                      | 24.72416708        | 0.555011036 | 6.7361                      | 26.94421122        |
| 0.555049331  | 6.0894                      | 12.17883841        | 0.555028252 | 6.6444                      | 13.28889491        |
| 0.555091893  | 6.4712                      | 25.88460945        | 0.555065086 | 7.0262                      | 28.1048698         |
| 0.555152231  | 6.4314                      | 12.86279994        | 0.555121212 | 6.9865                      | 13.97304236        |
| 0.555230583  | 6.4033                      | 25.61313723        | 0.555192003 | 6.9585                      | 27.83390524        |
| 0.55532856   | 6.3761                      | 12.75211337        | 0.555266459 | 6.9313                      | 13.86264628        |
| 0.555480522  | 6.8423                      | 27.36925497        | 0.555371128 | 7.3977                      | 29.59073948        |
| 0.555853974  | 6.8049                      | 13.60971518        | 0.555622795 | 7.3605                      | 14.72096077        |
| 0.556837535  | 6.7493                      | 26.99705102        | 0.556432395 | 7.3057                      | 29.2227806         |
| 0.559322233  | 6.6766                      | 13.35319586        | 0.558620846 | 7.2352                      | 14.47043755        |
| 0.564789421  | 6.5974                      | 26.38958205        | 0.563760587 | 7.1612                      | 28.6446244         |
| 0.575043694  | 6.5288                      | 13.05762075        | 0.573882392 | 7.1027                      | 14.20538553        |
| 0.590276207  | 6.4571                      | 25.8282408         | 0.589665702 | 7.0467                      | 28.1869036         |
| 0.605706001  | 6.0434                      | 12.08670608        | 0.606752042 | 6.6501                      | 13.30021016        |
| 0.614161217  | 5.9822                      | 23.9288601         | 0.618068766 | 6.6003                      | 26.40113516        |
| 0.610527935  | 5.8891                      | 11.77821593        | 0.617410115 | 6.5065                      | 13.01303616        |
| 0.599061975  | 5.7866                      | 23.14659095        | 0.608052267 | 6.3947                      | 25.57880002        |
| 0.585084643  | 2.8597                      | 2.859737627        | 0.594505349 | 3.4542                      | 3.454242976        |
|              | $\Sigma =$                  | 388.8900862        |             | $\Sigma =$                  | 424.8164862        |
|              | WSA =                       | <b>823.1506824</b> |             | WSA =                       | <b>899.1948957</b> |



## BONJEAN CURVES CALCULATION OF CATAMARAN

Length between perpendiculars ( $L_{pp}$ ) = 63.5 m ; Station spacing = 3.175 m ; 2/3 Station spacing =

| Ordinat | Simpson Factor |   |           | M. Factor | Result   | 0 m WL       |                          |                    |                          |
|---------|----------------|---|-----------|-----------|----------|--------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
|         | a              | b | S = a + b | [1]       | S x [1]  | $y_0$        | $y_0 \times S$           | Vertical Moment    | Long. Moment             |
|         |                |   |           |           |          |              |                          | $y_0$              | $y_0$                    |
| -0.50   | 0.50           | 0 | 0.50      | -33.338   | -16.669  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| -0.25   | 2              | 0 | 2         | -32.544   | -65.088  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 0       | 0.50           | 1 | 1.50      | -31.750   | -47.625  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 1       | 0              | 4 | 4         | -28.575   | -114.300 | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 2       | 1              | 1 | 2         | -25.400   | -50.800  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 3       | 4              | 0 | 4         | -22.225   | -88.900  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 4       | 1              | 1 | 2         | -19.050   | -38.100  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 5       | 0              | 4 | 4         | -15.875   | -63.500  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 6       | 1              | 1 | 2         | -12.700   | -25.400  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 7       | 4              | 0 | 4         | -9.525    | -38.100  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 8       | 1              | 1 | 2         | -6.350    | -12.700  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 9       | 0              | 4 | 4         | -3.175    | -12.700  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 10      | 1              | 1 | 2         | 0.000     | 0.000    | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 11      | 4              | 0 | 4         | 3.175     | 12.700   | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 12      | 1              | 1 | 2         | 6.350     | 12.700   | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 13      | 0              | 4 | 4         | 9.525     | 38.100   | 0.0067       | 0.0268                   | 0.0000             | 0.2553                   |
| 14      | 1              | 1 | 2         | 12.700    | 25.400   | 0.0241       | 0.0482                   | 0.0000             | 0.6121                   |
| 15      | 4              | 0 | 4         | 15.875    | 63.500   | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 16      | 1              | 1 | 2         | 19.050    | 38.100   | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 17      | 0              | 4 | 4         | 22.225    | 88.900   | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 18      | 1              | 1 | 2         | 25.400    | 50.800   | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 19      | 4              | 0 | 4         | 28.575    | 114.300  | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
| 20      | 1              |   | 1         | 31.750    | 31.750   | 0.0000       | 0.0000                   | 0.0000             | 0.0000                   |
|         |                |   |           |           |          | $\Sigma_1 =$ | 0.0750                   | $\Sigma_2 =$       | 0.8674                   |
|         |                |   |           |           |          | Area =       | 0.1588<br>m <sup>2</sup> | LM <sub>y0</sub> = | 1.8360<br>m <sup>4</sup> |



2.1167 m

| 0.3170 m WL  |                        |                       |                        | 0.6340 m WL       |                        |                       |                        |
|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| $y_1$        | $y_1 \times S$         | Vertical Moment $y_1$ | Long. Moment $y_1$     | $y_2$             | $y_2 \times S$         | Vertical Moment $y_2$ | Long. Moment $y_2$     |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.0000            | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.0000            | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.0000            | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.0000            | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.0000            | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.1340            | 0.5360                 | 0.0850                | -11.9126               |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.3269            | 0.6538                 | 0.2073                | -12.4549               |
| 0.1619       | 0.6476                 | 0.0513                | -10.2807               | 0.4732            | 1.8928                 | 0.3000                | -30.0482               |
| 0.2619       | 0.5238                 | 0.0830                | -6.6523                | 0.5770            | 1.1540                 | 0.3658                | -14.6558               |
| 0.3254       | 1.3016                 | 0.1032                | -12.3977               | 0.6504            | 2.6016                 | 0.4124                | -24.7802               |
| 0.3643       | 0.7286                 | 0.1155                | -4.6266                | 0.7011            | 1.4022                 | 0.4445                | -8.9040                |
| 0.3862       | 1.5448                 | 0.1224                | -4.9047                | 0.7318            | 2.9272                 | 0.4640                | -9.2939                |
| 0.3910       | 0.7820                 | 0.1239                | 0.0000                 | 0.7337            | 1.4674                 | 0.4652                | 0.0000                 |
| 0.3755       | 1.5020                 | 0.1190                | 4.7689                 | 0.6993            | 2.7972                 | 0.4434                | 8.8811                 |
| 0.3424       | 0.6848                 | 0.1085                | 4.3485                 | 0.6339            | 1.2678                 | 0.4019                | 8.0505                 |
| 0.2998       | 1.1992                 | 0.0950                | 11.4224                | 0.5510            | 2.2040                 | 0.3493                | 20.9931                |
| 0.2529       | 0.5058                 | 0.0802                | 6.4237                 | 0.4602            | 0.9204                 | 0.2918                | 11.6891                |
| 0.2058       | 0.8232                 | 0.0652                | 13.0683                | 0.3707            | 1.4828                 | 0.2350                | 23.5395                |
| 0.1608       | 0.3216                 | 0.0510                | 6.1265                 | 0.2891            | 0.5782                 | 0.1833                | 11.0147                |
| 0.1109       | 0.4436                 | 0.0352                | 9.8590                 | 0.2095            | 0.8380                 | 0.1328                | 18.6246                |
| 0.0316       | 0.0632                 | 0.0100                | 1.6053                 | 0.1035            | 0.2070                 | 0.0656                | 5.2578                 |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.0000            | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 |
| 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 | 0.0000            | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                 |
| $\Sigma_3 =$ | 11.0718                | $\Sigma_4 =$          | 18.7604                | $\Sigma_4 =$      | 22.9304                | $\Sigma_6 =$          | -3.9992                |
| Area =       | 23.4353 m <sup>2</sup> | LM <sub>y1</sub> =    | 39.7096 m <sup>4</sup> | Area =            | 48.5360 m <sup>2</sup> | LM <sub>y2</sub> =    | -8.4650 m <sup>4</sup> |
|              |                        |                       |                        | LM <sub>y</sub> = | 16.0835 m <sup>4</sup> |                       |                        |



| 1/3 h WL =         |                        | 0.1057 m       |                                | Moment $A_0$ Base | 0.9510 m WL  |                        |                       |                          |
|--------------------|------------------------|----------------|--------------------------------|-------------------|--------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| $y_0 + 4y_1 + y_2$ | Area                   | $S \times A_0$ | $V_{MY0} + 4V_{MY1} + V_{MY2}$ |                   | $y_1$        | $y_1 \times S$         | Vertical Moment $y_1$ | Long. Moment $y_1$       |
|                    | $A_0$                  |                |                                |                   |              |                        |                       |                          |
| 0.0000             | 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000            | 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                   |
| 0.0000             | 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000            | 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                   |
| 0.0000             | 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000            | 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                   |
| 0.0000             | 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000            | 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                   |
| 0.0000             | 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000            | 0.2657       | 0.5314                 | 0.2527                | -13.4976                 |
| 0.1340             | 0.0142                 | 0.0566         | 0.0850                         | 0.0359            | 0.4931       | 1.9724                 | 0.4689                | -43.8366                 |
| 0.3269             | 0.0345                 | 0.0691         | 0.2073                         | 0.0438            | 0.6707       | 1.3414                 | 0.6378                | -25.5537                 |
| 1.1208             | 0.1184                 | 0.4737         | 0.5053                         | 0.2136            | 0.8095       | 3.2380                 | 0.7698                | -51.4033                 |
| 1.6246             | 0.1717                 | 0.3433         | 0.6979                         | 0.1475            | 0.9130       | 1.8260                 | 0.8683                | -23.1902                 |
| 1.9520             | 0.2063                 | 0.8250         | 0.8250                         | 0.3487            | 0.9908       | 3.9632                 | 0.9423                | -37.7495                 |
| 2.1583             | 0.2281                 | 0.4561         | 0.9064                         | 0.1916            | 1.0444       | 2.0888                 | 0.9932                | -13.2639                 |
| 2.2766             | 0.2406                 | 0.9622         | 0.9537                         | 0.4031            | 1.0716       | 4.2864                 | 1.0191                | -13.6093                 |
| 2.2977             | 0.2428                 | 0.4856         | 0.9610                         | 0.2031            | 1.0594       | 2.1188                 | 1.0075                | 0.0000                   |
| 2.2013             | 0.2326                 | 0.9304         | 0.9195                         | 0.3886            | 1.0023       | 4.0092                 | 0.9532                | 12.7292                  |
| 2.0035             | 0.2117                 | 0.4234         | 0.8361                         | 0.1767            | 0.9070       | 1.8140                 | 0.8626                | 11.5189                  |
| 1.7569             | 0.1856                 | 0.7426         | 0.7295                         | 0.3083            | 0.7879       | 3.1516                 | 0.7493                | 30.0190                  |
| 1.4959             | 0.1581                 | 0.3161         | 0.6124                         | 0.1294            | 0.6577       | 1.3154                 | 0.6255                | 16.7056                  |
| 1.1939             | 0.1262                 | 0.5046         | 0.4960                         | 0.2096            | 0.5292       | 2.1168                 | 0.5033                | 33.6042                  |
| 0.9323             | 0.0985                 | 0.1970         | 0.3872                         | 0.0818            | 0.4129       | 0.8258                 | 0.3927                | 15.7315                  |
| 0.6531             | 0.0690                 | 0.2760         | 0.2734                         | 0.1156            | 0.3043       | 1.2172                 | 0.2894                | 27.0523                  |
| 0.2299             | 0.0243                 | 0.0486         | 0.1057                         | 0.0223            | 0.1756       | 0.3512                 | 0.1670                | 8.9205                   |
| 0.0000             | 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000            | 0.0143       | 0.0572                 | 0.0136                | 1.6345                   |
| 0.0000             | 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000            | 0.0000       | 0.0000                 | 0.0000                | 0.0000                   |
|                    | $\Sigma_1 =$           | 7.1106         | $\Sigma_3 =$                   | 3.0196            | $\Sigma_1 =$ | 36.2248                | $\Sigma_2 =$          | -64.1883                 |
| Volume =           | 15.0507 m <sup>3</sup> | VMy =          | 6.3915 m <sup>4</sup>          |                   | Area =       | 76.6758 m <sup>2</sup> | LM <sub>y1</sub> =    | -135.8653 m <sup>4</sup> |
| Lcb =              | 1.0686 m               | KB =           | 0.4247 m                       |                   |              |                        |                       |                          |



| 1.2680 m WL  |                         |                          |                             | 1/3 h WL =         |
|--------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
| $y_2$        | $y_2 \times S$          | Vertical<br>Moment $y_2$ | Long.<br>Moment $y_2$       | $y_0 + 4y_1 + y_2$ |
| 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                   | 0.0000                      | 0.0000             |
| 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                   | 0.0000                      | 0.0000             |
| 0.0563       | 0.0845                  | 0.0714                   | -2.6813                     | 0.0563             |
| 0.4201       | 1.6804                  | 0.5327                   | -48.0174                    | 0.4201             |
| 0.6814       | 1.3628                  | 0.8640                   | -34.6151                    | 1.7442             |
| 0.8807       | 3.5228                  | 1.1167                   | -78.2942                    | 2.9871             |
| 1.0431       | 2.0862                  | 1.3227                   | -39.7421                    | 4.0528             |
| 1.1734       | 4.6936                  | 1.4879                   | -74.5109                    | 4.8846             |
| 1.2730       | 2.5460                  | 1.6142                   | -32.3342                    | 5.5020             |
| 1.3449       | 5.3796                  | 1.7053                   | -51.2407                    | 5.9585             |
| 1.3880       | 2.7760                  | 1.7600                   | -17.6276                    | 6.2667             |
| 1.3963       | 5.5852                  | 1.7705                   | -17.7330                    | 6.4145             |
| 1.3591       | 2.7182                  | 1.7233                   | 0.0000                      | 6.3304             |
| 1.2773       | 5.1092                  | 1.6196                   | 16.2217                     | 5.9858             |
| 1.1565       | 2.3130                  | 1.4664                   | 14.6876                     | 5.4184             |
| 1.0073       | 4.0292                  | 1.2773                   | 38.3781                     | 4.7099             |
| 0.8435       | 1.6870                  | 1.0696                   | 21.4249                     | 3.9345             |
| 0.6810       | 2.7240                  | 0.8635                   | 43.2435                     | 3.1685             |
| 0.5324       | 1.0648                  | 0.6751                   | 20.2844                     | 2.4731             |
| 0.3957       | 1.5828                  | 0.5017                   | 35.1777                     | 1.8224             |
| 0.2459       | 0.4918                  | 0.3118                   | 12.4917                     | 1.0518             |
| 0.0713       | 0.2852                  | 0.0904                   | 8.1496                      | 0.1285             |
| 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                   | 0.0000                      | 0.0000             |
| $\Sigma_3 =$ | 51.7223                 | $\Sigma_4 =$             | -186.7373                   |                    |
| Area =       | 109.4788 m <sup>2</sup> | LMy <sub>2</sub> =       | -395.2606<br>m <sup>4</sup> | Volume =           |
|              |                         | LMy =                    | -100.0861<br>m <sup>4</sup> | Total V =          |
|              |                         | LMy <sub>Tot</sub> =     | -84.0026 m <sup>4</sup>     | Lcb =              |



| 0.1057 m               |                |                                |                      |             |
|------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------|-------------|
| Area                   |                | $V_{MY0} + 4V_{MY1} + V_{MY2}$ | Moment<br>$A_0$ Base | Total Area  |
| $A_1$                  | $S \times A_0$ |                                |                      | $A_0 + A_1$ |
| 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000               | 0.0000      |
| 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000               | 0.0000      |
| 0.0059                 | 0.0089         | 0.0714                         | 0.0113               | 0.0059      |
| 0.0444                 | 0.1776         | 0.5327                         | 0.2251               | 0.0444      |
| 0.1843                 | 0.3686         | 1.8747                         | 0.3962               | 0.1843      |
| 0.3156                 | 1.2625         | 3.0774                         | 1.3007               | 0.3298      |
| 0.4282                 | 0.8565         | 4.0812                         | 0.8625               | 0.4628      |
| 0.5161                 | 2.0646         | 4.8672                         | 2.0572               | 0.6346      |
| 0.5814                 | 1.1628         | 5.4530                         | 1.1524               | 0.7530      |
| 0.6296                 | 2.5185         | 5.8867                         | 2.4881               | 0.8359      |
| 0.6622                 | 1.3244         | 6.1774                         | 1.3055               | 0.8902      |
| 0.6778                 | 2.7112         | 6.3108                         | 2.6674               | 0.9184      |
| 0.6689                 | 1.3378         | 6.2185                         | 1.3142               | 0.9117      |
| 0.6325                 | 2.5300         | 5.8757                         | 2.4835               | 0.8651      |
| 0.5725                 | 1.1451         | 5.3186                         | 1.1240               | 0.7842      |
| 0.4977                 | 1.9907         | 4.6238                         | 1.9543               | 0.6833      |
| 0.4157                 | 0.8315         | 3.8632                         | 0.8164               | 0.5738      |
| 0.3348                 | 1.3392         | 3.1116                         | 1.3152               | 0.4610      |
| 0.2613                 | 0.5226         | 2.4290                         | 0.5133               | 0.3598      |
| 0.1926                 | 0.7703         | 1.7921                         | 0.7575               | 0.2616      |
| 0.1111                 | 0.2223         | 1.0454                         | 0.2209               | 0.1354      |
| 0.0136                 | 0.0543         | 0.1448                         | 0.0612               | 0.0136      |
| 0.0000                 | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000               | 0.0000      |
| $\Sigma_5 =$           | 23.1993        | $\Sigma_6 =$                   | 23.0270              |             |
| 49.1052 m <sup>3</sup> | $VM_y =$       | 48.7404 m <sup>4</sup>         |                      |             |
| 64.1559 m <sup>3</sup> | $VM_{y_T} =$   | 55.1320 m <sup>4</sup>         |                      |             |
| -1.3094 m              | $KB =$         | 0.8593 m                       |                      |             |



## BONJEAN CURVES CALCULATION OF CATAMARAN

Continues

| Ordinat | 1.5850 m WL  |                         |                       |                          |
|---------|--------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
|         | $y_1$        | $y_1 \times S$          | Vertical Moment $y_1$ | Long. Moment $y_1$       |
| -0.50   | 0.5495       | 0.2748                  | 0.8710                | -9.1595                  |
| -0.25   | 0.6241       | 1.2482                  | 0.9892                | -40.6211                 |
| 0       | 0.6964       | 1.0446                  | 1.1038                | -33.1661                 |
| 1       | 0.9385       | 3.7540                  | 1.4875                | -107.2706                |
| 2       | 1.1374       | 2.2748                  | 1.8028                | -57.7799                 |
| 3       | 1.3009       | 5.2036                  | 2.0619                | -115.6500                |
| 4       | 1.4400       | 2.8800                  | 2.2824                | -54.8640                 |
| 5       | 1.5539       | 6.2156                  | 2.4629                | -98.6727                 |
| 6       | 1.6373       | 3.2746                  | 2.5951                | -41.5874                 |
| 7       | 1.6903       | 6.7612                  | 2.6791                | -64.4004                 |
| 8       | 1.7084       | 3.4168                  | 2.7078                | -21.6967                 |
| 9       | 1.6862       | 6.7448                  | 2.6726                | -21.4147                 |
| 10      | 1.6206       | 3.2412                  | 2.5687                | 0.0000                   |
| 11      | 1.5176       | 6.0704                  | 2.4054                | 19.2735                  |
| 12      | 1.3781       | 2.7562                  | 2.1843                | 17.5019                  |
| 13      | 1.2064       | 4.8256                  | 1.9121                | 45.9638                  |
| 14      | 1.0164       | 2.0328                  | 1.6110                | 25.8166                  |
| 15      | 0.8257       | 3.3028                  | 1.3087                | 52.4320                  |
| 16      | 0.6482       | 1.2964                  | 1.0274                | 24.6964                  |
| 17      | 0.4847       | 1.9388                  | 0.7682                | 43.0898                  |
| 18      | 0.3136       | 0.6272                  | 0.4971                | 15.9309                  |
| 19      | 0.1230       | 0.4920                  | 0.1950                | 14.0589                  |
| 20      | 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                | 0.0000                   |
|         | $\Sigma_1 =$ | 69.6764                 | $\Sigma_2 =$          | -407.5193                |
|         | Area =       | 147.4816 m <sup>2</sup> | LMy <sub>1</sub> =    | -862.5824 m <sup>4</sup> |



| 1.9020 m WL  |                         |                       |                           | 1/3 h WL =         |                         | 0.1057 m           | $V_{MY0} + 4V_{MY1} + V_{MY2}$ |
|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|
| $y_2$        | $y_2 \times S$          | Vertical Moment $y_2$ | Long. Moment $y_2$        | $y_0 + 4y_1 + y_2$ | Area $A_1$              | $S \times A_0$     |                                |
| 1.2196       | 0.6098                  | 2.3197                | -20.3292                  | 3.4176             | 0.3611                  | 0.1806             | 5.8035                         |
| 1.2562       | 2.5124                  | 2.3893                | -81.7629                  | 3.7526             | 0.3965                  | 0.7930             | 6.3461                         |
| 1.2928       | 1.9392                  | 2.4589                | -61.5696                  | 4.1347             | 0.4369                  | 0.6553             | 6.9455                         |
| 1.4392       | 5.7568                  | 2.7374                | -164.5006                 | 5.6133             | 0.5931                  | 2.3726             | 9.2201                         |
| 1.5728       | 3.1456                  | 2.9915                | -79.8982                  | 6.8038             | 0.7189                  | 1.4379             | 11.0666                        |
| 1.6923       | 6.7692                  | 3.2188                | -150.4455                 | 7.7766             | 0.8217                  | 3.2869             | 12.5832                        |
| 1.7944       | 3.5888                  | 3.4129                | -68.3666                  | 8.5975             | 0.9085                  | 1.8169             | 13.8652                        |
| 1.8787       | 7.5148                  | 3.5733                | -119.2975                 | 9.2677             | 0.9793                  | 3.9171             | 14.9129                        |
| 1.9381       | 3.8762                  | 3.6863                | -49.2277                  | 9.7603             | 1.0313                  | 2.0627             | 15.6809                        |
| 1.9665       | 7.8660                  | 3.7403                | -74.9237                  | 10.0726            | 1.0643                  | 4.2574             | 16.1621                        |
| 1.9605       | 3.9210                  | 3.7289                | -24.8984                  | 10.1821            | 1.0759                  | 2.1518             | 16.3201                        |
| 1.9167       | 7.6668                  | 3.6456                | -24.3421                  | 10.0578            | 1.0628                  | 4.2511             | 16.1066                        |
| 1.8336       | 3.6672                  | 3.4875                | 0.0000                    | 9.6751             | 1.0223                  | 2.0447             | 15.4855                        |
| 1.7194       | 6.8776                  | 3.2703                | 21.8364                   | 9.0671             | 0.9581                  | 3.8324             | 14.5115                        |
| 1.5707       | 3.1414                  | 2.9875                | 19.9479                   | 8.2396             | 0.8707                  | 1.7413             | 13.1911                        |
| 1.3854       | 5.5416                  | 2.6350                | 52.7837                   | 7.2183             | 0.7627                  | 3.0509             | 11.5609                        |
| 1.1770       | 2.3540                  | 2.2387                | 29.8958                   | 6.0861             | 0.6431                  | 1.2862             | 9.7522                         |
| 0.9644       | 3.8576                  | 1.8343                | 61.2394                   | 4.9482             | 0.5229                  | 2.0914             | 7.9327                         |
| 0.7621       | 1.5242                  | 1.4495                | 29.0360                   | 3.8873             | 0.4108                  | 0.8215             | 6.2342                         |
| 0.5734       | 2.2936                  | 1.0906                | 50.9753                   | 2.9079             | 0.3073                  | 1.2291             | 4.6654                         |
| 0.3808       | 0.7616                  | 0.7243                | 19.3446                   | 1.8811             | 0.1988                  | 0.3975             | 3.0243                         |
| 0.1718       | 0.6872                  | 0.3268                | 19.6367                   | 0.7351             | 0.0777                  | 0.3107             | 1.1970                         |
| 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                | 0.0000                    | 0.0000             | 0.0000                  | 0.0000             | 0.0000                         |
| $\Sigma_3 =$ | 85.8726                 | $\Sigma_4 =$          | -614.8661                 |                    | $\Sigma_5 =$            | 43.9891            | $\Sigma_6 =$                   |
| Area =       | 181.7637 m <sup>2</sup> | LMy <sub>2</sub> =    | -1301.4665 m <sup>4</sup> | Volume =           | 93.1102 m <sup>3</sup>  | VMy =              | 150.0009 m <sup>4</sup>        |
|              |                         | LMy =                 | -543.8723 m <sup>4</sup>  | Total V =          | 157.2661 m <sup>3</sup> | VMy <sub>T</sub> = | 205.1329 m <sup>4</sup>        |
|              |                         | LMy <sub>Tot</sub> =  | -627.8750 m <sup>4</sup>  | Lcb =              | -3.9924 m               | KB =               | 1.3044 m                       |

| Moment $A_0$<br>Base | 2.2190 m WL |              |                         |                       |                           |
|----------------------|-------------|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                      | Total Area  |              |                         | Vertical Moment $y_1$ | Long. Moment $y_1$        |
|                      | $A_0 + A_1$ | $y_1$        | $y_1 \times S$          |                       |                           |
| 0.3066               | 0.3611      | 1.6432       | 0.8216                  | 3.6463                | -27.3901                  |
| 1.3411               | 0.3965      | 1.6654       | 3.3308                  | 3.6955                | -108.3967                 |
| 1.1009               | 0.4428      | 1.6876       | 2.5314                  | 3.7448                | -80.3720                  |
| 3.8970               | 0.6375      | 1.7757       | 7.1028                  | 3.9403                | -202.9625                 |
| 2.3387               | 0.9032      | 1.8625       | 3.7250                  | 4.1329                | -94.6150                  |
| 5.3185               | 1.1515      | 1.9448       | 7.7792                  | 4.3155                | -172.8927                 |
| 2.9302               | 1.3713      | 2.0188       | 4.0376                  | 4.4797                | -76.9163                  |
| 6.3032               | 1.6139      | 2.0809       | 8.3236                  | 4.6175                | -132.1372                 |
| 3.3139               | 1.7844      | 2.1243       | 4.2486                  | 4.7138                | -53.9572                  |
| 6.8312               | 1.9002      | 2.1431       | 8.5724                  | 4.7555                | -81.6521                  |
| 3.4490               | 1.9662      | 2.1317       | 4.2634                  | 4.7302                | -27.0726                  |
| 6.8077               | 1.9811      | 2.0858       | 8.3432                  | 4.6284                | -26.4897                  |
| 3.2726               | 1.9340      | 2.0016       | 4.0032                  | 4.4416                | 0.0000                    |
| 6.1335               | 1.8232      | 1.8876       | 7.5504                  | 4.1886                | 23.9725                   |
| 2.7877               | 1.6549      | 1.7377       | 3.4754                  | 3.8560                | 22.0688                   |
| 4.8864               | 1.4461      | 1.5462       | 6.1848                  | 3.4310                | 58.9102                   |
| 2.0610               | 1.2169      | 1.3264       | 2.6528                  | 2.9433                | 33.6906                   |
| 3.3529               | 0.9838      | 1.0979       | 4.3916                  | 2.4362                | 69.7167                   |
| 1.3175               | 0.7706      | 0.8752       | 1.7504                  | 1.9421                | 33.3451                   |
| 1.9719               | 0.5688      | 0.6637       | 2.6548                  | 1.4728                | 59.0029                   |
| 0.6391               | 0.3342      | 0.4493       | 0.8986                  | 0.9970                | 22.8244                   |
| 0.5059               | 0.0913      | 0.2194       | 0.8776                  | 0.4868                | 25.0774                   |
| 0.0000               | 0.0000      | 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                | 0.0000                    |
| 70.8666              |             | $\Sigma_1 =$ | 97.5192                 | $\Sigma_2 =$          | -736.2454                 |
|                      |             | Area =       | 206.4156 m <sup>2</sup> | LM $y_1 =$            | -1558.3860 m <sup>4</sup> |



| 2.5360 m WL  |                         |                       |                           |
|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| $y_2$        | $y_2 \times S$          | Vertical Moment $y_2$ | Long. Moment $y_2$        |
| 1.8390       | 0.9195                  | 4.6637                | -30.6538                  |
| 1.8567       | 3.7134                  | 4.7086                | -120.8480                 |
| 1.8744       | 2.8116                  | 4.7535                | -89.2683                  |
| 1.9452       | 7.7808                  | 4.9330                | -222.3364                 |
| 2.0152       | 4.0304                  | 5.1105                | -102.3722                 |
| 2.0815       | 8.3260                  | 5.2787                | -185.0454                 |
| 2.1421       | 4.2842                  | 5.4324                | -81.6140                  |
| 2.1941       | 8.7764                  | 5.5642                | -139.3254                 |
| 2.2316       | 4.4632                  | 5.6593                | -56.6826                  |
| 2.2496       | 8.9984                  | 5.7050                | -85.7098                  |
| 2.2436       | 4.4872                  | 5.6898                | -28.4937                  |
| 2.2068       | 8.8272                  | 5.5964                | -28.0264                  |
| 2.1330       | 4.2660                  | 5.4093                | 0.0000                    |
| 2.0270       | 8.1080                  | 5.1405                | 25.7429                   |
| 1.8813       | 3.7626                  | 4.7710                | 23.8925                   |
| 1.6905       | 6.7620                  | 4.2871                | 64.4081                   |
| 1.4660       | 2.9320                  | 3.7178                | 37.2364                   |
| 1.2270       | 4.9080                  | 3.1117                | 77.9145                   |
| 0.9882       | 1.9764                  | 2.5061                | 37.6504                   |
| 0.7560       | 3.0240                  | 1.9172                | 67.2084                   |
| 0.5197       | 1.0394                  | 1.3180                | 26.4008                   |
| 0.2678       | 1.0712                  | 0.6791                | 30.6095                   |
| 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                | 0.0000                    |
| $\Sigma_3 =$ | 105.2679                | $\Sigma_4 =$          | -779.3123                 |
| Area =       | 222.8171 m <sup>2</sup> | LM <sub>y2</sub> =    | -1649.5444 m <sup>4</sup> |
|              |                         | LM <sub>y</sub> =     | -970.5013 m <sup>4</sup>  |
|              |                         | LM <sub>yTot</sub> =  | -1598.3763 m <sup>4</sup> |

| $1/3 h WL =$       |                         | <b>0.1057 m</b>    |                         | $V_{MY0} + 4V_{MY1} + V_{MY2}$ | Moment<br>$A_0$ Base | Total Area<br>$A_0 + A_1$ |
|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|
| $y_0 + 4y_1 + y_2$ | Area<br>$A_1$           | $S \times A_0$     |                         |                                |                      |                           |
| 9.6314             | 1.0177                  | 0.5089             | 21.5684                 | 1.1395                         | 1.3788               |                           |
| 9.7745             | 1.0328                  | 2.0657             | 21.8800                 | 4.6240                         | 1.4294               |                           |
| 9.9176             | 1.0480                  | 1.5719             | 22.1915                 | 3.5174                         | 1.4908               |                           |
| 10.4872            | 1.1081                  | 4.4326             | 23.4315                 | 9.9037                         | 1.7457               |                           |
| 11.0380            | 1.1663                  | 2.3327             | 24.6336                 | 5.2059                         | 2.0696               |                           |
| 11.5530            | 1.2208                  | 4.8831             | 25.7595                 | 10.8877                        | 2.3723               |                           |
| 12.0117            | 1.2692                  | 2.5385             | 26.7642                 | 5.6562                         | 2.6405               |                           |
| 12.3964            | 1.3099                  | 5.2395             | 27.6076                 | 11.6688                        | 2.9237               |                           |
| 12.6669            | 1.3385                  | 2.6769             | 28.2009                 | 5.9598                         | 3.1229               |                           |
| 12.7885            | 1.3513                  | 5.4053             | 28.4674                 | 12.0322                        | 3.2515               |                           |
| 12.7309            | 1.3452                  | 2.6905             | 28.3396                 | 5.9891                         | 3.3114               |                           |
| 12.4667            | 1.3173                  | 5.2693             | 27.7556                 | 11.7314                        | 3.2984               |                           |
| 11.9730            | 1.2651                  | 2.5303             | 26.6630                 | 5.6348                         | 3.1992               |                           |
| 11.2968            | 1.1937                  | 4.7748             | 25.1651                 | 10.6365                        | 3.0169               |                           |
| 10.4028            | 1.0992                  | 2.1985             | 23.1823                 | 4.8992                         | 2.7541               |                           |
| 9.2607             | 0.9785                  | 3.9142             | 20.6462                 | 8.7265                         | 2.4246               |                           |
| 7.9486             | 0.8399                  | 1.6798             | 17.7296                 | 3.7468                         | 2.0568               |                           |
| 6.5830             | 0.6956                  | 2.7824             | 14.6909                 | 6.2094                         | 1.6794               |                           |
| 5.2511             | 0.5549                  | 1.1097             | 11.7239                 | 2.4776                         | 1.3255               |                           |
| 3.9842             | 0.4210                  | 1.6840             | 8.8988                  | 3.7612                         | 0.9898               |                           |
| 2.6977             | 0.2851                  | 0.5701             | 6.0302                  | 1.2744                         | 0.6193               |                           |
| 1.3172             | 0.1392                  | 0.5567             | 2.9533                  | 1.2483                         | 0.2304               |                           |
| 0.0000             | 0.0000                  | 0.0000             | 0.0000                  | 0.0000                         | 0.0000               |                           |
|                    | $\Sigma_5 =$            | 61.4153            | $\Sigma_6 =$            | 136.9302                       |                      |                           |
| Volume =           | 129.9957 m <sup>3</sup> | VM <sub>y</sub> =  | 289.8356 m <sup>4</sup> |                                |                      |                           |
| Total V =          | 287.2618 m <sup>3</sup> | VM <sub>yT</sub> = | 494.9685 m <sup>4</sup> |                                |                      |                           |
| Lcb =              | -5.5642 m               | KB =               | 1.7231 m                |                                |                      |                           |



| 2.8530 m WL  |                         |                          |                           | 3.1700 m WL  |                         |                          |                           |
|--------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| $y_1$        | $y_1 \times S$          | Vertical Moment<br>$y_1$ | Long. Moment<br>$y_1$     | $y_2$        | $y_2 \times S$          | Vertical Moment<br>$y_2$ | Long. Moment<br>$y_2$     |
| 1.8969       | 0.9485                  | 5.4119                   | -31.6190                  | 1.9188       | 0.9594                  | 6.0826                   | -31.9840                  |
| 1.9164       | 3.8328                  | 5.4675                   | -124.7337                 | 1.9399       | 3.8798                  | 6.1495                   | -126.2632                 |
| 1.9358       | 2.9037                  | 5.5228                   | -92.1925                  | 1.9611       | 2.9417                  | 6.2167                   | -93.3974                  |
| 2.0136       | 8.0544                  | 5.7448                   | -230.1545                 | 2.0444       | 8.1776                  | 6.4807                   | -233.6749                 |
| 2.0867       | 4.1734                  | 5.9534                   | -106.0044                 | 2.1230       | 4.2460                  | 6.7299                   | -107.8484                 |
| 2.1521       | 8.6084                  | 6.1399                   | -191.3217                 | 2.1909       | 8.7636                  | 6.9452                   | -194.7710                 |
| 2.2104       | 4.4208                  | 6.3063                   | -84.2162                  | 2.2494       | 4.4988                  | 7.1306                   | -85.7021                  |
| 2.2587       | 9.0348                  | 6.4441                   | -143.4275                 | 2.2976       | 9.1904                  | 7.2834                   | -145.8976                 |
| 2.2946       | 4.5892                  | 6.5465                   | -58.2828                  | 2.3340       | 4.6680                  | 7.3988                   | -59.2836                  |
| 2.3150       | 9.2600                  | 6.6047                   | -88.2015                  | 2.3575       | 9.4300                  | 7.4733                   | -89.8208                  |
| 2.3163       | 4.6326                  | 6.6084                   | -29.4170                  | 2.3661       | 4.7322                  | 7.5005                   | -30.0495                  |
| 2.2927       | 9.1708                  | 6.5411                   | -29.1173                  | 2.3534       | 9.4136                  | 7.4603                   | -29.8882                  |
| 2.2334       | 4.4668                  | 6.3719                   | 0.0000                    | 2.3098       | 4.6196                  | 7.3221                   | 0.0000                    |
| 2.1405       | 8.5620                  | 6.1068                   | 27.1844                   | 2.2307       | 8.9228                  | 7.0713                   | 28.3299                   |
| 2.0040       | 4.0080                  | 5.7174                   | 25.4508                   | 2.1067       | 4.2134                  | 6.6782                   | 26.7551                   |
| 1.8192       | 7.2768                  | 5.1902                   | 69.3115                   | 1.9329       | 7.7316                  | 6.1273                   | 73.6435                   |
| 1.5958       | 3.1916                  | 4.5528                   | 40.5333                   | 1.7162       | 3.4324                  | 5.4404                   | 43.5915                   |
| 1.3516       | 5.4064                  | 3.8561                   | 85.8266                   | 1.4726       | 5.8904                  | 4.6681                   | 93.5101                   |
| 1.1011       | 2.2022                  | 3.1414                   | 41.9519                   | 1.2151       | 2.4302                  | 3.8519                   | 46.2953                   |
| 0.8507       | 3.4028                  | 2.4270                   | 75.6272                   | 0.9492       | 3.7968                  | 3.0090                   | 84.3839                   |
| 0.5921       | 1.1842                  | 1.6893                   | 30.0787                   | 0.6684       | 1.3368                  | 2.1188                   | 33.9547                   |
| 0.3175       | 1.2700                  | 0.9058                   | 36.2903                   | 0.3703       | 1.4812                  | 1.1739                   | 42.3253                   |
| 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                   | 0.0000                    | 0.0000       | 0.0000                  | 0.0000                   | 0.0000                    |
| $\Sigma_1 =$ | 110.6002                | $\Sigma_2 =$             | -776.4333                 | $\Sigma_3 =$ | 114.7563                | $\Sigma_4 =$             | -755.7914                 |
| Area =       | 234.1037 m <sup>2</sup> | LMy <sub>1</sub> =       | -1643.4505 m <sup>4</sup> | Area =       | 242.9007 m <sup>2</sup> | LMy <sub>2</sub> =       | -1599.7586 m <sup>4</sup> |
|              |                         |                          |                           |              |                         | LMy =                    | -1037.9748 m <sup>4</sup> |
|              |                         |                          |                           |              |                         | LMy <sub>Tot</sub> =     | -2636.3510 m <sup>4</sup> |

| $y_0 + 4y_1 + y_2$ | 13 h WL = 0.1057 m      |                | $V_{MY0} + 4V_{MY1} + V_{MY2}$ | Moment $A_0$<br>Base | Total Area<br>$A_0 + A_1$ |
|--------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|
|                    | Area<br>$A_1$           | $S \times A_0$ |                                |                      |                           |
| 11.3454            | 1.1988                  | 0.5994         | 29.5690                        | 1.5622               | 2.5777                    |
| 11.4622            | 1.2112                  | 2.4223         | 29.8761                        | 6.3138               | 2.6405                    |
| 11.5787            | 1.2235                  | 1.8352         | 30.1824                        | 4.7839               | 2.7143                    |
| 12.0440            | 1.2726                  | 5.0906         | 31.4052                        | 13.2739              | 3.0183                    |
| 12.4850            | 1.3192                  | 2.6385         | 32.5585                        | 6.8807               | 3.3888                    |
| 12.8808            | 1.3611                  | 5.4443         | 33.5864                        | 14.1959              | 3.7334                    |
| 13.2331            | 1.3983                  | 2.7966         | 34.4978                        | 7.2905               | 4.0388                    |
| 13.5265            | 1.4293                  | 5.7172         | 35.2538                        | 14.9006              | 4.3530                    |
| 13.7440            | 1.4523                  | 2.9046         | 35.8164                        | 7.5692               | 4.5751                    |
| 13.8671            | 1.4653                  | 5.8612         | 36.1417                        | 15.2759              | 4.7168                    |
| 13.8749            | 1.4661                  | 2.9322         | 36.1778                        | 7.6456               | 4.7775                    |
| 13.7310            | 1.4509                  | 5.8036         | 35.8314                        | 15.1447              | 4.7494                    |
| 13.3764            | 1.4134                  | 2.8269         | 34.9426                        | 7.3845               | 4.6126                    |
| 12.8197            | 1.3546                  | 5.4185         | 33.5257                        | 14.1702              | 4.3715                    |
| 12.0040            | 1.2684                  | 2.5368         | 31.4292                        | 6.6420               | 4.0226                    |
| 10.9002            | 1.1518                  | 4.6072         | 28.5785                        | 12.0792              | 3.5764                    |
| 9.5654             | 1.0107                  | 2.0215         | 25.1176                        | 5.3082               | 3.0676                    |
| 8.1060             | 0.8565                  | 3.4261         | 21.3196                        | 9.0111               | 2.5360                    |
| 6.6077             | 0.6982                  | 1.3964         | 17.4058                        | 3.6784               | 2.0237                    |
| 5.1080             | 0.5397                  | 2.1590         | 13.4732                        | 5.6947               | 1.5296                    |
| 3.5565             | 0.3758                  | 0.7516         | 9.3956                         | 1.9856               | 0.9951                    |
| 1.9081             | 0.2016                  | 0.8065         | 5.0650                         | 2.1408               | 0.4321                    |
| 0.0000             | 0.0000                  | 0.0000         | 0.0000                         | 0.0000               | 0.0000                    |
|                    | $\Sigma_5 =$            | 69.9962        | $\Sigma_6 =$                   | 182.9316             |                           |
| Volume =           | 148.1587 m <sup>3</sup> | $VM_y =$       | 387.2053 m <sup>4</sup>        |                      |                           |
| Total V =          | 435.4205 m <sup>3</sup> | $VM_{yT} =$    | 882.1738 m <sup>4</sup>        |                      |                           |
| Lcb =              | -6.0547 m               | KB =           | 2.0260 m                       |                      |                           |



| Ordinat | 3.7250 m WL  |                         |                    |                           |
|---------|--------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|
|         |              |                         | Vertical           | Long. Moment              |
|         | $y_1$        | $y_1 \times S$          | Moment $y_1$       | $y_1$                     |
| -0.50   | 1.9340       | 0.9670                  | 7.2042             | -32.2374                  |
| -0.25   | 1.9567       | 3.9134                  | 7.2887             | -127.3567                 |
| 0       | 1.9794       | 2.9691                  | 7.3733             | -94.2689                  |
| 1       | 2.0696       | 8.2784                  | 7.7093             | -236.5553                 |
| 2       | 2.1547       | 4.3094                  | 8.0263             | -109.4588                 |
| 3       | 2.2264       | 8.9056                  | 8.2933             | -197.9270                 |
| 4       | 2.2881       | 4.5762                  | 8.5232             | -87.1766                  |
| 5       | 2.3383       | 9.3532                  | 8.7102             | -148.4821                 |
| 6       | 2.3764       | 4.7528                  | 8.8521             | -60.3606                  |
| 7       | 2.4044       | 9.6176                  | 8.9564             | -91.6076                  |
| 8       | 2.4218       | 4.8436                  | 9.0212             | -30.7569                  |
| 9       | 2.4253       | 9.7012                  | 9.0342             | -30.8013                  |
| 10      | 2.4038       | 4.8076                  | 8.9542             | 0.0000                    |
| 11      | 2.3476       | 9.3904                  | 8.7448             | 29.8145                   |
| 12      | 2.2487       | 4.4974                  | 8.3764             | 28.5585                   |
| 13      | 2.1015       | 8.4060                  | 7.8281             | 80.0672                   |
| 14      | 1.9082       | 3.8164                  | 7.1080             | 48.4683                   |
| 15      | 1.6792       | 6.7168                  | 6.2550             | 106.6292                  |
| 16      | 1.4228       | 2.8456                  | 5.2999             | 54.2087                   |
| 17      | 1.1382       | 4.5528                  | 4.2398             | 101.1860                  |
| 18      | 0.8197       | 1.6394                  | 3.0534             | 41.6408                   |
| 19      | 0.4782       | 1.9128                  | 1.7813             | 54.6583                   |
| 20      | 0.1191       | 0.1191                  | 0.4436             | 3.7814                    |
|         | $\Sigma_1 =$ | 120.8918                | $\Sigma_2 =$       | -697.9763                 |
|         | Area =       | 255.8876 m <sup>2</sup> | LM <sub>y1</sub> = | -1477.3831 m <sup>4</sup> |

| 4.2800 m WL  |                         |                       |                           |
|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| $y_2$        | $y_2 \times S$          | Vertical Moment $y_2$ | Long. Moment $y_2$        |
| 1.9397       | 0.9699                  | 8.3019                | -32.3324                  |
| 1.9631       | 3.9262                  | 8.4021                | -127.7733                 |
| 1.9866       | 2.9799                  | 8.5026                | -94.6118                  |
| 2.0804       | 8.3216                  | 8.9041                | -237.7897                 |
| 2.1705       | 4.3410                  | 9.2897                | -110.2614                 |
| 2.2460       | 8.9840                  | 9.6129                | -199.6694                 |
| 2.3100       | 4.6200                  | 9.8868                | -88.0110                  |
| 2.3622       | 9.4488                  | 10.1102               | -149.9997                 |
| 2.4029       | 4.8058                  | 10.2844               | -61.0337                  |
| 2.4347       | 9.7388                  | 10.4205               | -92.7621                  |
| 2.4587       | 4.9174                  | 10.5232               | -31.2255                  |
| 2.4729       | 9.8916                  | 10.5840               | -31.4058                  |
| 2.4673       | 4.9346                  | 10.5600               | 0.0000                    |
| 2.4314       | 9.7256                  | 10.4064               | 30.8788                   |
| 2.3580       | 4.7160                  | 10.0922               | 29.9466                   |
| 2.2422       | 8.9688                  | 9.5966                | 85.4278                   |
| 2.0827       | 4.1654                  | 8.9140                | 52.9006                   |
| 1.8830       | 7.5320                  | 8.0592                | 119.5705                  |
| 1.6436       | 3.2872                  | 7.0346                | 62.6212                   |
| 1.3520       | 5.4080                  | 5.7866                | 120.1928                  |
| 1.0003       | 2.0006                  | 4.2813                | 50.8152                   |
| 0.6136       | 2.4544                  | 2.6262                | 70.1345                   |
| 0.2176       | 0.2176                  | 0.9313                | 6.9088                    |
| $\Sigma_3 =$ | 126.3552                | $\Sigma_4 =$          | -627.4790                 |
| Area =       | 267.4517 m <sup>2</sup> | LMy <sub>2</sub> =    | -1328.1638 m <sup>4</sup> |
|              |                         | LMy =                 | -1634.9292 m <sup>4</sup> |
|              |                         | LMy <sub>Tot</sub> =  | -4271.2802 m <sup>4</sup> |



| $y_0 + 4y_1 + y_2$ | 1/3 h WL = 0.1850 m     |                | $V_{My0} + 4V_{My1} + V_{My2}$ | Moment $A_0$<br>Base | Total Area  |
|--------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------|-------------|
|                    | Area                    |                |                                |                      | $A_0 + A_1$ |
|                    | $A_1$                   | $S \times A_0$ |                                |                      |             |
| 11.5945            | 2.1450                  | 1.0725         | 43.2011                        | 3.9961               | 4.7227      |
| 11.7298            | 2.1700                  | 4.3400         | 43.7064                        | 16.1714              | 4.8105      |
| 11.8653            | 2.1951                  | 3.2926         | 44.2124                        | 12.2689              | 4.9094      |
| 12.4032            | 2.2946                  | 9.1784         | 46.2219                        | 34.2042              | 5.3129      |
| 12.9123            | 2.3888                  | 4.7776         | 48.1247                        | 17.8061              | 5.7776      |
| 13.3425            | 2.4684                  | 9.8735         | 49.7314                        | 36.8012              | 6.2017      |
| 13.7118            | 2.5367                  | 5.0734         | 51.1101                        | 18.9107              | 6.5755      |
| 14.0130            | 2.5924                  | 10.3696        | 52.2343                        | 38.6534              | 6.9454      |
| 14.2425            | 2.6349                  | 5.2697         | 53.0916                        | 19.6439              | 7.2100      |
| 14.4098            | 2.6658                  | 10.6633        | 53.7194                        | 39.7523              | 7.3826      |
| 14.5120            | 2.6847                  | 5.3694         | 54.1086                        | 20.0202              | 7.4622      |
| 14.5275            | 2.6876                  | 10.7504        | 54.1813                        | 40.0941              | 7.4369      |
| 14.3923            | 2.6626                  | 5.3252         | 53.6987                        | 19.8685              | 7.2752      |
| 14.0525            | 2.5997                  | 10.3989        | 52.4570                        | 38.8181              | 6.9712      |
| 13.4595            | 2.4900                  | 4.9800         | 50.2761                        | 18.6022              | 6.5126      |
| 12.5811            | 2.3275                  | 9.3100         | 47.0363                        | 34.8068              | 5.9039      |
| 11.4317            | 2.1149                  | 4.2297         | 42.7865                        | 15.8310              | 5.1824      |
| 10.0724            | 1.8634                  | 7.4536         | 37.7475                        | 27.9331              | 4.3994      |
| 8.5499             | 1.5817                  | 3.1635         | 32.0862                        | 11.8719              | 3.6054      |
| 6.8540             | 1.2680                  | 5.0720         | 25.7547                        | 19.0585              | 2.7976      |
| 4.9475             | 0.9153                  | 1.8306         | 18.6136                        | 6.8870               | 1.9104      |
| 2.8967             | 0.5359                  | 2.1436         | 10.9252                        | 8.0847               | 0.9679      |
| 0.6940             | 0.1284                  | 0.1284         | 2.7059                         | 0.5006               | 0.1284      |
|                    | $\Sigma_5 =$            | 134.0655       | $\Sigma_6 =$                   | 500.5851             |             |
| Volume =           | 283.7721 m <sup>3</sup> | $V_{My} =$     | 1059.5717 m <sup>4</sup>       |                      |             |
| Total V =          | 719.1925 m <sup>3</sup> | $V_{MyT} =$    | 1941.7455 m <sup>4</sup>       |                      |             |
| Lcb =              | -5.9390 m               | KB =           | 2.6999 m                       |                      |             |

| 4.8350 m WL  |                         |                       |                           |
|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| $y_1$        | $y_1 \times S$          | Vertical Moment $y_1$ | Long. Moment $y_1$        |
| 1.9420       | 0.9710                  | 9.3896                | -32.3707                  |
| 1.9661       | 3.9322                  | 9.5061                | -127.9685                 |
| 1.9902       | 2.9853                  | 9.6226                | -94.7833                  |
| 2.0865       | 8.3460                  | 10.0882               | -238.4870                 |
| 2.1791       | 4.3582                  | 10.5359               | -110.6983                 |
| 2.2571       | 9.0284                  | 10.9131               | -200.6562                 |
| 2.3242       | 4.6484                  | 11.2375               | -88.5520                  |
| 2.3792       | 9.5168                  | 11.5034               | -151.0792                 |
| 2.4226       | 4.8452                  | 11.7133               | -61.5340                  |
| 2.4575       | 9.8300                  | 11.8820               | -93.6308                  |
| 2.4861       | 4.9722                  | 12.0203               | -31.5735                  |
| 2.5074       | 10.0296                 | 12.1233               | -31.8440                  |
| 2.5137       | 5.0274                  | 12.1537               | 0.0000                    |
| 2.4958       | 9.9832                  | 12.0672               | 31.6967                   |
| 2.4476       | 4.8952                  | 11.8341               | 31.0845                   |
| 2.3659       | 9.4636                  | 11.4391               | 90.1408                   |
| 2.2463       | 4.4926                  | 10.8609               | 57.0560                   |
| 2.0858       | 8.3432                  | 10.0848               | 132.4483                  |
| 1.8753       | 3.7506                  | 9.0671                | 71.4489                   |
| 1.5886       | 6.3544                  | 7.6809                | 141.2265                  |
| 1.2112       | 2.4224                  | 5.8562                | 61.5290                   |
| 0.7811       | 3.1244                  | 3.7766                | 89.2797                   |
| 0.3391       | 0.3391                  | 1.6395                | 10.7664                   |
| $\Sigma_1 =$ | 131.6594                | $\Sigma_2 =$          | -546.5005                 |
| Area =       | 278.6791 m <sup>2</sup> | LM <sub>y1</sub> =    | -1156.7594 m <sup>4</sup> |



| 5.3900 m WL  |                         |                       |                           |
|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| $y_2$        | $y_2 \times S$          | Vertical Moment $y_2$ | Long. Moment $y_2$        |
| 1.9430       | 0.9715                  | 10.4728               | -32.3874                  |
| 1.9675       | 3.9350                  | 10.6048               | -128.0597                 |
| 1.9920       | 2.9880                  | 10.7369               | -94.8690                  |
| 2.0900       | 8.3600                  | 11.2651               | -238.8870                 |
| 2.1843       | 4.3686                  | 11.7734               | -110.9624                 |
| 2.2646       | 9.0584                  | 12.2062               | -201.3229                 |
| 2.3341       | 4.6682                  | 12.5808               | -88.9292                  |
| 2.3917       | 9.5668                  | 12.8913               | -151.8730                 |
| 2.4380       | 4.8760                  | 13.1408               | -61.9252                  |
| 2.4761       | 9.9044                  | 13.3462               | -94.3394                  |
| 2.5085       | 5.0170                  | 13.5208               | -31.8580                  |
| 2.5352       | 10.1408                 | 13.6647               | -32.1970                  |
| 2.5508       | 5.1016                  | 13.7488               | 0.0000                    |
| 2.5484       | 10.1936                 | 13.7359               | 32.3647                   |
| 2.5246       | 5.0492                  | 13.6076               | 32.0624                   |
| 2.4779       | 9.9116                  | 13.3559               | 94.4080                   |
| 2.4021       | 4.8042                  | 12.9473               | 61.0133                   |
| 2.2879       | 9.1516                  | 12.3318               | 145.2817                  |
| 2.1147       | 4.2294                  | 11.3982               | 80.5701                   |
| 1.8415       | 7.3660                  | 9.9257                | 163.7094                  |
| 1.4461       | 2.8922                  | 7.7945                | 73.4619                   |
| 0.9795       | 3.9180                  | 5.2795                | 111.9569                  |
| 0.4902       | 0.4902                  | 2.6422                | 15.5639                   |
| $\Sigma_3 =$ | 136.9623                | $\Sigma_4 =$          | -457.2181                 |
| Area =       | 289.9035 m <sup>2</sup> | LMy <sub>2</sub> =    | -967.7783 m <sup>4</sup>  |
|              |                         | LMy =                 | -1280.7513 m <sup>4</sup> |
|              |                         | LMy <sub>Tot</sub> =  | -5552.0315 m <sup>4</sup> |

| $y_0 + 4y_1 + y_2$ | 1/3 h WL = 0.1850 m      |                                     | $V_{MY0} + 4V_{MY1} + V_{MY2}$ | Moment<br>$A_0$ Base | Total Area<br>$A_0 + A_1$ |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|
|                    | Area<br>$A_1$            | $S \times A_0$                      |                                |                      |                           |
| 11.6507            | 2.1554                   | 1.0777                              | 15.6987                        | 1.4521               | 6.8780                    |
| 11.7950            | 2.1821                   | 4.3642                              | -79.1441                       | -29.2833             | 6.9926                    |
| 11.9394            | 2.2088                   | 3.3132                              | -45.3845                       | -12.5942             | 7.1182                    |
| 12.5164            | 2.3155                   | 9.2621                              | -186.1717                      | -137.7671            | 7.6285                    |
| 13.0712            | 2.4182                   | 4.8363                              | -56.3442                       | -20.8474             | 8.1958                    |
| 13.5390            | 2.5047                   | 10.0189                             | -143.8109                      | -106.4201            | 8.7064                    |
| 13.9409            | 2.5791                   | 5.1581                              | -30.4802                       | -11.2777             | 9.1545                    |
| 14.2707            | 2.6401                   | 10.5603                             | -91.0947                       | -67.4101             | 9.5855                    |
| 14.5313            | 2.6883                   | 5.3766                              | -1.0398                        | -0.3847              | 9.8983                    |
| 14.7408            | 2.7270                   | 10.9082                             | -31.8878                       | -23.5970             | 10.1097                   |
| 14.9116            | 2.7586                   | 5.5173                              | 30.3765                        | 11.2393              | 10.2209                   |
| 15.0377            | 2.7820                   | 11.1279                             | 30.7520                        | 22.7565              | 10.2189                   |
| 15.0729            | 2.7885                   | 5.5770                              | 62.3638                        | 23.0746              | 10.0637                   |
| 14.9630            | 2.7682                   | 11.0726                             | 92.8834                        | 68.7337              | 9.7394                    |
| 14.6730            | 2.7145                   | 5.4290                              | 90.8908                        | 33.6296              | 9.2271                    |
| 14.1837            | 2.6240                   | 10.4959                             | 144.5402                       | 106.9598             | 8.5279                    |
| 13.4700            | 2.4920                   | 4.9839                              | 109.2913                       | 40.4378              | 7.6744                    |
| 12.5141            | 2.3151                   | 9.2604                              | 172.2417                       | 127.4588             | 6.7145                    |
| 11.2595            | 2.0830                   | 4.1660                              | 110.2877                       | 40.8064              | 5.6884                    |
| 9.5479             | 1.7664                   | 7.0654                              | 160.8420                       | 119.0231             | 4.5639                    |
| 7.2912             | 1.3489                   | 2.6977                              | 82.0343                        | 30.3527              | 3.2592                    |
| 4.7175             | 0.8727                   | 3.4910                              | 90.5205                        | 66.9851              | 1.8407                    |
| 2.0642             | 0.3819                   | 0.3819                              | 16.1092                        | 2.9802               | 0.5103                    |
|                    | $\Sigma_5 =$             | 146.1417                            | $\Sigma_6 =$                   | 286.3083             |                           |
| Volume =           | 309.3332 m <sup>3</sup>  | m <sup>3</sup> ; VM <sub>y</sub> =  | 606.0193 m <sup>4</sup>        |                      |                           |
| Total V =          | 1028.5258 m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> ; VM <sub>yT</sub> : | 2547.7648 m <sup>4</sup>       |                      |                           |
| Lcb =              | -5.3980 m                | m ; KB =                            | 2.4771 m                       |                      |                           |



| 5.9450 m WL  |                         |                       |                          | 6.5000 m WL  |                         |                       |                           |
|--------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| $y_1$        | $y_1 \times S$          | Vertical Moment $y_1$ | Long. Moment $y_1$       | $y_2$        | $y_2 \times S$          | Vertical Moment $y_2$ | Long. Moment $y_2$        |
| 1.9433       | 0.9717                  | 11.5529               | -32.3924                 | 1.9434       | 0.9717                  | 12.6321               | -32.3940                  |
| 1.9681       | 3.9362                  | 11.7004               | -128.0987                | 1.9683       | 3.9366                  | 12.7940               | -128.1117                 |
| 1.9928       | 2.9892                  | 11.8472               | -94.9071                 | 1.9933       | 2.9900                  | 12.9565               | -94.9309                  |
| 2.0919       | 8.3676                  | 12.4363               | -239.1042                | 2.0929       | 8.3716                  | 13.6039               | -239.2185                 |
| 2.1874       | 4.3748                  | 13.0041               | -111.1199                | 2.1893       | 4.3786                  | 14.2305               | -111.2164                 |
| 2.2696       | 9.0784                  | 13.4928               | -201.7674                | 2.2731       | 9.0924                  | 14.7752               | -202.0786                 |
| 2.3415       | 4.6830                  | 13.9202               | -89.2112                 | 2.3471       | 4.6942                  | 15.2562               | -89.4245                  |
| 2.4018       | 9.6072                  | 14.2787               | -152.5143                | 2.4103       | 9.6412                  | 15.6670               | -153.0541                 |
| 2.4510       | 4.9020                  | 14.5712               | -62.2554                 | 2.4626       | 4.9252                  | 16.0069               | -62.5500                  |
| 2.4921       | 9.9684                  | 14.8155               | -94.9490                 | 2.5067       | 10.0268                 | 16.2936               | -95.5053                  |
| 2.5276       | 5.0552                  | 15.0266               | -32.1005                 | 2.5448       | 5.0896                  | 16.5412               | -32.3190                  |
| 2.5583       | 10.2332                 | 15.2091               | -32.4904                 | 2.5786       | 10.3144                 | 16.7609               | -32.7482                  |
| 2.5816       | 5.1632                  | 15.3476               | 0.0000                   | 2.6079       | 5.2158                  | 16.9514               | 0.0000                    |
| 2.5936       | 10.3744                 | 15.4190               | 32.9387                  | 2.6335       | 10.5340                 | 17.1178               | 33.4455                   |
| 2.5940       | 5.1880                  | 15.4213               | 32.9438                  | 2.6575       | 5.3150                  | 17.2738               | 33.7503                   |
| 2.5826       | 10.3304                 | 15.3536               | 98.3971                  | 2.6816       | 10.7264                 | 17.4304               | 102.1690                  |
| 2.5526       | 5.1052                  | 15.1752               | 64.8360                  | 2.6986       | 5.3972                  | 17.5409               | 68.5444                   |
| 2.4889       | 9.9556                  | 14.7965               | 158.0452                 | 2.6881       | 10.7524                 | 17.4727               | 170.6944                  |
| 2.3573       | 4.7146                  | 14.0141               | 89.8131                  | 2.6025       | 5.2050                  | 16.9163               | 99.1553                   |
| 2.1045       | 8.4180                  | 12.5113               | 187.0901                 | 2.3765       | 9.5060                  | 15.4473               | 211.2709                  |
| 1.7005       | 3.4010                  | 10.1095               | 86.3854                  | 1.9710       | 3.9420                  | 12.8115               | 100.1268                  |
| 1.2050       | 4.8200                  | 7.1637                | 137.7315                 | 1.4534       | 5.8136                  | 9.4471                | 166.1236                  |
| 0.6754       | 0.6754                  | 4.0153                | 21.4440                  | 0.8885       | 0.8885                  | 5.7753                | 28.2099                   |
| $\Sigma_1 =$ | 142.3127                | $\Sigma_2 =$          | -361.2857                | $\Sigma_3 =$ | 147.7282                | $\Sigma_4 =$          | -260.0614                 |
| Area =       | 301.2284 m <sup>2</sup> | LMy <sub>1</sub> =    | -764.7214 m <sup>4</sup> | Area =       | 312.6913 m <sup>2</sup> | LMy <sub>2</sub> =    | -550.4633 m <sup>4</sup>  |
|              |                         |                       |                          |              |                         | LMy =                 | -846.7685 m <sup>4</sup>  |
|              |                         |                       |                          |              |                         | LMy <sub>Tot</sub> =  | -6398.8000 m <sup>4</sup> |



| $y_0 + 4y_1 + y_2$ | $1/3 h WL = 0.1850 m$    |                | $V_{My0} + 4V_{My1} + V_{My2}$ | Moment $A_0$<br>Base | Total Area<br>$A_0 + A_1$ |
|--------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|
|                    | Area<br>$A_1$            | $S \times A_0$ |                                |                      |                           |
| 11.6596            | 2.1570                   | 1.0785         | 60.7868                        | 5.6228               | 9.0351                    |
| 11.8082            | 2.1845                   | 4.3690         | 61.5629                        | 22.7783              | 9.1771                    |
| 11.9565            | 2.2120                   | 3.3179         | 62.3372                        | 17.2986              | 9.3301                    |
| 12.5505            | 2.3218                   | 9.2874         | 65.4392                        | 48.4250              | 9.9503                    |
| 13.1232            | 2.4278                   | 4.8556         | 68.4311                        | 25.3195              | 10.6236                   |
| 13.6161            | 2.5190                   | 10.0759        | 71.0108                        | 52.5480              | 11.2254                   |
| 14.0472            | 2.5987                   | 5.1975         | 73.2711                        | 27.1103              | 11.7533                   |
| 14.4092            | 2.6657                   | 10.6628        | 75.1735                        | 55.6284              | 12.2512                   |
| 14.7046            | 2.7204                   | 5.4407         | 76.7297                        | 28.3900              | 12.6186                   |
| 14.9512            | 2.7660                   | 11.0639        | 78.0318                        | 57.7435              | 12.8757                   |
| 15.1637            | 2.8053                   | 5.6106         | 79.1560                        | 29.2877              | 13.0261                   |
| 15.3470            | 2.8392                   | 11.3568        | 80.1325                        | 59.2980              | 13.0581                   |
| 15.4851            | 2.8647                   | 5.7295         | 80.8926                        | 29.9303              | 12.9284                   |
| 15.5563            | 2.8779                   | 11.5117        | 81.3420                        | 60.1930              | 12.6173                   |
| 15.5581            | 2.8782                   | 5.7565         | 81.4837                        | 30.1490              | 12.1053                   |
| 15.4899            | 2.8656                   | 11.4625        | 81.3225                        | 60.1787              | 11.3935                   |
| 15.3111            | 2.8326                   | 5.6651         | 80.6438                        | 29.8382              | 10.5069                   |
| 14.9316            | 2.7623                   | 11.0494        | 78.9466                        | 58.4205              | 9.4768                    |
| 14.1464            | 2.6171                   | 5.2342         | 75.0875                        | 27.7824              | 8.3055                    |
| 12.6360            | 2.3377                   | 9.3506         | 67.3338                        | 49.8270              | 6.9016                    |
| 10.2191            | 1.8905                   | 3.7811         | 54.6955                        | 20.2373              | 5.1498                    |
| 7.2529             | 1.3418                   | 5.3671         | 39.0815                        | 28.9203              | 3.1825                    |
| 4.0803             | 0.7549                   | 0.7549         | 22.3265                        | 4.1304               | 1.2651                    |
|                    | $\Sigma_5 =$             | 157.9791       | $\Sigma_6 =$                   | 829.0572             |                           |
| Volume =           | 334.3891 m <sup>3</sup>  | $V_{My} =$     | 1754.8377 m <sup>4</sup>       |                      |                           |
| Total V =          | 1362.9149 m <sup>3</sup> | $V_{MyT} =$    | 4302.6024 m <sup>4</sup>       |                      |                           |
| Lcb =              | -4.6949 m                | KB =           | 3.1569 m                       |                      |                           |



## RESISTANCE CALCULATION THE FAST SHIP OF CARRYING TROOPS

[Back](#)

Dari Paper M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc, Ph.D.,C.Eng. Didapat rumus tahanan total untuk tiap lambung kapal Catamaran adalah sbb:

$$C_{Tcat} = (1 + \beta k) * C_F + \tau * C_W$$

dimana:

$(1 + \beta k)$  = Catamaran Viscous Resistance Interference

$C_F$  = Viscous Resistance

$\tau$  = Catamaran Wave Resisance Interference

$C_W$  = Wave Resistance

Harga-harga yang diperoleh adalah harga dari percobaan "model C5" yaitu dengan bentuk lambung *Round Bilge* yang memiliki data antara lain sbb: (table I Details of the Model)

| Model                 | C5    |
|-----------------------|-------|
| L (m) =               | 1.6   |
| L / B =               | 11    |
| B / T =               | 2     |
| $L / \nabla^{1/3}$ =  | 8.479 |
| $C_B$ =               | 0.397 |
| $C_F$ =               | 0.693 |
| $C_M$ =               | 0.565 |
| A (m <sup>2</sup> ) = | 0.276 |
| LCB $\Phi$ (m) =      | -6.4  |

### - Viscous Resistance ( $C_F$ )

Menggunakan korelasi dari ITTC 1957 sbb:

$$C_F = 0.075 / ((\text{LOG } R - 2)^2)$$

$$R = V * L_{WL} / \nu$$

$$= 8.45E+08$$

$$C_F = 1.56E-03$$

$$; \nu = 1.1883E-06$$

- Catamaran Viscous Resistance Interference (1 +  $\beta$ k)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge Hull* maka harga (1 +  $\beta$ k) dapat dilakukan interpolasi harga  $\beta$  dari 3 model yang diperoleh oleh Insel-Molland sbb: (fig. 13 *Variation of Viscous Interference Factor with S / B*)

|         |  | S / B |      |      |      | L / B <sub>1</sub> |
|---------|--|-------|------|------|------|--------------------|
|         |  | 1.0   | 2.0  | 3.0  | 4.0  |                    |
| $\beta$ |  | 3.8   | 3.8  | 3.8  | 3.8  | 7                  |
|         |  | 1.6   | 1.6  | 1.6  | 1.6  | 9                  |
|         |  | 2.3   | 2.28 | 2.26 | 2.25 | 11                 |

| L / B                 |        | S / B                 |     |         | Interpolasi <sub>1</sub> | Extrapolasi <sub>2</sub> |
|-----------------------|--------|-----------------------|-----|---------|--------------------------|--------------------------|
| match :               | 2.0000 | match :               | 3   | $\beta$ |                          |                          |
| L/B <sub>DOWN</sub> : | 9.0    | S/B <sub>DOWN</sub> : | 3.0 | 1.6     | $\beta = 1.6000$         | $\beta = 3.0536$         |
|                       |        | S/B <sub>UP</sub> :   | 4.0 | 1.6     |                          |                          |
| L/B <sub>UP</sub> :   | 11.0   | S/B <sub>DOWN</sub> : | 3.0 | 2.26    | $\beta = 2.2577$         |                          |
|                       |        | S/B <sub>UP</sub> :   | 4.0 | 2.25    |                          |                          |

Harga faktor bentuk untuk *monohull* dengan "type C5" (1 + k): (table II *Derived Form Factors for the Models in Monohull Configuration*)

| L / B <sub>1</sub>      | 7      | 9         | 11   | 7                        |
|-------------------------|--------|-----------|------|--------------------------|
| (1 + k)                 | 1.45   | 1.3       | 1.17 | 9                        |
|                         |        |           |      | 11                       |
| match :                 | 2.0000 |           |      | Extrapolasi <sub>2</sub> |
| L / B <sub>DOWN</sub> : | 9      | (1 + k) = | 1.3  | (1 + k) = 1.0264         |
| L / B <sub>UP</sub> :   | 11.1   | (1 + k) = | 1.17 |                          |



sedangkan:

$$S / B = 3.2268$$

$$L / B = 13.4200$$

$$\begin{aligned} \text{maka: } (1 + \beta k) &= (\beta * (1 + k)) - \beta + 1 \\ &= 1.0806 \end{aligned}$$

- Catamaran Wave Resistance Interference ( $\tau$ )

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge Hull* maka harga ( $\tau$ ) dapat dilakukan interpolasi dari 3 model yang diperoleh oleh Insel-Molland sbb: (fig. 14a, 14b, 14c, 14d *Wave Interference Factor*)

|        | (S / L) <sub>1</sub> |      |      |       |       | L / B  | (S / L) <sub>2</sub> |      |       |      |       | L / B |
|--------|----------------------|------|------|-------|-------|--------|----------------------|------|-------|------|-------|-------|
|        | Fn                   |      |      |       | L / B |        | Fn                   |      |       |      | L / B |       |
|        | 0.40                 | 0.50 | 0.60 | 0.70  |       |        | 0.40                 | 0.50 | 0.60  | 0.70 |       |       |
| $\tau$ | 1.65                 | 1.76 | 1.7  | 1.308 | 7     | $\tau$ | 1.15                 | 1.63 | 1.27  | 1.1  | 7     |       |
|        | 1.18                 | 1.76 | 1.65 | 1.308 | 9     |        | 1.15                 | 1.42 | 1.27  | 1.1  | 9     |       |
|        | 1.18                 | 1.65 | 1.4  | 1.25  | 11    |        | 1.3                  | 1.38 | 1.27  | 1.22 | 11    |       |
|        | (S / L) <sub>3</sub> |      |      |       |       | L / B  | (S / L) <sub>4</sub> |      |       |      |       | L / B |
|        | Fn                   |      |      |       | L / B |        | Fn                   |      |       |      | L / B |       |
|        | 0.40                 | 0.50 | 0.60 | 0.70  |       |        | 0.40                 | 0.50 | 0.60  | 0.70 |       |       |
| $\tau$ | 1.13                 | 1.13 | 1.13 | 1.12  | 7     | $\tau$ | 1                    | 1.1  | 1.05  | 1.1  | 7     |       |
|        | 1.25                 | 1.12 | 1.13 | 1.12  | 9     |        | 1.15                 | 1.17 | 1.125 | 1.1  | 9     |       |
|        | 1.25                 | 1.12 | 1.12 | 1.12  | 11    |        | 1.15                 | 1.25 | 1.125 | 0.99 | 11    |       |

|             |            |         |           |       |        |                          |                          |
|-------------|------------|---------|-----------|-------|--------|--------------------------|--------------------------|
| $(S/L)_1 =$ | L / B      |         | Fn        |       |        | Interpolasi <sub>1</sub> | Extrapolasi <sub>2</sub> |
|             | match :    | 2.0000  | match :   | 3     | $\tau$ |                          |                          |
|             | L/B DOWN : | 9.0     | Fn DOWN : | 0.6   | 1.650  | $\tau = 1.6132$          | $\tau = 1.1064$          |
|             |            |         | Fn UP :   | 0.7   | 1.308  |                          |                          |
|             | L/B UP :   | 11.0    | Fn DOWN : | 0.6   | 1.400  | $\tau = 1.3838$          |                          |
|             |            | Fn UP : | 0.7       | 1.250 |        |                          |                          |

|             |            |         |           |       |        |                          |                          |
|-------------|------------|---------|-----------|-------|--------|--------------------------|--------------------------|
| $(S/L)_2 =$ | L / B      |         | Fn        |       |        | Interpolasi <sub>1</sub> | Extrapolasi <sub>2</sub> |
|             | match :    | 2.0000  | match :   | 3     | $\tau$ |                          |                          |
|             | L/B DOWN : | 9.0     | Fn DOWN : | 0.6   | 1.270  | $\tau = 1.2517$          | $\tau = 1.2803$          |
|             |            |         | Fn UP :   | 0.7   | 1.100  |                          |                          |
|             | L/B UP :   | 11.0    | Fn DOWN : | 0.6   | 1.270  | $\tau = 1.2646$          |                          |
|             |            | Fn UP : | 0.7       | 1.220 |        |                          |                          |

|             |            |         |           |       |        |                          |                          |
|-------------|------------|---------|-----------|-------|--------|--------------------------|--------------------------|
| $(S/L)_3 =$ | L / B      |         | Fn        |       |        | Interpolasi <sub>1</sub> | Extrapolasi <sub>2</sub> |
|             | match :    | 2.0000  | match :   | 3     | $\tau$ |                          |                          |
|             | L/B DOWN : | 9.0     | Fn DOWN : | 0.6   | 1.130  | $\tau = 1.1289$          | $\tau = 1.1092$          |
|             |            |         | Fn UP :   | 0.7   | 1.120  |                          |                          |
|             | L/B UP :   | 11.0    | Fn DOWN : | 0.6   | 1.120  | $\tau = 1.1200$          |                          |
|             |            | Fn UP : | 0.7       | 1.120 |        |                          |                          |



| $(S/L)_4 =$ | L / B      |         | Fn        |       |        | Interpolasi <sub>1</sub> | Extrapolasi <sub>2</sub> |
|-------------|------------|---------|-----------|-------|--------|--------------------------|--------------------------|
|             | match :    | 2.0000  | match :   | 3     | $\tau$ |                          |                          |
|             | L/B DOWN : | 9.0     | Fn DOWN : | 0.6   | 1.125  |                          |                          |
|             |            |         | Fn UP :   | 0.7   | 1.100  |                          |                          |
|             | L/B UP :   | 11.0    | Fn DOWN : | 0.6   | 1.125  | $\tau = 1.1105$          |                          |
|             |            | Fn UP : | 0.7       | 0.990 |        |                          |                          |

|             |         |          |        |                  |     |                        |
|-------------|---------|----------|--------|------------------|-----|------------------------|
| L / B =     | 13.4200 | Fn =     | 0.6108 |                  |     |                        |
| $(S/L)_1 =$ | 0.2     | $\tau =$ | 1.1064 | match :          | 1   | $\tau$                 |
| $(S/L)_2 =$ | 0.3     | $\tau =$ | 1.2803 | $(S/L)_{DOWN} :$ | 0.2 | 1.1                    |
| $(S/L)_3 =$ | 0.4     | $\tau =$ | 1.1092 | $(S/L)_{UP} :$   | 0.3 | 1.3                    |
| $(S/L)_4 =$ | 0.5     | $\tau =$ | 1.0961 |                  |     | $\tau =$ <b>1.1759</b> |

$$S / L = 0.2400$$

$$L / B = 13.4200$$

$$F_n = 0.6108$$

- Wave Resistance ( $C_w$ )

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge Hull* maka harga ( $C_w$ ) dapat dilakukan interpolasi dari 3 model yang diperoleh oleh Insel-Molland sbb: (fig. 12 *Wave Resistance*)

| $C_w$ | Fn     |        |        |        | L / B |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
|       |        | 0.40   | 0.50   | 0.60   |       |
|       | 0.0038 | 0.0075 | 0.0060 | 0.0044 | 7     |
|       | 0.0032 | 0.0042 | 0.0034 | 0.0023 | 9     |
|       | 0.0026 | 0.0027 | 0.0019 | 0.0016 | 11    |

| L / B                 |        | Fn                   |     |                | Interpolasi 1           | Interpolasi 2 |
|-----------------------|--------|----------------------|-----|----------------|-------------------------|---------------|
| match :               | 2.0000 | match :              | 3   | C <sub>w</sub> |                         |               |
| L/B <sub>DOWN</sub> : | 9.0    | Fn <sub>DOWN</sub> : | 0.6 | 0.0034         |                         |               |
|                       |        | Fn <sub>UP</sub> :   | 0.7 | 0.0023         |                         |               |
| L/B <sub>UP</sub> :   | 11.0   | Fn <sub>DOWN</sub> : | 0.6 | 0.0019         | C <sub>w</sub> = 0.0019 |               |
|                       |        | Fn <sub>UP</sub> :   | 0.7 | 0.0016         |                         |               |

$$F_n = 0.6108$$

$$L / B = 13.4200$$

**- Total Resistance (C<sub>T</sub>)**

$$C_{Tcat} = (1 + \beta k) * C_F + \tau * C_w$$

$$= 0.00187$$

Karena 2 lambung maka C<sub>T</sub> tetap dikalikan 2;

$$R_T = 0.5 * \rho * WSA * V^2 * C_T$$

$$= 203400.8 \text{ N}$$

$$= 203.4008 \text{ KN}$$



## Perhitungan Power Kapal Angkut Pasukan dengan Lambung Katamaran

### DATA INPUT

| No | Keterangan                     |   | Nilai       | Satuan         |   |
|----|--------------------------------|---|-------------|----------------|---|
| 1  | LPP                            | = | 63.50       |                |   |
| 2  | LWL                            | = | 65.088      |                |   |
| 3  | B                              | = | 4.73        |                |   |
| 4  | T                              | = | 3.17        |                |   |
| 5  | Total Resistance [ RT ]        | = | 203.4008089 | KN             |   |
| 6  | Propeller Diameter ( D )       | = | 1           | m              |   |
| 7  | Wetted Surface Area [ S ]      | = | 444.693137  | m <sup>2</sup> |   |
| 8  | Block Coefficient [ CB ]       | = | 0.45777987  |                |   |
| 9  | Midship coefficient [ CM ]     | = | 0.581225433 |                |   |
| 10 | Prismatic coefficient [ CP ]   | = | 0.78761156  |                |   |
| 11 | Length center of buoyancy[lcb] | = | 4.694937451 | m              |   |
| 12 | Stem coefficient [ Cstem ]     | = |             |                |   |
| 13 | AE / AO                        | = | 1.2         |                |   |
| 14 | P / D                          | = | 2           |                |   |
| 15 | 1 + k                          | = | 1.0264      | =              | $1 + k_1 + (1 + k_2 - (1 + k_1)) * S_{App}/S_{Total}$ |
| 16 | C <sub>v</sub>                 | = | 0.001754697 | =              | $C_F * (1 + k) + C_A$                                 |
| 17 | Service Speed                  |   | 30          | Knots          |   |
|    |                                |   | 15.432      | m/s            |   |

### Pemilihan Type Stern

|   |   |
|---|---|
| 1 | For single screw ship with conventional stern arrangement |
| 2 | For single screw ships with open stems                    |
| 3 | For twin-screw ships                                      |

Kapal Menggunakan Type :

3

### 1. Perhitungan Effectif Power

PE = the useful power obtained is that used in overcoming the resistance to motion at a certain speed

$$PE = R_T \cdot V$$

Dimana memakai Propeller =

$$PE = 3138.881 \text{ KW}$$

2

$$PE = 1569.441 \text{ KW}$$

### 2. Perhitungan Thrust Power

PT = the useful power obtained is that used in thrust to push the ship with the advance speed

$$PT = T \cdot V_a$$

T = Thrust force [KN]

V<sub>A</sub> = speed of advance =  $V(1 - w)$

$\omega$  = wake fraction = ratio of the difference between the ship speed and the speed of advance to the ship speed

$\eta_H$  = hull efficiency =  $R_T V / T V_A$

$$= \frac{1 - t}{1 - \omega} \qquad \frac{R_r}{1 - t}$$

$\tau$  = Thrust Deduction Fraction = ratio of the difference between effective power and thrust power untuk Twin Screw

$$\omega = 0.3095 CB + 10 C_v CB - 0.23 D / \sqrt{BT}$$

$$= 0.090287861$$

$$\tau = 0.325 CB - 0.1885 D /$$

$$= 0.100073616$$

The relative-rotative efficiency can be predicted well by the formula :

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111(CP - 0.0225 lcb) - 0.06325 P/D$$

$$= 0.946350489$$

$$T = 226.0193863 \text{ KN}$$

$$V_a = 14.03867773 \text{ m/s}$$

$$PT = 3173.013324 \text{ KW}$$

$$PT = 4255.080796 \text{ HP}$$

$$PT / 2 = 2127.540398 \text{ HP}$$

|        |            |
|--------|------------|
| 1 HP = | 0.74570 KW |
|--------|------------|



**Mesin utama :**

| No | Keterangan    | Nilai  | satuan |
|----|---------------|--------|--------|
|    | Engine        | 1635   | KW     |
|    | Power reserve | 12%    |        |
|    | Engine Power  | 1831.2 | KW     |
|    | No of engine  | 2      |        |
|    | Match         | 62     |        |

**Faktor Penambah**

|   |             |
|---|-------------|
| Shaft Tranmission                       |             |
| Min                                     | 1%          |
| Max                                     | 3%          |
| $PB = PD + (S \text{ Margin} \cdot PD)$ |             |
| $PB = (HP)$                             | 2191        |
| $= (KW)$                                | 1634.128717 |

**Pemilihan Engine**

| No | Keterangan       | Nilai       | satuan          |
|----|------------------|-------------|-----------------|
|    | Perusahaan       | Caterpillar |                 |
|    | Type             | 3516B       |                 |
|    | Daya             | 1865        | KW              |
|    | Engine RPM       | 1800        | RPM             |
|    | Berat            | 4289        | Kg              |
|    | Fuel Consumption | 219.2       | gr /kw          |
|    | panjang          | 3187        | mm              |
|    | Lebar            | 1703        | mm              |
|    | Tinggi           | 1753        | mm              |
|    | Luas             | 5427461     | mm <sup>2</sup> |

## BERAT PERMESINAN

### 3. Berat Machinery

Berat Marine gear = 4289 kg  
Total ME = 4.289 ton

Calculation Weight of Main Engine (David G. M Watson, Practical Ship Design, 1998)

$$W_d = 12 \cdot (MCR/RPM)^{0.84}$$

MCR = 1389.01 KW

RPM = 1800

Wd tiap mesin = 9.65 ton

total Wd = 9.65 ton

berat Generator = 3.327 ton

TOTAL PERMESINAN 34.54 TON

### 4. Berat Eletrician

$$W_{mt} = 0,72 \cdot MCR^{0.7}$$

Daya Auxilliary Engine = 379.20 KW

MCR = 265.44 KW

Total = 11.73047056 ton

### 5. berat remainder =

$$W_r = K \cdot MCR^{0.7}$$

K = 0.19

W<sub>r</sub> tiap mesin = 9.45 ton

Total = 18.90 ton

Total = 68.50



## Berat LWT

### 1. Perhitungan Berat Satu Lambung dengan cara pos per pos

| No | Keterangan                 | Massa<br>Kg | Volume<br>m <sup>3</sup> | Longitudinal<br>Moment<br>m <sup>4</sup> | Vertikal<br>moment<br>m <sup>4</sup> | LCG<br>m | KG<br>m |
|----|----------------------------|-------------|--------------------------|--|--------------------------------------|----------|---------|
| 1  | weight of Bottom Structure | 71909.913   | 9.160                    | 212.750                                  | 1.572                                | 23.225   | 0.172   |
| 2  | Weight of Side structure   | 47499.481   | 6.051                    | 189.424                                  | 25.799                               | 31.305   | 4.264   |
| 3  | Weight of Bulkhead         | 1362.195    | 0.347                    | 0.158                                    | 1.332                                | 1.370    | 1.990   |
| 4  | Weight of Deck Structure   | 20585.602   | 0.524                    | 12.628                                   | 6.822                                | 24.077   | 13.007  |
|    | Total                      | 141357.191  | 16.083                   | 414.960                                  | 35.525                               | 79.977   | 19.432  |
|    | Total Weight               | 141357.191  | Kg                       | 141.357                                  | Ton                                  | 25.801   | 2.209   |

### 2. Perhitungan Berat Equipment dan Out fitting Outfitting (Chapter 11 Parametric design)

$$W_o = C_o \times L \times B$$

$C_o$  = outfit weight coefficient Berdasarkan grafik fig.4.1.2 (David G. M Watson, Practical Ship Design, 1998)

$$C_o = 0.4000$$

$$\text{Berat Outfitting} = 3302 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Equipment} = 3.30200000 \text{ ton}$$

$$\text{Berat persenjataan kapal + amunisi} = 30.000 \text{ ton}$$

### 3. Perhitungan Berat Instalasi Permesinan

$$\text{Berat permesinan} = 68.50 \text{ ton}$$

### 4. Perhitungan Berat cadangan

$W_{res}$  diperlukan untuk menghindari kesalahan dalam perhitungan

$$W_{res} = (3-10)\% \times LWT \text{ diambil } 3\% = 4.241 \text{ ton}$$

### 5. Berat baja superstructure

$$= 210.3408142 \text{ ton}$$

$$\text{Total LWT} = 599.096 \text{ ton}$$

## PERHITUNGAN DWT

### 1. Kebutuhan Bahan Bakar

#### Main Engine

|                                    |   |              |            |
|------------------------------------|---|--------------|------------|
| Sea time (lama pelayaran)          | = | 50.00        | jam        |
| Koefisien pemakaian bahan bakar    | = | 0.4384       | kg/kW/jam  |
| Kebutuhan BB Main Engine           | = | 40880.8000   | kg         |
|                                    | = | 40.88        | ton        |
| <b>Total BB Main Engine (+10%)</b> | = | <b>44.97</b> | <b>ton</b> |

#### Auxiliary Engine

$$BB\ AE = (0.1 \sim 0.2) \cdot BB\ ME$$

| Thd Main Engine                    | Min | Mak            | Diambil    |
|------------------------------------|-----|----------------|------------|
|                                    | 0.1 | 0.20           | 0.2000     |
| <b>BB Aux Engine</b>               | =   | 8.9938         | ton        |
| <b>Total BB Aux Engine (+10%)</b>  | =   | 9.8932         | ton        |
| <b>Kebutuhan Bahan Bakar Total</b> | =   | <b>54.8620</b> | <b>ton</b> |

### 2. Kebutuhan Minyak Pelumas

| Minyak Pelumas Terhadap BB        | Min  | Max           | Diambil    |
|-----------------------------------|------|---------------|------------|
|                                   | 0.01 | 0.03          | 0.0300     |
| <b>Berat Minyak Pelumas</b>       | =    | 1.6459        | ton        |
| <b>Total Berat Minyak Pelumas</b> | =    | <b>1.8104</b> | <b>ton</b> |

### 3. Kebutuhan Air Tawar per trip (minum, mandi, masak)

|  |   |              |                |
|--|---|--------------|----------------|
| Kebutuhan air minum ABK dan pasukan                  | = | 5            | kg/person/days |
| jumlah crew  | = | 25           | orang          |
| jumlah pasukan                                       | = | 305          | orang          |
| berat air tawar untuk perjalanan                     | = | 3300         | kg             |
|  | = | <b>3.30</b>  | ton            |
| <b>berat air dalam 30 hari operasi untuk pasukan</b> | = | 45750.00     | kg             |
|  | = | 45.75        | ton            |
| <b>air selama operasi + 10 %</b>                     | = | <b>50.33</b> | <b>ton</b>     |

#### kebutuhan air untuk keperluan selain minum

|   |   |               |                |
|---|---|---------------|----------------|
| Kebutuhan air selain minum untuk ABK dan pasukan direncanakan |   | <b>150.00</b> | kg/person/days |
| jumlah crew   | = | 25            | orang          |
| jumlah pasukan  | = | 305           | orang          |
| <b>berat air tawar non minum untuk perjalanan</b>             | = | 99000.00      | kg             |
|   | = | <b>99.00</b>  | <b>ton</b>     |
| <b>berat air tawar non minum untuk perjalanan + 10%</b>       | = | <b>108.90</b> | <b>ton</b>     |

#### Total Berat Air Tawar

|  |   |               |            |
|--|---|---------------|------------|
|  | = | <b>152.63</b> | <b>ton</b> |
|--|---|---------------|------------|

### 4. Berat Makanan (provisions)

|                 |   |         |                |
|-----------------|---|---------|----------------|
|                 | = | 4       | kg/person/days |
| Crew            | = | 25      | orang          |
| Pasukan         | = | 305     | orang          |
| sea time        | = | 2       | hari           |
| berat provision | = | 2640.00 | kg             |



|   |   |           |           |
|---|---|-----------|-----------|
| berat makanan dalam 30 hari operasi           | = | 2.640     | ton       |
|   | = | 36600.000 | kg        |
| makanan selama operasi + 10 %                 | = | 36.600    | ton       |
| total berat makanan                           | = | 40.260    | ton       |
|   | = | 42.90     | ton       |
| <b>5. Berat Orang dan Bawaan</b>              |   |           |           |
| <b>Crew</b>                                   | = | 100       | kg/person |
| Berat crew dan bawaan                         | = | 25        | orang     |
|   | = | 2500      | kg        |
|   | = | 2.5       | ton       |
| Pasukan                                       | = | 305       | orang     |
| Berat pasukan dan bawaan                      | = | 30500     | kg        |
|   | = | 30.5      | ton       |
| Berat total pasukan dan kru beserta bawaannya | = | 33        | ton       |

**Result :**

| Komponen DWT       |   | Berat           | Satuan     |
|--------------------|---|-----------------|------------|
| Bahan Bakar        | = | 54.8620         | ton        |
| Minyak Pelumas     | = | 1.8104          | ton        |
| Air Tawar          | = | 152.6250        | ton        |
| Makanan            | = | 42.9000         | ton        |
| Crew dan bawaan    | = | 33.0000         | ton        |
|                    |   |                 |            |
| <b>Total DWT =</b> |   | <b>285.1975</b> | <b>ton</b> |

## LAMBUNG TIMBUL MENURUT PGMI 1986

Lambung timbul Awal (fb)

L = 0,96 LWL pada 0,85 D

L = Lpp pada 0,85 D

$$L = 62.484 \text{ m}$$

$$L = 64.476 \text{ m}$$

maka ukuran yang dipakai L =

$$64.4756 \text{ m} \quad \text{yg terbesar}$$

$$fb = 0,8 L \quad \text{cm}$$

$$= 51.5805 \quad \text{cm}$$

### Koreksi koefisien Block Cb

$$fb' = fb * \frac{0,68 + Cb}{1,36} \quad \text{cm}$$

$$fb' = 43.1524 \quad \text{cm}$$

Cb < 0,68

$$fb' = 51.5805 \quad \text{cm} \quad fb' = fb$$

### Koreksi Tinggi D

$$\text{Koreksi (D)} = 20 \left( D - \frac{L}{15} \right) \quad \text{cm}$$

$$= 44.0325 \quad \text{cm}$$

$$D < \frac{L}{15} \quad \text{koreksi} = 0 \quad 0$$

$$\text{maka Koreksi D} = 0 \quad \text{cm}$$

### Tinggi standart Bangunan Atas untuk L < 125 m

$$hs = 2.20 \quad \text{m}$$

$$\text{Panjang Bangunan Atas (l)} = 30.0000 \quad \text{m}$$

$$\text{Bila } h < hs, \text{ maka } l_s = \frac{h}{hs} * l \quad \text{m}$$

$$\text{Bila } h > hs, \text{ maka } l_s = l \quad \text{m}$$

$$l_s = 30.000 \quad \text{m}$$

### Koreksi Bangunan Atas

$$\text{Koreksi (BA)} = 50 \frac{\sum l_s * h_s}{L} \quad \text{cm}$$

$$\text{Koreksi} = 51.18215 \quad \text{cm}$$



### Koreksi Lengkung Memanjang Kapal

Tinggi Sheer di Fp = 0 m (Sf)  
Tinggi Sheer di Ap = 0 m (Sa)

$$A = \frac{1}{6} [2,5(L + 30) - 100(Sf + Sa)] \left( 0,75 - \frac{S}{2L} \right)$$

$$A = 20.3655$$

$$B = 0.1250 * L = 8.0595$$

$$S = \sum ls$$

Bila :

A > 0

A > 0 dan

A > 0 dan

$$\left| \frac{A}{B} \right| > B$$

$$\left| \frac{A}{B} \right| < B$$

Koreksi LMK = A cm

Koreksi LMK = B cm

Koreksi LMK = A cm

jadi :

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } Cb = 51.5805 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } D = 0.0000 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } BA = 51.18215 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi } LMK = \underline{8.0595} \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul } (f_s) = 110.8221 \text{ cm}$$

## Analisa Biaya Perencanaan Kapal Angkut Pasukan Katamaran

### I. BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL

#### 1. Biaya Lambung kapal :

|                   |       |                 |
|-------------------|-------|-----------------|
| Keterangan        | Nilai |                 |
| Berat Baja        | =     | 282.7144 ton    |
| Harga Baja perton | =     | 7,600,000 / ton |
| Harga total       | = Rp  | 2,148,629,308   |

#### 2. Biaya Permesinan kapal

|                      |       |                |
|----------------------|-------|----------------|
| Keterangan           | Nilai |                |
| Besar kw Mesin utama |       | 3730 KW        |
| Besar Kw Generator   |       | 700 KW         |
| Harga Rp/Kw          | Rp    | 3,000,000 / kw |
| Harga Total          | Rp    | 13,290,000,000 |

#### 3. Biaya hull outfitting

|                  |       |                    |
|------------------|-------|--------------------|
| Keterangan       | Nilai |                    |
| Berat Outfitting | =     | 282.71 ton         |
| Harga outfitting |       | 5,000,000.00 / ton |
|                  | Rp    | 1,413,571,913      |

Harga total pembangunan kapal **Rp 16,852,201,222**

### II. BIAYA OPERASIONAL KAPAL

#### 1. Biaya Reparasi kapal

Reparasi Kapal (3% Harga Kapal) = **Rp505,566,037**

#### 2. Biaya-biaya

Lama sea time = 50 jam

|                               |   |           |         |
|-------------------------------|---|-----------|---------|
| Total Bahan Bakar Main Engine | = | 54.86     | ton     |
| massa jenis bahan bakar       | = | 0.85      | ton/m3  |
| volume bahan bakar            | = | 64.54     | m3      |
|                               | = | 64,543.57 | liter   |
| Harga diesel / liter          | = | 4,500.00  | / liter |



|                              |   |                  |            |
|------------------------------|---|------------------|------------|
| Harga bahan bakar / sea time | = | 290,446,060.24   | / sea time |
| Jumlah sea time / tahun      | = | 32.00            |            |
| Biaya bahan bakar / tahun    | = | 9,294,273,927.53 | / tahun    |

|                                     |   |                       |                |
|-------------------------------------|---|-----------------------|----------------|
| Total minyak pelumas                | = | 1.81                  | ton            |
| massa jenis minyak pelumas          | = | 0.90                  | ton/m3         |
| volume minyak pelumas               | = | 2.01                  | m3             |
|                                     | = | 2,011.61              | liter          |
| Harga minyak pelumas / liter        | = | 15,000.00             | / liter        |
| Harga minyak pelumas / sea time     | = | 30,174,118.48         | / sea time     |
| Jumlah sea time / tahun             | = | 32.00                 |                |
| <b>Biaya minyak pelumas / tahun</b> | = | <b>965,571,791.36</b> | <b>/ tahun</b> |

|                                |   |                         |                |
|--------------------------------|---|-------------------------|----------------|
| Total air tawar                | = | 152.63                  | ton            |
| massa jenis air tawar          | = | 1.00                    | ton/m3         |
| volume air tawar               | = | 152.63                  | m3             |
|                                | = | 152,625.00              | liter          |
| Harga air tawar / liter        | = | 300.00                  | / liter        |
| Harga air tawar / sea time     | = | 45,787,500.00           | / sea time     |
| Jumlah sea time / tahun        | = | 32.00                   |                |
| <b>Biaya air tawar / tahun</b> | = | <b>1,465,200,000.00</b> | <b>/ tahun</b> |

|                                |   |                       |                 |
|--------------------------------|---|-----------------------|-----------------|
| Total provision                | = | 42.90                 | ton             |
|                                | = | 42,900.00             | kg              |
| Harga provision                | = | 10,000.00             | Rp / kg / orang |
| Jumlah orang (ABK + Pasukan)   | = | 330.00                |                 |
| Harga provision / sea time     | = | 3,300,000.00          |                 |
| <b>Biaya provision / tahun</b> | = | <b>105,600,000.00</b> | <b>/ tahun</b>  |

BIAYA TOTAL OPERASIONAL / SEA TIME = 369,707,678.72

BIAYA TOTAL OPERASIONAL / TAHUN = 12,336,211,755.54



