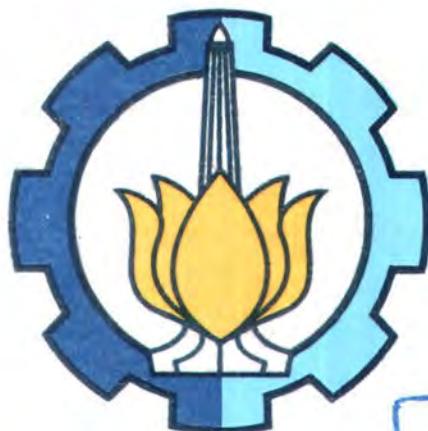


29553/H/07



TUGAS AKHIR
(LK 1347)

**ANALISA TEKNIS PERENCANAAN KAPAL PATROLI
CEPAT DENGAN BENTUK HULL KATAMARAN**



RSPe
623.823
Eff
9-1
—
2006

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	28-02-2007
Terima Dari	H
No. Akademis Dep.	227925

OLEH :

JUNAEDY EFFENDY
4101.100.030

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2006**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TEKNIS PERENCANAAN KAPAL PATROLI CEPAT DENGAN BENTUK *HULL* KATAMARAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Perkapalan
Pada
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui :
Dosen Pembimbing



Ir. DJAUHAR MANFAAT, M.Sc, Ph.D.
NIP. 131 651 444



**ANALISA TEKNIS PERENCANAAN KAPAL PATROLI
CEPAT DENGAN BENTUK *HULL* KATAMARAN**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Telah Direvisi Sesuai Hasil Sidang Tanggal 20 November 2006

Semester Ganjil 2005 / 2006

Pada

Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Diselesaikan Oleh :

JUNAEDY EFFENDY

4101.100.030

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing



IR. DJAUHAR MANFAAT, M.Sc, Ph.D.

NIP. 131 651 444



LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA TEKNIS PERENCANAAN KAPAL PATROLI
CEPAT DENGAN BENTUK *HULL* KATAMARAN**

TUGAS AKHIR

**Telah Direvisi Sesuai Hasil Sidang Tanggal 20 November 2006
Pada
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Diselesaikan Oleh :

**JUNAEDY EFFENDY
4101.100.030**

Surabaya, 27 November 2006

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing



I. DJAHHAR MANFAAT, M.Sc, Ph.D.

NIP. 131 651 444



ANALISA TEKNIS PERENCANAAN KAPAL PATROLI

CEPAT DENGAN BENTUK *HULL* KATAMARAN

Oleh : Junaedy Effendy.
NRP : 4101 100 030
Dosen Pembimbing : Ir. Djauhar Manfaat, MSc, PhD.
NIP : 131 651 444

ABSTRAK

Sebagai negara kepulauan, Indonesia mempunyai potensi maritim yang sangat besar. Namun demikian, kenyataan saat ini menunjukkan bahwa pemanfaatan potensi ini, banyak dilakukan oleh kapal-kapal ikan asing secara ilegal. Hal ini karena mereka mempunyai teknologi yang lebih canggih dari pada kapal-kapal ikan Indonesia. Juga, terdapat banyak kasus *illegal logging*, penyelundupan BBM, penyelundupan obat-obatan terlarang melalui laut, dan kapal-kapal perompak yang selalu meresahkan kapal-kapal di perairan Indonesia. Salah satu upaya utama untuk mengatasi masalah-masalah ini adalah dengan menambah armada kapal patroli cepat dengan kecepatan tinggi. Kelemahan utama kapal patroli berbadan tunggal adalah bahwa kapal jenis ini mempunyai hambatan kapal yang cukup besar, sehingga cenderung menghasilkan kecepatan kapal yang tidak tinggi. Kelemahan ini dapat diatasi dengan penggunaan badan kapal berbentuk *catamaran*, yaitu berbadan ganda (*twin-hull*). Bila dibandingkan dengan bentuk *mono-hull*, bentuk badan kapal ini mempunyai beberapa keuntungan, yaitu: (i) memiliki hambatan kapal yang lebih kecil, sehingga dengan daya mesin yang sama dapat menghasilkan kecepatan yang lebih besar, (ii) stabilitas kapal yang lebih baik, (iii) dengan geladak yang lebih lebar, maka penempatan persenjataan dan pembidikan sasaran lebih mudah dilakukan, dan (iv) kapasitas muat relatif lebih besar.

Dalam tugas akhir ini, analisis perancangan kapal patroli cepat dengan bentuk badan *catamaran* yang akan dioperasikan di perairan Indonesia diuraikan. Perancangan kapal ini diawali dengan penentuan *variables*, *parameters* dan batasan-batasan (*constraints*) yang sesuai dengan kondisi perairan Indonesia. Selanjutnya proses optimasi dilakukan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimal, dan fungsi obyektif dalam proses ini adalah meminimalkan biaya total pembangunan kapal. Dari hasil proses ini, ukuran utama optimal yang didapatkan adalah sebagai berikut: $Lpp = 29.7249$ m, $Bmoulded = 9.6596$ m, $Hmoulded = 3.35$ m, $T = 1.8$ m, dan $V_{maks} = 30$ knots, dengan total biaya pembangunan sebesar Rp 9.142.568.288,19. Kemudian, gambar rencana garis dan rencana umum dari hasil perancangan kapal ini juga disajikan dan dianalisis.

Kata kunci: *kapal patroli cepat, catamaran, mono-hull, optimasi*



TECHNICAL ANALYSIS PLANNING OF FAST PATROL BOAT WITH HULL FORM CATAMARAN

By : Junaedy Effendy.
NRP : 4101 100 030
Lecturer : Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.
NIP : 131 651 444

ABSTRACT

As archipelagic country, Indonesia have a lot of sea's potency. But, the fact in this time indicate that exploiting of this potency, is done by illegal foreign fishing boats. This matter because them have more sophisticated technology from Indonesia fishing boats. Also, there are a lot of case of illegal logging, smuggling of fuel, smuggling of drugs through the sea, and pirate ships which always fret ships in territorial sea of Indonesia. One of the especial effort to overcome this problems is by adding fast patrol boat with high speed. At present, there are a lot of fast patrol boats with the mono-hull shape operating at the Indonesian sea. The problem of these kinds of boats as compared to other kinds of ships, with similar sizes, which use simpler hull shapes, such as, the catamaran shape, is that they have larger resistance. The advantages of catamaran is: (i) have smaller ship resistance, so that with same machine energy can yield speed of larger ones, (ii) better ship stability, (iii) location of weapons and shooting target easier, and (iv) capacities load bigger..

In this research, the design of a fast patrol boat with the catamaran hull shape has been carried out. With decide the variables, parameters and constraints to matching with East Indonesian sea. And then optimization process is done to decide the optimal principal dimension, and minimalyze total cost of ship development is the objective function. From this process, the main principal is $L_{pp} = 29.7249\text{ m}$, $B_{moulded} = 9.6596\text{ m}$, $H_{moulded} = 3.35\text{ m}$, $T = 1.8\text{ m}$, dan $V_{maks} = 30\text{ knots}$, with development total cost equal to Rp 9.142.568.288,19. And then, the lines plan and general arrangement of this ship design is also presented and analysed.

Keyword: *catamaran, fast patrol boat, mono-hull, optimization.*



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini pada waktunya tanpa hambatan dan rintangan yang cukup berarti. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Djauhar Manfaat M.Sc, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang tiada lelah memberikan semangat untuk tidak menyerah dan segala perhatian dan kesabaran beliau serta kebaikan dan ketulusan hati beliau.
2. Ir. Triwlaswadio W.P.,M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan-FTK-ITS.
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Perkapalan-FTK-ITS.
4. Ir. Wing HendroPrasetyo Akbar Putra. ST., M.Eng., selaku dosen wali penulis selama di Teknik Perkapalan.
5. Ir. IKA Pria Utama, M.Sc., Ph.D. yang telah memberikan saran-saran untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Seluruh staf dosen dan karyawan Teknik Perkapalan atas bantuannya baik secara langsung maupun tidak langsung.
7. Bapak dan Ibu, yang telah mencerahkan seluruh kasih sayang dan dukungannya yang tak mungkin bisa tergantikan, hanya maaf yang bisa terucap dan doa semoga ridha Allah sebagai penggantinya.
8. Mas Very, Mbak Tanti, serta keluarga besar atas dukungannya dan kasih sayangnya.
9. Kekasihku Lissa Putri Wardhani beserta keluarga atas dukungan moral dan doa serta kepercayaannya yang tulus (*Meski lulus terlebih dahulu, kamu tetap percaya aku...*).



10. Teman-teman seperjuangan anak bimbingan Pak Djauhar : Rinta, atas kerjasamanya (*Susah senang maju terus...*).
11. Semua teman-teman seperjuangan Angkatan 2001 yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas dukungannya (*Yo....Ayo Teknik Perkapalan, Kuingin kita semua cepet lulus, Semangat Rek Kurang Sedikit.....*).
12. Bakoh, Wawan, Dian, Cak Gie, Onyeng, Bagus, Yoyon, Heru, Rian, Yoyok, Arek-arek Oasis, Arek-arek Blok J (*Matur Nuwun Atas segalanya, Ayo Tak tunggu Kelulusanmu!!!*).
13. Umi dan Captain Bambang (Disharkan, Koarmatim) yang telah membantu mencari data meski sibuk tapi masih sabar menjawab pertanyaan dari saya (*Semoga Allah membalas budi baik Bapak*).
14. Pihak-pihak yang membantu semisal Mas Kiki, Budi Dharma, Acong, Ari Salatiga, Hilmi, dan teman-teman lainnya yang tidak saya sebutkan satu persatu atas semua bantuannya.
15. Dan semua pihak yang telah membantu dan berperan hingga terselesainya Tugas Akhir ini yang tak bisa saya sebutkan satu per satu disini.

Penulis sadar bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, maka saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, November 2006

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK i

ABSTRACT ii

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang I-1

1.2. Permasalahan I-2

1.3. Batasan Masalah I-2

1.4. Tujuan I-3

1.5. Manfaat Hasil Tugas Akhir I-3

1.6. Konseptual Model Penelitian I-4

1.7. Metode Penelitian I-5

1.8. Sistematika Laporan I-8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum II-1

2.2. Sistem Persenjataan II-3

 2.2.1. Persenjataan anti kapal selam (Anti submarine weapon)....II-3

 2.2.2. Persenjataan penyerang kapal permukaan II-3

 2.2.3. Persenjataan anti pesawat terbang dan anti peluru kendali.II-4

 2.2.3.1. *Area defence missile system*.....II-5

 2.2.3.2. *Point defence missile system* II-5

 2.2.4. Sistem persenjataan jarak dekat II-5

 2.2.5. Sistem pengalih persenjataan musuh..... II-7



2.2.6. Sensor	II-7
2.3. <i>Signature</i>	II-8
2.3.1. Penglihatan (<i>Sight</i>)	II-8
2.3.2. <i>Magnetic</i>	II-9
2.4. Kapal Perang	II-10
2.4.1. Kapal pengangkut pesawat terbang (<i>aircraft carrier ship</i>)	II-10
2.4.2. Kapal perang amphibi (<i>amphibious warfare ship</i>)	II-12
2.4.3. Kapal perang ranjau (<i>mine warfare ship</i>)	II-13
2.4.4. Kapal perang permukaan (<i>surface combatant ship</i>)	II-14
2.4.5. Kapal bantuan logistik (<i>combat logistic force ship</i>)	II-15
2.5. Kapal <i>Catamaran</i>	II-16
2.5.1. Tinjauan Umum.....	II-16
2.5.2. Jenis Bentuk <i>Catamaran</i>	II-17
2.6. Kapal Patroli Cepat <i>Catamaran</i>	II-19
2.6.1. Tinjauan Umum.....	II-19
2.7. Analisa Regresi.....	II-22
2.8 Perancangan Kapal dengan Metode Optimasi	II-22
2.8.1. <i>Constrained Non-linier Optimization Technique</i>	II-23
2.8.2. <i>Generalized Reduced Gradient Method</i>	II-24
2.9. Tinjauan Ekonomis Kapal	II-25
2.9.1. Biaya Investasi Kapal	II-25
2.9.2. Biaya Operasional Kapal	II-26
2.10. Konsep Dasar Ekonomi Teknik	II-25
2.11. Dasar Perhitungan Stabilitas	II-29
2.11. Dasar Perhitungan HambatanTotal Kapal Tipe Katamaran	II-31
BAB III TINJAUAN DAERAH	
3.1. Tinjauan Umum.....	III-1
3.2. Kondisi dan Potensi.....	III-3
3.2.1. Potensi Perairan.....	III-3
3.2.2. Klimatologi.....	III-5
3.3. Jumlah Armada Kapal Perang Koarmatim	III-10



BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Ukuran Utama Kapal	IV-1
4.1.1. <i>Design Variable</i>	IV-2
4.1.2. Batasan-batasan (<i>Constraints</i>).....	IV-2
4.1.3 Fungsi Objektif.....	IV-3
4.2. Model Optimasi	IV-5
4.2.1. Hasil Optimasi.....	IV-11
4.3. Penggambaran Rencana Garis.....	IV-12
4.4. Perencanaan Hydrostatis dan Bonjean	IV-12
4.5. Penggambaran Rencana Umum	IV-18
4.5.1. Perhitungan Hambatan Total.....	IV-19
4.5.2. Dasar Perhitungan <i>Powering</i> (Daya Mesin Kapal)	IV-23
4.5.3. Perhitungan Stabilitas.....	IV-24
4.5.4. Perhitungan Displasement.....	IV-31
4.5.5. Dasar Perhitungan Lambung Timbul	IV-35
4.5.6. Perhitungan Jumlah Crew	IV-37
4.5.7. Perencanaan Konstruksi	IV-37
4.5.8. Perhitungan Tanki-tanki	IV-39
4.5.9. Ruang Akomodasi	IV-39
4.5.10. Peralatan Kapal.....	IV-40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	V-1
6.2. Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR I.1. Konseptual Model Penelitian	I-4
GAMBAR I.2. Flow Chart Metodologi Penelitian	I-7
GAMBAR 2.1. <i>Harpoon</i>	II-4
GAMBAR 2.2. <i>Anti aircraft and anti missile weapon</i>	II-4
GAMBAR 2.3. <i>Phalanx</i>	II-6
GAMBAR 2.4. <i>GoalKeeper</i>	II-6
GAMBAR 2.5. <i>Decoy</i>	II-7
GAMBAR 2.6. Kapal pengangkut pesawat terbang (<i>Aircraft carrier ship</i>) .	II-11
GAMBAR 2.7. Kapal amphibi (<i>Amphibious warfare ship</i>)	II-13
GAMBAR 2.8. Kapal perang ranjau (<i>Mine warfare ship</i>)	II-14
GAMBAR 2.9. Kapal perang permukaan (<i>Surface Combatan ship</i>)	II-15
GAMBAR 2.10. Kapal bantuan logistik (<i>combat logistic force ship</i>)	II-16
GAMBAR 2.11. <i>Typical Catamran Types</i>	II-17
GAMBAR 2.12. Bentuk improvisasi air	II-18
GAMBAR 2.13. <i>Bridging Structure</i>	II-21
GAMBAR 2.14. Stabilitas Oleng	II-31
GAMBAR 3.1. Potensi perikanan di seluruh Indonesia	III-5
GAMBAR 4.1. Model Optimasi kapal patroli cepat <i>catamaran</i>	IV-7
GAMBAR 4.2. Tampilan Solver parameter pada program Microsoft Excel	IV-8
GAMBAR 4.3. Tampilan Solver parameter dengan <i>target cell</i>	IV-9
GAMBAR 4.4. Tampilan Solver parameter dengan <i>changing cell</i>	IV-9
GAMBAR 4.5. Tampilan Solver parameter dengan <i>constraint</i>	IV-10

GAMBAR 4.6. Tampilan Solver parameter dengan melihat *solver option*.. IV-10

GAMBAR 4.7. Tampilan hasil optimasi ditemukan..... IV-11

GAMBAR 4.8. Kurva hidrostatis yang dihasilkan oleh Hydromax..... IV-18



DAFTAR TABEL

TABEL 2.1. Ukuran Model Towing Test C5 Round Bilge Hull	II-34
TABEL 2.2. Harga β untuk katamaran terhadap S/L dan L/B ₁	II-35
TABEL 2.3. Harga (1+ k) untuk monohull terhadap L/B ₁	II-35
TABEL 2.4. Harga τ untuk katamaran terhadap Fn dan S/L	II-36
TABEL 2.5. Harga C _W untuk katamaran terhadap Fn dan S/L	II-36
TABEL 3.1. Data kecepatan, arah angin dan karakteristik perairan di kepulauan Indonesia	III-5
TABEL 3.2. Jumlah armada kapal Perang Armada Timur RI	III-11
TABEL 4.1. Daftar Kapal Pembanding Hasil Survey	IV-1
TABEL 4.2. Ukuran Model Towing Test C5 Round Bilge Hull	IV-20
TABEL 4.3. Harga β untuk katamaran terhadap S/L dan L/B ₁	IV-21
TABEL 4.4. Harga (1+ k) untuk monohull terhadap L/B ₁	IV-21
TABEL 4.5. Harga τ untuk katamaran terhadap Fn dan S/L	IV-22
TABEL 4.6. Harga C _W untuk katamaran terhadap Fn dan S/L	IV-26
TABEL 4.7. Tabel Nilai GZ, L statis, L dinamis	IV-30
TABEL 4.8. Distribusi Beban	IV-34



DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|---------------|--|
| LAMPIRAN I | : Solver <i>Catamaran Fast Patrol Boat</i> |
| LAMPIRAN II | : Perhitungan Berat LWT dan DWT |
| LAMPIRAN III | : Perhitungan Tahanan |
| LAMPIRAN IV | : Perhitungan Power |
| LAMPIRAN V | : Perhitungan Stabilitas |
| LAMPIRAN VII | : <i>Lines Plan</i> |
| LAMPIRAN VIII | : <i>General Arrangement</i> |

BAB I

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara maritim yang membentang luas di cakrawala khatulistiwa dari 94° BT sampai dengan 141° BT dan 6° LU sampai dengan 11° LS merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Indonesia memiliki jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau, luas laut 5,9 juta km² dan jumlah nelayan di desa pesisir pantai diperkirakan mencapai 10 juta kepala keluarga. Sektor perikanan berpotensi untuk dapat dijadikan sumber devisa utama Indonesia. Tetapi yang menjadi kenyataan sekarang ini adalah kapal ikan asing yang memanfaatkan potensi ikan yang ada di Indonesia. Banyaknya kasus illegal logging, penyelundupan BBM, serta kapal-kapal perompak yang selalu meresahkan kapal-kapal di perairan Indonesia menuntut adanya penambahan armada kapal patroli cepat dengan kecepatan tinggi untuk mengatasinya.

Banyaknya pulau di Indonesia dengan jarak yang tidak lebih dari 200 km antara satu pulau dengan pulau yang lainnya juga menuntut adanya kapal patroli dengan kecepatan sekitar 30-40 knot, maka mobilisasi dari militer ataupun pihak terkait akan sangat menguntungkan dalam bentuk patroli pengawasan, pertempuran ataupun bantuan. Dengan kondisi perairan Indonesia yang memiliki banyak pulau kecil dan mempunyai sarat rendah di daerah perairan Indonesia Timur, maka pemilihan kapal dengan bentuk badan *catamaran* diharapkan mampu mengatasinya dengan berbagai kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh kapal *catamaran* tersebut.

Perancangan kapal patroli cepat *catamaran* ini menggunakan penggabungan pemakaian prinsip dasar engineering dan prinsip optimasi. Prinsip dasar engineering, khususnya metode perancangan kapal cepat menggunakan dasar model *basic design spiral* yang dikembangkan oleh Taggart. Sedangkan prinsip optimasi adalah prinsip yang merupakan suatu proses mencari kondisi yang memberikan nilai maksimum dari suatu fungsi. Jadi dalam setiap dilakukan iterasi, semua pemeriksaan dan persyaratan diperiksa apakah sudah dicapai atau dipenuhi.

1.2. Permasalahan

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

- Bagaimana merencanakan kapal patroli cepat dengan bentuk *hull catamaran* yang mampu beroperasi di wilayah perairan 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 :



- Mengingat bahwa bentuk lambung kapal adalah *catamaran*, maka besar hambatan kapal dihitung menggunakan rumus dari paper M. Insel, Ph.D. dan A.F. Molland , M.Sc., Ph.D., C.Eng.
- Bentuk awal lambung kapal yang dipilih adalah *Round Bilge* dengan model *catamaran C₅*, S/L = 0.2 dan L/B₁ = 7.8 sesuai dengan paper tersebut.
- Masalah teknis yang dibahas hanya sebatas *Concept Design*.
- Dalam perancangan ini, kapal catamaran ini menggunakan material baja.
- Rute yang digunakan dalam perancangan kapal patroli *catamaran* ini adalah perairan Indonesia Timur dengan kondisi gelombang *calm water*

1.4. Tujuan

Tujuan utama dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan desain kapal patroli cepat dengan bentuk lambung *catamaran* untuk perairan Indonesia di kawasan Timur. Tujuan utama ini dicapai melalui beberapa tujuan khusus berikut ini :

- Untuk memperoleh ukuran utama kapal patroli cepat yang optimal.
- Untuk memperoleh gambar Rencana Garis (*Lines Plan*) dan Rencana Umum (*General Arrangement*).

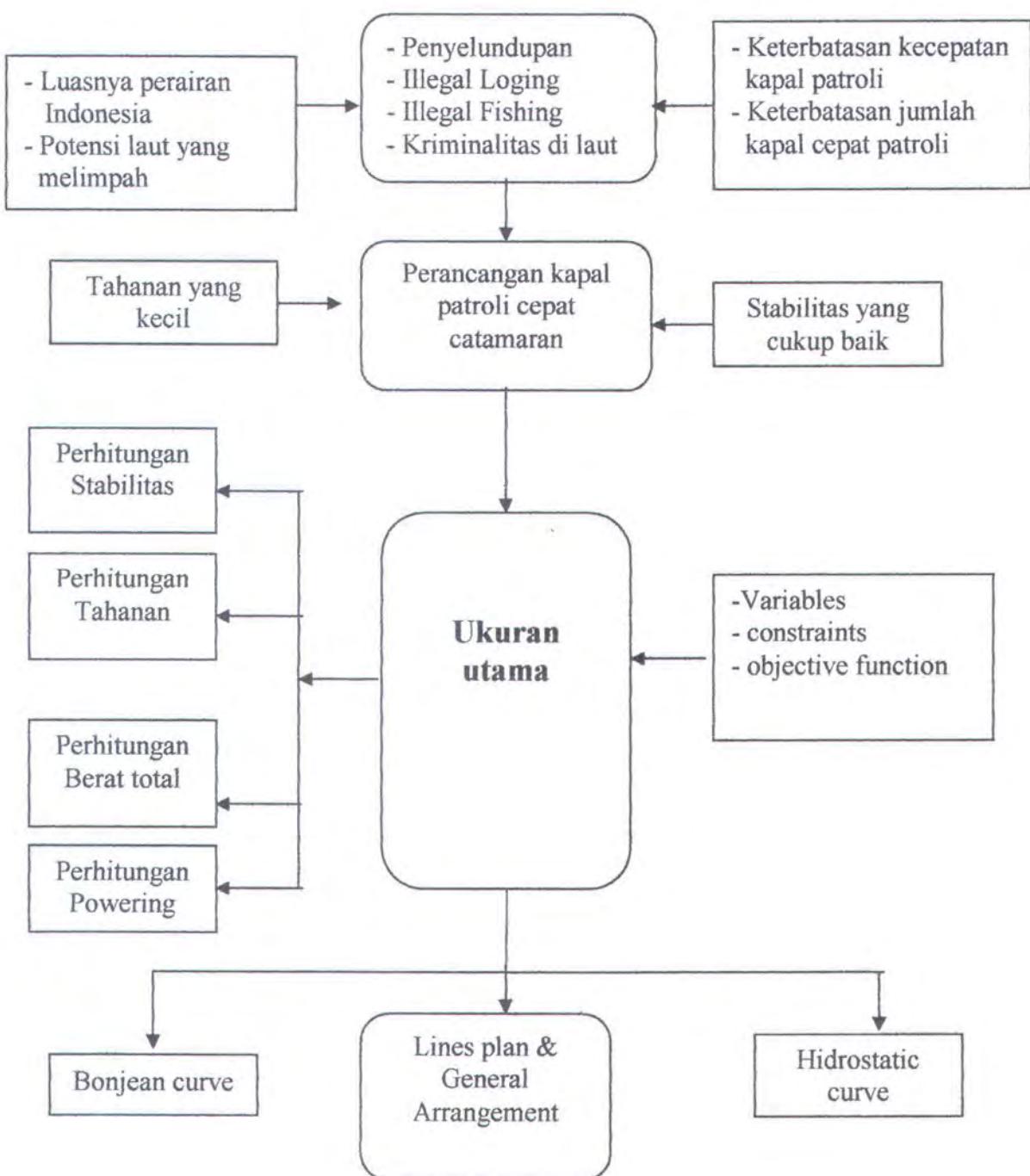
1.5. Manfaat Hasil Tugas Akhir

Manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Dapat memberikan informasi tentang proses desain kapal patroli cepat yang optimal.
- Dapat memberikan masukan tentang desain kapal patroli cepat catamaran kepada instansi terkait



1.6. Konseptual Model Penelitian



Gambar I.I. Konseptual Model Tugas Akhir
“Analisa Teknis Perencanaan Kapal Patroli Cepat Dengan Bentuk Hull Catamaran ”.

1.7. Metodologi Penelitian

1.7.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penulisan ini bersumber dari:

- a. Data premier 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.

1.7.2. 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.

1.7.3. Pengolahan Data

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

- a. Mencari data kapal pembanding yang ada.

Mencari data kapal patroli yang ada di Indonesia dan kapal pembanding catamaran. Karena sifat catamaran dan pentingnya aspek kecepatan maksimum pada kapal patroli, maka *design requirement* yang dianalisis adalah kecepatan maksimum.

- b. Pembuatan Model Optimasi



Penentuan *initial value* didapat dari kapal pembanding catamaran yang mempunyai kecepatan maksimum yang sama dengan kapal patroli yang ada di Indonesia. 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 *tools* Microsoft Excel yakni Solver.

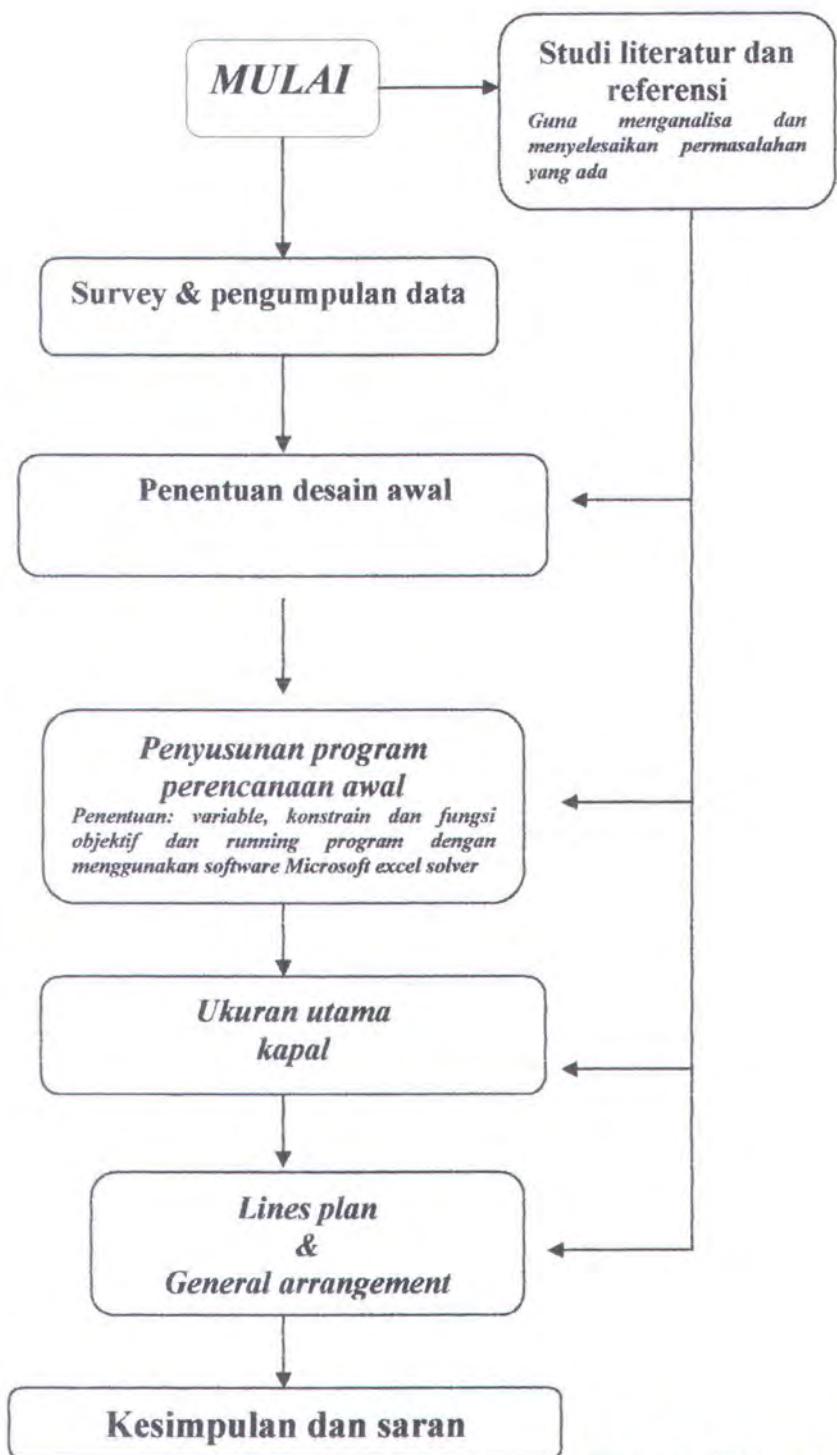
e. Hasil dan diskusi.

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.

Flow Chart Metodologi Penelitian



Gambar I.2. Flow Chart Metodologi Penelitian.



1.8. 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 patroli cepat, 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 dan potensi perairan serta jumlah kapal perang milik TNI-AL yang beroperasi di kawasan tersebut.

BAB IV. ANALISA HASIL DAN PERHITUNGAN

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Pada abad yang lampau telah dibangun berbagai kapal perang untuk mendukung armada perang dari suatu kerajaan, semisal Mediterania, Scandinavia (Vikings), China, India dan lainnya. Kapal perang yang pertama kali dibangun adalah perahu besar yang digerakkan oleh layar dan dayung. Kemudian berkembang dan mengalami perubahan dengan menambahkan tentara dan pemanah di kapal tersebut. Disekitar tahun 1400, senjata diperkenalkan dan dipasang pada kapal layar. Kemudian senjata berkembang dalam hal ukuran, seperti saat ini (Watson, 1998).

Kebanyakan dari kapal niaga yang mempunyai satu, atau paling banyak dua atau tiga peranan, maka sebuah kapal perang memiliki berbagi peranan dan fungsi. Secara umum kapal perang memiliki berbagai peranan dan karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan kapal jenis lainnya. Berbagai peran dan fungsi dari kapal perang adalah sebagai berikut (Sadden dan McComas, 1992) :

- mengadakan operasi anti penyelundupan dan anti perompak.
- menjaga dan mengawasi Zona Ekonomi Eksklusif.
- pencarian dan pertolongan terhadap korban bencana alam.
- menghancurkan kapal asing yang ada di permukaan laut.
- menghancurkan kapal selam musuh.
- menghancurkan pesawat terbang musuh.
- memberi dukungan ketika pasukan mendarat ke pantai.



- mengadakan pengawasan terhadap terjadinya kejahatan di laut.

Kapal perang dengan banyaknya fungsi dan peranannya, haruslah memiliki memiliki kemampuan khusus untuk mendukung operasionalnya. Kemampuan-kemampuan kapal perang yang harus dimiliki antara lain adalah (Watson, 1998) :

1. Mengetahui kondisi di bawah dan diatas permukaan laut.
2. Memiliki persenjataan anti kapal permukaan.
3. Memiliki persenjataan anti kapal selam.
4. Memiliki pertahanan yang efektif terhadap pesawat dan peluru kendali.
5. Memiliki karakteristik seakeeping dan ketahanan yang bagus.
6. Memiliki kecepatan yang cukup cepat.

Pengurangan dari beberapa kemampuan dan karakteristik diatas mungkin menjadi pengurangan yang serius pada pengurangan harga kapal pada saat krisis ini. Disisi lain pemenuhan kemampuan semua itu adalah sangat mahal. Untuk angkatan laut yang sangat besar, tiap-tiap kapal perang memiliki kemampuan khusus, tetapi untuk angkatan laut yang kecil, tidak semua jenis kapal perang dimiliki.

Dari berbagai fungsi dan peranannya, yang paling penting adalah tergantung dari negara itu sendiri. Setiap negara memiliki pesawat dan peluru kendali untuk pertahanan negaranya, sehingga penyediaan kapal perang anti pesawat pun mutlak diperlukan. Untuk angkatan laut yang besar melihat bahwa kemampuan anti kapal selam sebagai kebutuhan yang penting, tetapi tidak semua negara memiliki kapal selam sehingga kemampuan anti kapal selam ini dianggap

tidak penting untuk angkatan laut yang kecil, kecuali negara tersebut membeli kapal perang bekas dari negara lain.

2.2. Sistem Persenjataan

Sebagai fungsi utama dari kapal perang untuk bertempur, maka sistem persenjataan yang terpasang dan efektivitas ketika digunakan adalah sangat penting untuk diperhatikan. Sistem persenjataan ini meliputi : senjata, sonar, sistem kontrol dan komando, sistem elektronik persenjataan, sistem komunikasi internal dan eksternal. Kendala yang dihadapi ketika membuat kebutuhan perancangan dari sebuah kapal perang adalah menentukan apakah satu kemampuan (*single purpose*) seperti anti kapal selam saja atau anti pesawat terbang saja atau bahkan dengan berbagai kemampuan (*multi purpose*) seharusnya sudah dipertimbangkan dengan baik (Watson, 1998).

Berikut berbagai karakteristik dari macam persenjataan yang ada di kapal perang (Tibbits, 2004) :

2.2.1. Persenjataan anti kapal selam (*Anti submarine weapon*)

Saat ini prinsip dari persenjataan anti kapal selam adalah helikopter. Selain itu, torpedo anti kapal selam juga dapat dijadikan alternatif untuk mengalahkan kapal selam.

2.2.2. Persenjataan penyerang kapal permukaan

Persenjataan utama melawan kapal yang ada di permukaan adalah dengan *surface to surface missile (SSM)*. Contohnya adalah Exocet dan Harpoon (lihat Gambar 2.1). Persenjataaan pendukung lainnya lainnya adalah senjata otomatis kaliber menengah, yang juga dapat digunakan sebagai bagian dari pertahanan anti udara. Senjata ini juga mempunyai keuntungan dikarenakan dapat digunakan

untuk keperluan patroli seperti operasi anti perompak, pengawasan terhadap nelayan-nelayan asing yang memasuki wilayah negara kita (Watson, 1998).



Gambar 2.1. *Harpoon*

(www.royal-marines.mod.uk, diakses pada tanggal 30 Oktober 2006).

2.2.3. Persenjataan anti pesawat terbang dan anti peluru kendali

Persenjataan utama dari persenjataan anti pesawat dan anti peluru kendali adalah *Surface to air missile (SAM)* (lihat Gambar 2.2)



Gambar 2.2. *Anti aircraft and anti missile weapon*

(www.use-weapon.astral.kiev.ua, diakses pada tanggal 23 Juni 2006).

SAM dapat dibedakan menjadi dua kategori (Tibbits, 2004):

2.2.3.1. *Area defence missile system*

Mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- Persenjataannya besar dan berat.
- Susah untuk memasangnya di kapal.
- Reaksi terlalu lamban.
- Jarak tembak yang jauh.
- Bisa digunakan untuk mengunci sasaran tembak
- Sangat cocok untuk pertahanan konvoi.

2.2.3.2. *Point defence missile system (PDMS)*

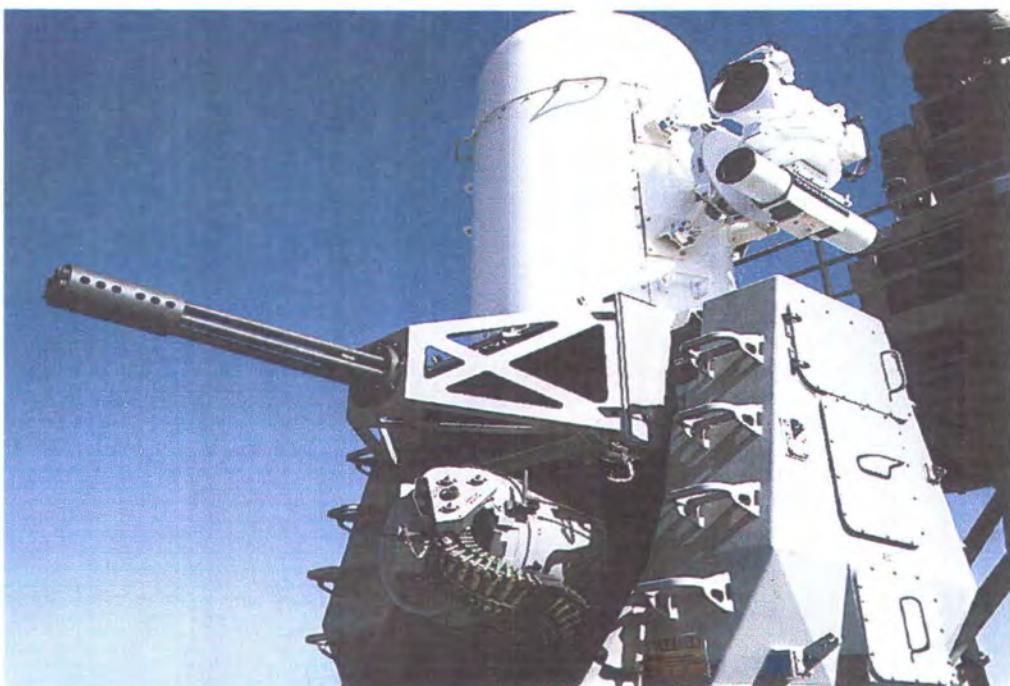
Mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- Persenjataannya kecil
- Mudah untuk memasangnya di kapal.
- Reaksinya sangat cepat.
- Jarak tembak yang terbatas
- Sangat cocok untuk pertahanan kapal itu sendiri.

2.2.4. Sistem persenjataan jarak dekat

Sistem persenjataan ini juga sering disebut *Close-in weapon System (C.I.W.S)*. Sistem persenjataan ini merupakan pertahanan terakhir melawan peluru kendali atau pesawat terbang yang lolos dari dari *surface to missile (SAM) system*. Contoh dari senjata ini adalah Phalanx (lihat Gambar 2.3) dan Goalkeeper (lihat Gambar 2.4). Sistem ini terdiri dari beberapa senjata otomatis tipe Gatling dengan kecepatan tembak yang sangat cepat dengan kapasitas amunisi yang sangat besar (Watson, 1998).





Gambar 2.3. Phalanx

(www.raytheon.com, diakses pada tanggal 30 Oktober 2006).



Gambar 2.4. GoalKeeper

(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 30 Oktober 2006).

2.2.5. Sistem Pengalih persenjataan musuh

Sistem persenjataan ini juga sering disebut sebagai *decoy*. Sistem ini bukan sebagai persenjataan penyerang musuh tetapi dirancang untuk membingungkan radar atau peluru kendali yang menggunakan prinsip pencari panas yang akan mengenai kapal perang kita (lihat Gambar 2.5). Sekarang, senjata ini juga dirancang untuk penggunaan dibawah air dengan diluncurkan seperti halnya torpedo (Gates, 1998).



Gambar 2.5. *Decoy*

(www.naval-armament.co.id, diakses pada tanggal 4 Mei 2006)



2.2.6. Sensor

Radar atau sistem optical dan sonar untuk yang dibawah laut harus memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mengarahkan semua sistem persenjataan agar tepat ke sasaran. Sonar juga menyediakan infomasi tentang

keberadaan kapal selam di daerah sekitarnya. Sensor bawah laut harus ditempatkan sedemikian hingga mempunyai penglihatan yang cukup baik dan dijauhkan dari persenjataan dari kapal itu sendiri.

2.3. *Signature*

Salah satu efektivitas dari sebuah kapal perang adalah jika kapal perang itu sendiri mampu menghilangkan indikasi keberadaan kapal itu sendiri dari radar ataupun penglihatan musuh, baik oleh kapal yang ada dipermukaan ataupun dari kapal selam. Karena hal ini akan menyulitkan musuh untuk mengetahui tentang tipe dan ukuran kapal perang kita. Kapal dapat dideteksi dengan penglihatan mata, dengan getaran, dengan emisi sinar infra merah, juga dengan radar. Semua indikasi yang menyebabkan tentang keberadaan kapal tersebut dinamakan *signature*.

Yang patut dicermati adalah meminimalisir *signatures* itu sendiri, semisal pada kapal anti kapal selam agar tidak mudah diketahui keberadaannya oleh kapal selam musuh. Selain itu juga bisa digunakan untuk menghindari ranjau dan serangan dari udara. Mengurangi *signature* tidak hanya membuat kapal lebih sulit dideteksi oleh musuh tetapi juga meningkatkan fungsi dari *decoy* sebagai pengalih serangan dari serangan peluru kendali ataupun torpedo yang ditembakkan ke kapal perang (Watson, 1998).

2.3.1. Penglihatan (*sight*)

Parameter untuk mengurangi *sight signatures* adalah dengan mengurangi tinggi dari kapal perang tetapi juga harus disesuaikan dengan syarat-syarat klasifikasi. Hal ini menggunakan prinsip teori Copernicus bahwa bumi itu bulat sehingga dari kejauhan kapal perang yang lebih rendah pun tidak tampak.

Penggunaan cat warna abu-abu pada kapal perang juga digunakan sebagai penyamaran dari sight signature. Penggunaan warna abu-abu dikarenakan warna ini memiliki efek yang bisa mengelabui mata ketika melihat sebuah kapal di lautan (Koarmatim, 2002).

2.3.2. *Magnetic*

Bahan material kapal yang terbuat dari baja atau besi ibaratnya merupakan sebuah magnet terapung yang menghasilkan medan magnet disekitarnya, gerakan kapal juga akan membawa perubahan pada medan magnet di sekitarnya, yang akibatnya akan mempengaruhi medan magnet lingkungan lainnya, deteksi fenomena perubahan inilah yang pertama kali digunakan sebagai pemicu ledakan ranjau, yang kemudian dikenal sebagai ranjau magnet. Medan magnet pada suatu kapal terjadi karena dua hal yaitu pertama bersifat permanen yang disebabkan karena akibat dari proses pembuatan dan pembangunan dengan menggunakan konstruksi material kapal. Kedua, sifat induksi dari elektrostatis dan elektrodinamis dari pemakaian arus listrik dari peralatan-peralatan yang terpasang di dalamnya akibat pengaruh material, model konstruksi dan medan magnet bumi (Koarmatim, 2005).

Cara untuk mengurangi *magnetic signature* adalah dengan melakukan *degaussing* atau imunisasi pada semua kapal perang. Penggunaan material yang tidak terpengaruh oleh magnet untuk bahan pembuatan kapal ini sangat efektif untuk mengurangi *signature* ini, terutama untuk kapal-kapal penyapu ranjau (Watson, 1998).

Degaussing atau imunisasi merupakan pemasangan peralatan elektronika sedemikian rupa pada platform kapal sehingga mampu meminimalkan pengaruh

kemagnetan kapal pada standart minimal yang telah ditetapkan. Sedangkan netralisasi adalah melaksanakan proses pengukuran kemagnetan kapal secara periodik baik pada saat damai tiap 6 bulan sekali dan masa konflik 3 bulan sekali, dimana kapal harus melewati suatu peralatan pengukuran (*degaussing range*) sehingga didapat data kemagnetannya apakah masih standart atau tidak yang selanjutnya dilaksanakan tindakan *degaussing* untuk mengembalikan kemagnetan kapal pada saat awalnya. Sehingga sangat logis dan relevan jika kebutuhan adanya *degaussing range* baik yang bersifat tetap ataupun *portable* dapat diberdayakan untuk mengukur *signature* kapal khususnya terhadap *valuable asset* TNI AL yang kiranya akan rawan terhadap bahaya ranjau (Koarmatim, 2005).

2.4. Kapal perang

Berdasarkan jenisnya, kapal perang dapat dibedakan menjadi (Tibbits, 1997) :

- Kapal pengangkut pesawat terbang (*aircraft carrier ship*).
- Kapal amibi (*amphibious warfare ship*).
- Kapal penyapu ranjau (*mine warfare ship*).
- Kapal perang permukaan (*surface combatant ship*).
- Kapal bantuan logistik (*combat logistic force ship*).

Berikut ini adalah ulasan dari masing-masing jenis kapal perang.

2.4.1. Kapal pengangkut pesawat terbang (*aircraft carrier ship*)

Tugas utama dari kapal pengangkut pesawat terbang adalah menyediakan armada pesawat untuk mendukung pertempuran dengan berbasis udara. Atau lebih sederhananya bertujuan untuk menguasai perairan medan pertempuran dengan meledakkan kapal musuh (lihat Gambar 2.6). Saat ini kapal pengangkut pesawat

terbang ditambah dengan kapal selam dan kapal patroli cepat berpeluru kendali dapat mengawasi luasan daerah lebih dari 1 miliar mil kwadrat dari permukaan laut.. Kapal ini mempunyai landasan udara yang sangat besar, sehingga ukuran kapal ini sangat besar dibanding jenis kapal perang lainnya (Tibbits,1998).

Ada dua macam jenis pendaratan pada kapal pengangkut pesawat, antara lain (Tibbits,1998) :

1. Kapal dengan deck yang besar menggunakan pesawat CTOL (*conventional take off and landing*). Sejauh ini paling banyak dimiliki oleh Amerika Serikat.
2. Kapal yang lebih kecil dari yang diatas menggunakan VSTOL (*vertical/short take off and landing*).



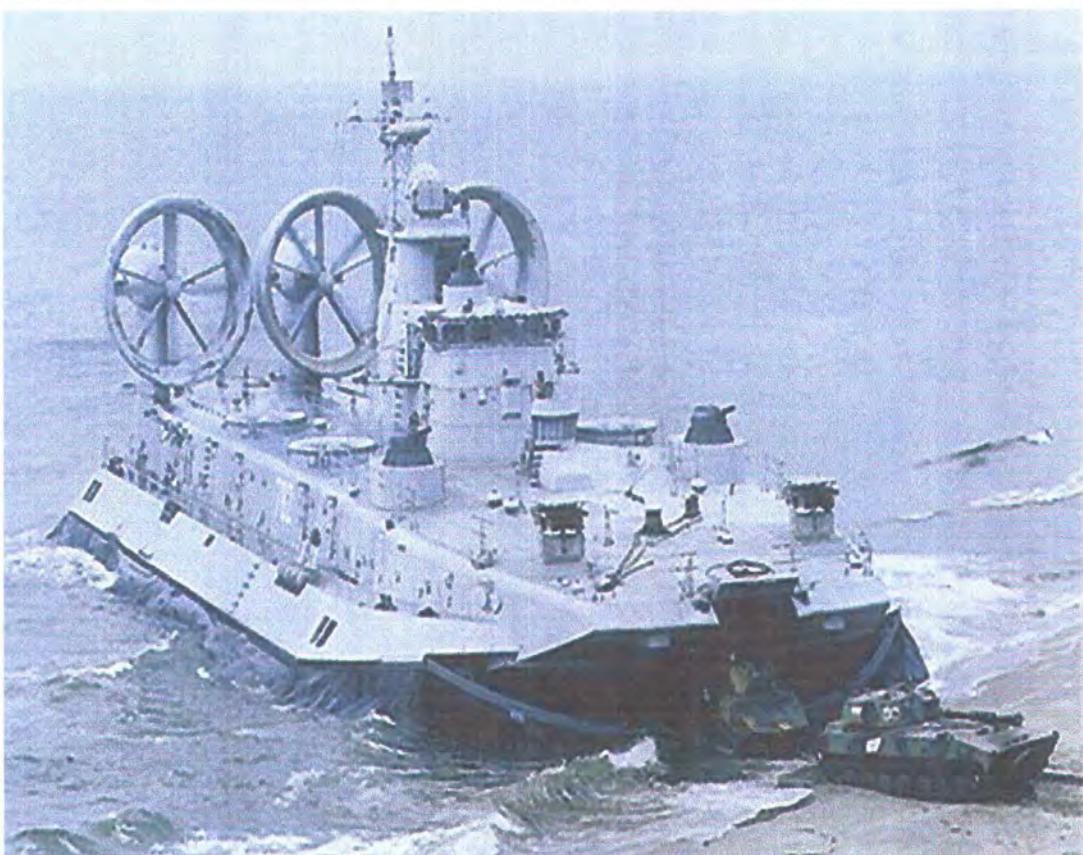
Gambar 2.6. Kapal pengangkut pesawat terbang (*Aircraft carrier ship*)

(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 4 Mei 2006).

Kapal pengangkut pesawat terbang ini juga sering disebut kapal induk karena disebabkan oleh ukurannya yang besar dibanding jenis-jenis kapal lainnya. Semisal, kapal induk yang dimiliki oleh Perancis dengan nama Charles de Gaulle yang memiliki panjang 261,6 meter dan lebarnya 64,36 meter, jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan kapal induk Nimitz yang memiliki panjang 317,6 meter dan lebarnya 76,6 meter. Kapal induk Charles de Gaulle ini dirancang menjalankan misi pengawasan, penangkalan dan penyergapan terhadap segala bentuk ancaman yang datang dari darat, laut dan udara, menuntut sistem persenjataan yang benar-benar bisa diandalkan. Karena kapal induk merupakan benda yang cukup besar untuk disembunyikan dari pantauan perangkat sensor pihak lawan dan terlalu lamban untuk menghindarkan diri dari setiap jenis serangan, maka kapal induk merupakan sasaran yang paling mudah untuk dihancurkan, tiga ancaman utama datang dari pesawat, kapal selam dan peluru kendali.

2.4.2. Kapal perang amphibi (*amphibious warfare ship*)

Tugas utama dari kapal ini adalah mendaratkan pasukan ke pantai, memberikan dukungan atau mengamankan daerah pendaratan pasukan. Kapal ini memiliki keunikan tersendiri karena kapal ini bisa berlayar sampai di garis pantai (Lihat Gambar 2.7). Selain itu, kapal ini juga berfungsi untuk mengangkut persenjataan, kendaraan dan artilleri. Material semisal makanan, bahan bakar serta amunisi juga dapat diangkut dan didaratkan oleh kapal ini. Selain itu, kapal ini juga dapat digunakan untuk misi kemanusiaan.



Gambar 2.7. Kapal amphibi (*Amphibious warfare ship*)

(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 5 Juni 2006).

2.4.3. Kapal perang ranjau (*mine warfare ship*)

Kapal ini bertugas untuk membersihkan ranjau di daerah musuh sehingga kapal yang lainnya dapat melewati dengan selamat. Tugas dari kapal ini juga termasuk memburu, menempatkan dan menetralkan ranjau di daerah ladang ranjau musuh (lihat Gambar 2.8). Seperti yang telah dibahas pada sebelumnya, ranjau menggunakan prinsip magnetic untuk meledak, sehingga kapal-kapal jenis ini biasanya mempunyai perangkat *degaussing* untuk mengatasi *magnetic signature*. Selain itu juga bahan pembuatan kapal jenis ini terbuat dari bahan yang tidak terpengaruh oleh magnet.



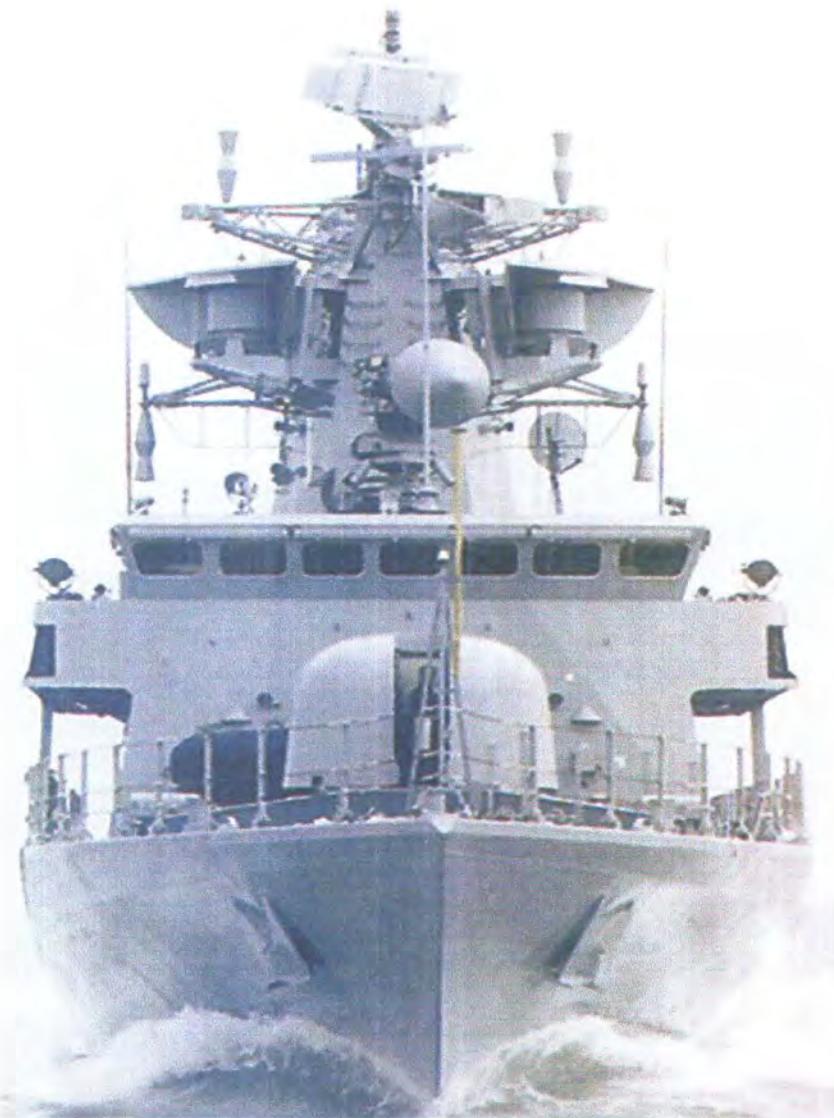
Gambar 2.8. Kapal perang ranjau (*Mine warfare ship*)

(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 24 Juni 2006).

2.4.4. Kapal perang permukaan (*surface combatant ship*)

Kapal ini mempunyai tugas untuk berperang secara langsung di perairan (lihat Gambar 2.9). Selain itu kapal ini juga bertugas mengawal dan melindungi kapal-kapal lainnya semisal kapal pengangkut pesawat, kapal penyapu ranjau, dan kapal amphibi. Selain itu, kapal ini juga berfungsi untuk patroli untuk mengamankan perairan di negaranya dari berbagai kejahatan yang terjadi di perairan tersebut.





Gambar 2.9. Kapal perang permukaan (*Surface Combattant ship*)

(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 20 Juni 2006)



2.4.5. Kapal bantuan logistik (*combat logistic force ship*)

Kapal ini bertugas untuk menyuplai logistik ke kapal perang yang ada di laut (Lihat Gambar 2.10). Di masa damai, logistic ini berupa makanan, bahan bakar, suku cadang dari komponen kapal, dan *consumable* lainnya. Tetapi di saat terjadi perperangan, amunisi dan bahan bakar dari pesawat terbang juga

dikirimkan. Dengan bantuan kapal ini maka kapal perang yang ada di laut akan bisa bertahan selama kurun waktu tertentu.



Gambar 2.10. Kapal bantuan logistik (*combat logistic force ship*)

(www.naval-technology.com, diakses pada tanggal 4 Juni 2006).

2.5. Kapal Catamaran

2.5.1 Tinjauan Umum

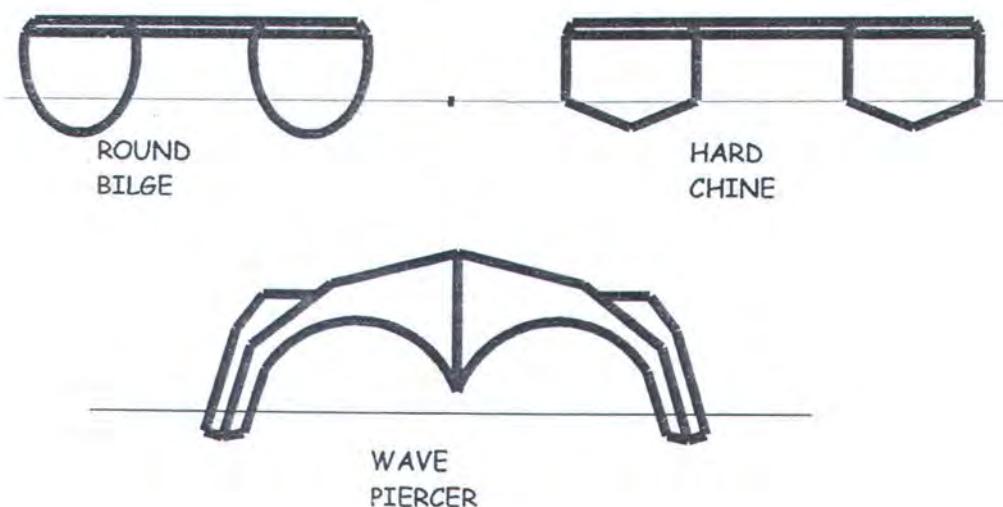


Saat ini telah berkembang penemuan berbagai bentuk badan kapal. Diantaranya adalah bentuk lambung multihulls yang berarti lambung dalam kapal tersebut berjumlah lebih dari satu. Misalnya, katamaran adalah sebutan untuk kapal yang mempunyai lambung ganda atau disebut juga *twinhulls*. Selain itu, kapal yang mempunyai 3 lambung biasanya disebut trimaran. Secara umum kapal

kapal *catamaran* merupakan kapal berkecepatan tinggi yang telah berkembang sampai saat ini. Kapal *catamaran* memiliki sifat-sifat dan beberapa kelebihan dibanding dengan kapal yang memiliki lambung tunggal. Oleh karena itu banyak galangan besar berskala internasional seperti Incat Australia dan galangan besar lainnya memproduksi kapal *catamaran* ini (RINA, 2004).

2.5.2. Jenis Bentuk Katamaran

Bentuk lambung Katamaran dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu : Round bilge, Hard chine, Wave piercer (lihat Gambar 2.11).



Gambar 2.11. *Typical Catamaran Types* (Hanss, 2002).

Dari gambar 2.11 diatas, dapat dilihat bahwa tiap-tiap bentuk lambung memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Banyaknya variasi bentuk lambung yang ada dan telah banyak pula digunakan ini akan dipakai tergantung dari kecepatan yang kita inginkan. Selain itu, bentuk badan *catamaran* pada berbagai kapal tidaklah sama, tetapi secara umum ada tiga bentuk dasar dari *catamaran*, yakni : simetris, asimetris dengan bagian dalam lurus, asimetris dengan bagian luar lurus

Bentuk improvisasi aliran air yang melewati ketiga bentuk tersebut adalah sbb (Lihat Gambar 2.12).



Gambar 2.12. Bentuk improvisasi air (Hanss, 2002).

Pemilihan bentuk badan kapal harus didasarkan pada metode yang tepat sehingga hasilnya akan dapat diandalkan. Dengan geladak yang lebih besar adalah salah satu contoh konsep perancangan yang berhasil dalam mengatasi gerakan oleng yang merupakan kelemahan utama kapal konvensional.

Bentuk asimetris dengan bagian luarnya lurus sesuai untuk perairan terbatas. Bentuk dengan bagian luarnya lurus ini akan memperkecil gelombang yang terjadi. Pada bentuk badan kapal yang asimetris, lambung kiri yang berbentuk lurus akan mengalami perubahan tekanan yang drastis berbeda dengan lambung kanan 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 yang akibatnya akan berpengaruh pada kekuatan penyangga lambung. Sementara itu pada kapal yang simetris dengan kedua lambung yang berbentuk lengkung maka tekanan relatif lebih kecil sehingga tekanan yang diderita penyangga juga kecil. Selain itu manuver kapal

yang merupakan kelemahan kapal *catamaran* relatif lebih baik jika dibandingkan bentuk asimetris.

Katamaran yang desainnya telah disempurnakan dengan dua buah bentuk lambung yang simeteris. Sejumlah variasi bentuk dan jarak spasi antar lambung telah menunjukkan keunggulan signifikan terhadap katamaran simetris. Bentuk lambung tersebut berupa displasemen maupun semi displasemen dengan geladak berada diatas garis air. Keunggulan utama dalam hal hambatan total bila dibandingkan dengan katamaran asimetris, menjadikan tipe ini tetap digunakan sampai sekarang.

Sedangkan catamaran dengan bentuk wave piercing ini mempunyai tambahan struktur pada bagian haluannya. Tujuan utama desain kapal ini adalah untuk operasi dibawah permukaan air yaitu lebih dapat menembus gelombang daripada memberi respons. Asumsi bahwa kondisi air dibawah permukaan lebih stabil, maka *catamaran* ini mempunyai kualitas hidrodinamika yang relatif lebih bagus. Konsep dalam mendesain kapal dengan lambung *multi-hull* tetap dipertahankan dengan menggunakan lambung yang slender sehingga stabilitas tetap terjaga. Kapal dengan bentuk lambung katamaran memiliki geladak yang luas, sangat berguna untuk olah gerak kendaraan diatas *main deck*. Selain itu dengan memiliki lambung yang luas, dapat dimanfaatkan untuk *space* antara *water jet propulsion* dan mesin dalam setiap lambung.

2.6. KAPAL PATROLI CEPAT *CATAMARAN*

2.6.1. Tinjauan Umum

Secara umum kapal patroli cepat *catamaran* adalah sama dengan kapal patroli cepat lainnya. Hanya saja kapal ini lebih efisien dan lebih efektif dari kapal patroli cepat conventional yang ada. Adapun beberapa kelebihan yang dimiliki atau diberikan kapal patroli cepat yang memiliki bentuk lambung *catamaran* adalah (RINA, 2003) :

1. Memiliki geladak yang lebih lebar sehingga dapat lebih mudah dalam penempatan senjata yang membutuhkan *space* yang lebar.
2. Bentuk *catamaran* 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 patroli cepat dirancang tidak untuk nilai ekonomis. Sehingga biaya bahan bakar yang didapat dari pemerintah dapat disisihkan untuk yang lainnya.
3. Peningkatan kecepatan akan tercapai dengan daya mesin yang rendah dan bahan bakar ekonomis. Kecepatan akan sangat serius untuk diperhatikan dikarenakan kapal patroli cepat mempunyai banyak tugas sesuai dengan fungsi dari kapal patroli cepat itu sendiri.
4. Kenyamanan yang dihasilkan lebih baik sehingga para awak kapal pun dapat lebih mudah untuk mengerjakan tugasnya. Sehingga awak kapal pun dapat bertahan selama berhari - berhari.

Perancangan kapal *catamaran* akan mengurangi gerakan rolling kapal dikarenakan kapal *catamaran* tidak seperti perancangan kapal konvensional *single hull* yang mengalami gerakan rolling yang lebih besar. Hal ini berperan sangat besar ketika penguncian atau pembidikan sasaran dilaksanakan.

5. Dengan bentuk *WSA* yang lebih kecil dari *WSA* kapal *monohull*, maka kapal patroli cepat *catamaran* ini mengalami kerusakan yang lebih ringan ketika terkena ranjau dari pada kapal patroli cepat *monohull*.

Selain kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh kapal dengan bentuk lambung *catamaran* di atas dan sesuai dengan fungsinya kapal jenis ini juga memiliki karakteristik khusus yang menarik untuk mendukung operasionalnya. Karakteristik kapal patroli cepat *catamaran* antara lain adalah (RINA, 2003) :

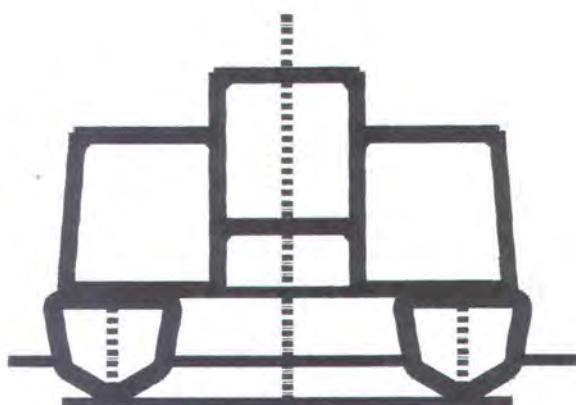
1. Kecepatan Kapal.

Kapal patroli cepat pada umumnya didesain memiliki kecepatan yang cukup tinggi karena hal ini dibutuhkan untuk memenuhi peranan dari kapal patroli itu sendiri. Seperti halnya pengejaran kapal-kapal asing yang melakukan pelanggaran di perairan Indonesia. Atau kebutuhan penyediaan armada kapal dengan cepat di daerah perbatasan negara. Oleh karena itu perencanaan kapal patroli cepat dengan bentuk *catamaran* ini sangat efisien dalam berbagai hal untuk menunjang dari tugas dari kapal patroli cepat itu sendiri.

2. *Bridging Structure*.

Bridging structure adalah struktur geladak diantara dua lambung. Konstruksi seperti ini dimaksudkan untuk memberikan kekuatan melintang pada kapal.

Karena pada geladak ini akan menopang sejumlah peralatan tempur yang memiliki beban yang besar (lihat Gambar 2.13.).



Gambar 2.13. *Bridging Structure* (Hanss, 2002).

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 disebarluaskan 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 patroli cepat 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 patroli cepat *catamaran* harus memperhatikan kriteria sebagai berikut (Harvard, 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.

2.7. 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 (Ridwan, 2006).

2.8. Perancangan Kapal dengan Metode Optimasi

Santosa (1999) menyebutkan 4 metode perancangan yang telah dikembangkan berdasarkan teori dan pengalaman yang dikombinasikan satu dengan yang lainnya, yaitu metode perbandingan kapal (*Method of Comparison*), metode statistik (*Method of statistic*), metode *trial and error (iteration)* dan metode penyelesaian kompleks (*Method of Complex Solution*).

dalam studi ini, *constraint* sudah dinyatakan secara eksplisit, maka kelompok pertama 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.

2.8.2. 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

$$h_j(X) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

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

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

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.

2.9. 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 menggerakkannya juga sekecil mungkin, dan bagaimana membuat berat pelat seringan mungkin. Dalam hal ini segi ekonomis dipisahkan menjadi dua persoalan yaitu biaya investasi kapal dan biaya operasi kapal.

2.9.1. Biaya Investasi 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 (HP) yang digunakan dan harga mesin (Rp/ton). Sedangkan biaya pengadaan pelat badan kapal dihitung dari berat material (ton) dan harga pelat badan kapal (Rp/ton). Harga mesin dan material diperoleh dari harga perhitungan dari metode Watson.

2.9.2. 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 jenisnya (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).

2.11. Dasar Perhitungan Stabilitas

Pengertian stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut.

Perhitungan stabilitas dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula apabila mengalami olengan pada saat berlayar.. Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Keseimbangan Stabil.

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar, maka benda akan kembali pada ke posisi semula setelah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G (*Centre of Gravity*) berada di bawah titik M (*Metacentre*).

2. Keseimbangan Labil.

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan 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 *Indiferent*.

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka benda tetap pada kedudukannya yang baru walaupun gaya luar tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan

kapal maka letak titik berat (G) berimpit dengan titik metasentra (M).

Kapal harus mempunyai stabilitas yang baik dan 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 ke atas yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
- c. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan keatas pada sudut oleng.

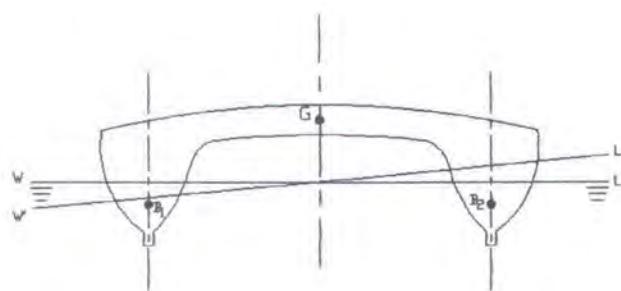
Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatik yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal..

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety of Life at Sea (Solas)* atau *International Maritime Organization (IMO)*.

Penulis menggunakan perhitungan stabilitas metode *Barnhart dan Thewlis*, dimana kapal *catamaran* cenderung lebih lebar terhadap panjangnya (L/B kecil) dan kapal konvensional dengan ukuran panjang dan lebar keseluruhan yang sama telah memenuhi standarisasi dari IMO maka dengan sendirinya kapal *catamaran* akan memenuhi ketentuan tersebut.

Batasan-batasan yang harus dipenuhi antara lain adalah:

- Lengan stabilitas dinamis pada 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m rad.
- Lengan stabilitas dinamis pada 40° tidak boleh kurang dari 0.090 m rad.
- Lengan stabilitas statis pada 30° tidak boleh kurang dari 0.2 m.
- Lengan maksimum harus berada pada 30° atau tidak kurang dari 25° .



Gambar 2.14. Stabilitas Oleng.

2.12. Dasar Perhitungan Hambatan Total Kapal Tipe Katamaran

Komponen hambatan yang dialami oleh katamaran lebih kompleks daripada *monohull*, dikarenakan oleh adanya efek interferensi antar lambungnya. Efek interferensi ini dapat dibagi menjadi dua bagian pokok yaitu (Insel, 1991):

- Interferensi *viskositas* : Aliran di sepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull* yang lain Akibat adanya gelombang dari satu *demihull* yang memukul *demihull* lainnya, sehingga hambatan gesek akan berubah.
- Interferensi gelombang: Hasil dari dua buah lambung yang bergerak sejajar, efek interferensi pada hambatan gelombang akan sangat berpengaruh.

Dengan memperhatikan efek interferensi, metode prediksi hambatan untuk *monohull* dapat diadaptasi untuk katamaran sebagai berikut (Molland, 1991):

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

Dimana :

β = Faktor interferensi hambatan gesek

τ = Faktor interferensi hambatan sisa

Peningkatan kecepatan antar *demihull* dapat dimasukkan kedalam perhitungan dengan memperkenalkan faktor interferensi hambatan gesek (β). 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 (τ) dapat diteliti dari hasil percobaan. Kecenderungan harga faktor ini dengan variasi jarak separasi antar lambung dan kecepatan telah diamati antara lain oleh Insell dan Molland (1991).

Lebih jauh, Molland (1991) 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 (τ) dan faktor interferensi hambatan gesek (β).



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:

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

Untuk katamaran, persamaan diatas menjadi:

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

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

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

Dengan membandingkan kedua peramaan diatas maka diperoleh

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

atau

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

dimana harga:

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

Sehingga,

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

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:

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

Dimana :

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

C_F = Friction Resistance

τ = Catamaran Wave Resistance Interference

C_W = Wave Resistance

Harga dari tahanan total ini tetap dikalikan 2 (dua) mengingat luas permukaan basah (WSA) ada pada tiap lambung.

Nilai-nilai yang diperoleh adalah harga dari percobaan "model C₅" dengan bentuk lambung *Round Bilge Hull* (RBH) disajikan pada Tabel 4.2.

- Viscous Resistance (C_F)

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

$$R = \frac{V * L_{WL}}{\nu} \quad C_F = \quad 1,77E-03$$

Tabel 2.1. Ukuran Model Towing Test C₅ Round Bilge Hull

Model	C ₅
L (m) =	1.6
L / B =	11
B / T =	2
L / V ^{1/3} =	8.479
C _B =	0.397
C _P =	0.693
C _M =	0.565
A (m ²) =	0.276
LCB Φ (m) =	-6.4

- *Catamaran Viscous Resisance Interference (1 + βk)*

Untuk model dengan bentuk RBH maka harga $(1 + \beta k)$ dapat dilakukan interpolasi harga β dari 3 model yang diperoleh oleh Insel-Molland sbb:

Tabel 2.2. Harga β untuk katamaran terhadap S/L dan L/B₁.

S/L					
	1.0	2.0	3.0	4.0	L/B ₁
β	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

Harga faktor bentuk untuk monohull dengan "tipe C₅" $(1 + k)$:

Tabel 2.3. Harga $(1 + k)$ untuk monohull terhadap L/B₁.

L/B ₁	7	9	11
(1 + k)	1.45	1.3	1.17

- *Catamaran Wave Resisance Interference (τ)*

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



Tabel 2.4. Harga τ untuk katamaran terhadap Fn dan S/L

	(S / L)					(S / L)					L / B
	Fn				L / B	Fn				L / B	
	0,70	0,80	0,90	1,00	L / B		0,70	0,80	0,90	1,00	L / B
τ	1,3	1,15	1,15	1,2	7	τ	1,02	0,9	0,9	0,8	7
	1,25	1,2	1	1,23	9		1,05	1	0,9	0,9	9
	1,2	1,1	1,2	1,05	11		1,15	1,2	1,35	1,4	11

	(S / L)					τ	(S / L)				
	Fn				L / B		Fn				L / B
	0,70	0,80	0,90	1,00	L / B		0,70	0,80	0,90	1,00	L / B
τ	1,13	1,13	1,13	1,12	7	τ	1,08	1,05	1,05	1,1	7
	1,15	1,12	1,13	1,12	9		1,08	1,2	1,1	1	9
	1,15	1	0,95	1,12	11		0,98	1,25	1,15	1	11

- *Wave Resistance (C_w)*

Untuk model kapal dengan bentuk RBH maka harga (C_w) dapat dilakukan interpolasi dari sbb: (*fig. 12 Wave Resistance*)

 Tabel 2.5. Harga C_w untuk katamaran terhadap Fn dan L/B.

C _w	Fn				L / B
	0,70	0,80	0,90	1,00	
C _w	0,0042	0,0037	0,0023	0,0022	7
	0,0022	0,0019	0,0016	0,0015	9
	0,0013	0,0010	0,0008	0,0008	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:

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

BAB III
TINJAUAN DAERAH

BAB III

TINJAUAN DAERAH

3.1. Tinjauan Umum

Negara Indonesia merupakan negara maritim yang membentang luas di cakrawala khatulistiwa dari 94° BT sampai dengan 141° BT dan 6° LU sampai dengan 11° LS merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Indonesia memiliki jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau, luas laut kedaulatan 3,1 juta km², luas laut ZEE 2,7 juta km², panjang garis pantai 81.000 km dan jumlah nelayan di desa pesisir pantai diperkirakan mencapai 10 juta kepala keluarga. Selain itu Indonesia juga merupakan negara kepulauan dengan dua pertiga wilayahnya berupa perairan laut yang terdiri dari laut pesisir, laut lepas, teluk dan selat. Indonesia juga mempunyai hak pengelolaan dan pemanfaatan ikan di zona ekonomi ekslusif (ZEE) sekitar 2,7 juta km² sehingga luas wilayah laut yang dapat dimanfaatkan sumber daya alam hayati dan non hayati di perairan yang luasnya sekitar 5,8 juta km² dengan potensi lestari sumber daya ikan sebesar 6,1 juta ton per tahun (DKP, 2005)

Maraknya tindakan illegal di dan atau lewat laut di perairan Indonesia sudah menjadi rahasia umum sejak lama. Banyaknya laporan, pengaduan, saran, dan caciannya hingga kutukan yang sudah dilontarkan berbagai pihak terhadap masalah itu. Kekayaan sumber daya alam hayati maupun mineral yang terkandung didalam perut lautan Indonesia tersebut sudah menjadi hal yang menggiurkan sejak jaman kolonial. Usaha-usaha eksplorasi dan eksloitasi untuk mengeruk

kekayaan sumber daya alam secara *illegal* tersebut tidak hanya dilakukan oleh orang pribumi tetapi warga negara asing pun ikut mengais juga.

Untuk mengatasi hal itu pengawasan atau patroli perairan laut pun harus sering dilakukan. Karena perairan Indonesia yang sangat luas, maka TNI –AL membagi armadanya menjadi dua yakni armada kawasan barat Indonesia (Armabar) dengan satu komando KOARMABAR dan armada kawasan timur Indonesia (Armatim) dengan sistem komando KOARMATIM. Demikian pula dengan wilayah operasinya yang dibagi menjadi dua yakni Indonesia Barat dan Indonesia Timur.

Dengan wilayah operasi Koarmatim yang luasnya 60 prosen dari wilayah Indonesia terbentang dari Tegal, Jawa Tengah sisi barat hingga Jayapura disisi timur, di utaranya Pulau Miangas dan di selatannya Merauke atau dari 111° BT sampai dengan 141° BT dan 6° LU sampai dengan 11° LS . Luasnya perairan yang harus dijaga serta banyaknya aktifitas yang terjadi di kawasan Indonesia Timur membuat Koarmatim bekerja keras untuk melaksanakan tugasnya. Semisal wilayah pantai utara Jawa yang sangat padat lalu lintas perairannya dikarenakan begitu banyak aktivitas, semisal pelayaran penumpang yang menghubungkan dari pulau Jawa dengan pulau-pulau lain yang berada di sebelah utara pantai Utara Jawa. Kapal barang pun ikut meramaikan perairan di Indonesia timur ini, baik pelayaran domestik maupun pelayaran internasional. Banyaknya pelabuhan kapal barang dan penumpang yang berstandart internasional yang ada di Pulau Jawa dan pulau lainnya secara tidak langsung menambah tuntutan pengawasan keamanan di perairan ini. Belum lagi jumlah kapal-kapal ikan yang beroperasi dari berbagai pelabuhan ikan yang ada di pantai pulau kawasan Indonesia Timur. Atau bahkan

aktifitas kapal penangkap ikan di sekitar lautan Arafuru misalnya, sudah terdapat ribuan kapal yang beroperasi di sana, dan dari jumlah tersebut 40 hingga 60 prosennya adalah kapal-kapal yang secara tidak sah melakukan usaha alias illegal, ironisnya lagi kapal-kapal tersebut adalah kapal ikan berbendera Indonesia yang sebagian atau seluruhnya diawaki oleh warga negara asing (Koarmatim, 2006).

Selain dari TNI AL, patroli juga dilakukan oleh Kepolisian Negara (POLRI), Kejaksaan, Kehakiman, Bea dan Cukai, Keimigrasian, Departemen Kehutanan dan Departemen Perikanan dibawah satu koordinasi Badan Koordinasi Keamanan Laut (Bakorkamla). Bakorkamla ini merupakan badan bentukan pemerintah yang menangani tindak pelanggaran di laut . Badan ini hanya bersifat koordinasi bukan sebagai garis komando. Sayangnya Bakorkamla yang dibentuk pemerintah seakan tidak berdaya ketika terjadi terjadi penanganan terhadap tindakan *illegal* dan akhirnya dijatuhi hukuman yang tidak menjadikan jera untuk melakukan kesalahan yang sama.

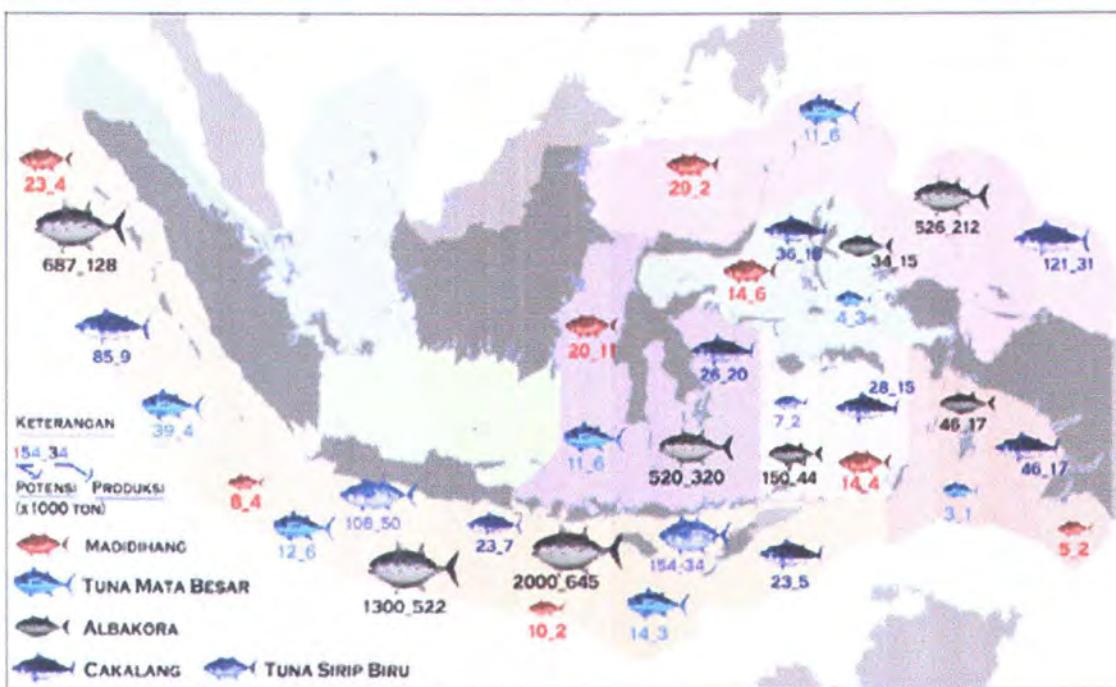
3.2. Kondisi dan Potensi

3.2.1. Potensi 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 daerah 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.

Menurut data Dinas Kelautan dan Perikanan, daerah-daerah di perairan Indonesia Timur ini umumnya mempunyai sumber daya ikan yang cukup besar, bahkan melebihi sumber daya ikan di perairan Indonesia kawasan barat (lihat Gambar 3.1). Hal ini juga disebabkan oleh luasnya perairan Indonesia Timur itu sendiri. Selain itu, banyaknya terumbu karang sebagai habitat dan sumber makan bagi ikan didaerah Sulawesi, Papua serta Maluku menjadi salah satu faktor yang menyebabkan jumlah ikan yang semakin besar. Banyaknya potensi sumber daya alam ini, haruslah dimanfaatkan sebaik mungkin oleh nelayan-nelayan lokal. Bukan oleh kapal penangkap ikan dari asing dengan jarak jelajah yang lebih jauh serta dengan teknologi tinggi yang melihat peluang emas ini dan menghabiskan potensi laut Indonesia ini. Untuk itu peran dari aparat keamanan untuk menjaga perairan Indonesia bagian timur ini diperlukan.



Gambar 3.1. Potensi perikanan diseluruh Indonesia

(Dinas Kelautan dan Perikanan Indonesia, 2005).

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 (hw) : 3.95 m
- Kecepatan Gelombang (Vw) : 6.21 m/s
- Panjang Gelombang (Lw) : 24.786 m
- Periode Gelombang (Tw) : 2.98 sec

Tabel III.1 Data kecepatan, arah angin dan karakteristik perairan di kepulauan Indonesia.

Data kecepatan, arah angin dan karakteristik perairan di kepulauan Indonesia

Data diambil saat kondisi cuaca buruk (Juli 2005)

POSITION TO TRANSVERSE LINE AND LONGITUDINAL LINE	Wind Speed (knot)	Wind Direction	Wave Height	Wave Speed	Wave length	Wave Period
			h_w (m)	V_w (m/s)	L_w (m)	T_w (sec)
90° - 95° BT, 5° - 10° LS	10	North West	0,723	2,662	4,540	1,71
95° - 100° BT, 5° - 10° LS	5	North East	0,248	1,559	1,556	1,00
100° - 105° BT, 5° - 10° LS	10	North	0,723	2,662	4,540	1,71
105° - 110° BT, 5° - 10° LS	15	North	1,352	3,642	8,494	2,33
110° - 115° BT, 5° - 10° LS	20	North	2,108	4,548	13,248	2,91
115° - 120° BT, 5° - 10° LS	25	North	2,976	5,404	18,701	3,46
120° - 125° BT, 5° - 10° LS	25	North	2,976	5,404	18,701	3,46
125° - 130° BT, 5° - 10° LS	30	North	3,945	6,221	24,786	3,98
130° - 135° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
135° - 140° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
140° - 145° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
145° - 150° BT, 5° - 10° LS	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98

Sumber : Badan Meteorologi Dan Geofisika Wilayah III

Data kecepatan, arah angin dan karakteristik perairan di kepulauan Indonesia
 Data diambil saat kondisi cuaca buruk (Juli 2005)

POSITION TO TRANSVERSE LINE AND LONGITUDINAL LINE	Wind Speed	Wind Direction	Wave Height	Wave Speed	Wave length	Wave Period
	(knot)		h_w (m)	V_w (m/s)	L_w (m)	T_w (sec)
90° - 95° BT, 5° - 0° LU	15	North West	1,352	3,642	8,494	2,33
	10	North	0,723	2,662	4,540	1,71
	5	West	0,248	1,559	1,556	1,00
	5	West	0,248	1,559	1,556	1,00
	5	South West	0,248	1,559	1,556	1,00
	5	South	0,248	1,559	1,556	1,00
	10	South West	0,723	2,662	4,540	1,71
	15	West	1,352	3,642	8,494	2,33
	10	West	0,723	2,662	4,540	1,71
	10	South West	0,723	2,662	4,540	1,71
	10	South	0,723	2,662	4,540	1,71
	10	South West	0,723	2,662	4,540	1,71

Sumber : Badan Meteorologi Dan Geofisika Wilayah III



Data kecepatan, arah angin dan karakteristik perairan di kepulauan Indonesia
 Data diambil saat kondisi cuaca buruk (Juli 2005)

POSITION TO TRANSVERSE LINE AND LONGITUDINAL LINE	Wind Speed	Wind Direction	Wave Height	Wave Speed	Wave length	Wave Period
	(knot)		h_w (m)	V_w (m/s)	L_w (m)	T_w (sec)
90° - 95° BT, 0° - 5° LS	15	South	1,352	3,642	8,494	2,33
	5	South East	0,248	1,559	1,556	1,00
	5	North East	0,248	1,559	1,556	1,00
	10	North	0,723	2,662	4,540	1,71
	15	North	1,352	3,642	8,494	2,33
	20	North	2,108	4,548	13,248	2,91
	25	North	2,976	5,404	18,701	3,46
	25	North East	2,976	5,404	18,701	3,46
	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98
	30	North East	3,945	6,221	24,786	3,98

Sumber : Badan Meteorologi Dan Geofisika Wilayah III

3.3. Jumlah Armada Kapal Perang Koarmatim

Sebagai mana tertuang dalam UU No. 34 tentang TNI, maka TNI AL sebagai alat pertahanan negara di laut yang sangat berkompeten, haruslah memiliki armada kapal untuk menunjang hal itu. Komando Armada Timur memiliki kapal perang yang terdiri dari :

1. Kapal Tempur.

Kapal tempur mempunyai tugas pokok untuk digunakan bertempur. Kapal tempur Koarmatim terdiri dari :

- Satuan Kapal Eskorta (Satkor) yang terdiri dari 5 kapal *corvet* buatan Belanda dan 3 kapal *Frigate* buatan Belanda.
- Satuan Kapal Cepat (Satkat) yang terdiri dari 5 kapal cepat rudal buatan Korea dan PT.PAL (Indonesia).
- Satuan Patroli (Satrol) yang terdiri dari 5 buah kapal cepat patroli buatan PT.PAL, 7 buah kapal *parchim* buatan Rusia dan Jerman Timur.
- Satuan Kapal Ranjau (Satran) yang terdiri dari 4 kapal penyapu ranjau buatan Perancis dan Rusia.
- Satuan Kapal Selam yang terdiri dari 2 kapal selam.

2. Kapal Bantu.

Selain kapal tempur, Koarmatim juga memiliki kapal bantu untuk menunjang dari kapal tempur dalam melakukan tugasnya. Berikut ini adalah kapal bantu yang ada di Koarmatim :

- Satuan kapal amphibi (Satfib) yang terdiri dari 9 buah kapal *LST* (*Landing Ship Tank*) buatan Korea Selatan dan Jerman Timur.

- Satuan kapal bantu (Satban) yang terdiri dari tiga buah kapal tanker, satu buah kapal tunda, dan satu buah kapal latih.

Jumlah armada kapal perang yang ada dapat dilihat dalam tabel di bawah, dengan perincian :

Tabel III.2. Jumlah armada kapal perang milik Armada Timur RI

Data s/d 2006

**SATUAN ESKORTA (SATKOR)
ARMADA TIMUR**

KAPAL FRIGATE

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI AHMAD YANI	Belanda
2	KRI SELAMET RIYADI	Belanda
3	KRI YOS SUDARSO	Belanda
4	KRI ABDUL HALIM PERDANA KUSUMA	Belanda
5	KRI KAREL SATSUIT TUBUN	Belanda

KAPAL KORVET

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI FATAHILLAH	Belanda
2	KRI MALAHAYATI	Belanda
3	KRI NALA	Yugoslavia
4	KRI KI HAJAR DEWANTARA	Yugoslavia

**SATUAN PATROLI (SATROL)
ARMADA TIMUR**

KAPAL PATROLI CEPAT

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI TONGKOL	Indonesia
2	KRI SURA	Indonesia
3	KRI PANDRONG	Indonesia
4	KRI KERAPU	Indonesia
5	KRI HIU	Indonesia

KAPAL PARCHIM

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI UNTUNG SUROPATI	Jerman Timur
2	KRI NUKU	Jerman Timur
3	KRI LAMBUNG AMANGKURAT	Rusia
4	KRI SUTANTO	Rusia
5	KRI CIPTADI	Rusia

SATUAN KAPAL CEPAT (SATKAT) ARMADA TIMUR

KAPAL CEPAT RUDAL

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI BADIK	Korea
2	KRI KERIS	Korea
3	KRI MANDAU	Korea
4	KRI RENCONG	Korea
5	KRI SINGA	Indonesia

SATUAN RANJAU (SATRAN) ARMADA TIMUR

KAPAL PENYAPU RANJAU

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI PULAU RENGAT	Perancis
2	KRI RUPAT	Perancis
3	KRI RAAS	Perancis
4	KRI RIMAU	Perancis

KAPAL SELAM

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI CAKRA	-
2	KRI NANGGALA	-



SATUAN KAPAL AMPHIBI (SATFIB) ARMADA TIMUR

KAPAL LST (LANDING SHIP TANK)

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI TELUK SEMANGKA	Korea
2	KRI TELUK PENYU	Korea
3	KRI TELUK MINDAR	Korea
4	KRI TELUK SAMPIT	Korea
5	KRI TELUK BANTEN	Korea
6	KRI TELUK ENOE	Korea
7	KRI TELUK JAKARTA	Jerman Timur
8	KRI TELUK CENDRAWASIH	Jerman Timur

SATUAN KAPAL BANTU (SATBAN) ARMADA TIMUR

KAPAL TANKER

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI ARUN	-
2	KRI SORONG	-
3	KRI SUNGAI BERANG	-
4	KRI SOMBU	-

KAPAL TUNDA

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI SOPUTAN	-

KAPAL LATIH

No	Nama Kapal	Negara pembuat
1	KRI DEWA RUCI	-

Sumber : Koarmatim

Dari jumlah armada patroli yang beroperasi seperti diatas, kita dapat menyimpulkan bahwa jumlah kapal perang yang dimiliki TNI AL masih sedikit dibanding luas perairan Indonesia Timur yang mencapai 60 prosen dari wilayah Indonesia. terbilang cukup besar. Tetapi dengan semangat pengabdian kepada negara, tugas mengamankan perairan negara pun harus dijalankan.

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Ukuran Utama Kapal

Design Requirment dalam tugas akhir ini adalah kecepatan maksimum karena kecepatan maksimum merupakan unsur penting kapal patroli. Dari survey, didapat bahwa kecepatan maksimum kapal patroli Indonesia adalah 30 knot, sehingga penulis mencari kapal patroli catamaran dengan kecepatan maksimum mendekati 30 knot sebagai kapal pembanding. Adapun data kapal pembanding yang diperoleh dari internet dan majalah disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Daftar Kapal Pembanding.

	Loa (m)	B (m)	T (m)	H (m)	Vmaks knot
1	29.3	8.15	2.75	4.26	29
2	32.24	12.3	1.95	5.58	33
3	28.21	14.2	3.8	3.9	23
4	39.8	15.6	4.4	4.25	27
5	31.2	9.75	1.8	3.35	30
6	33.5	8.35	1.58	3.82	27
7	30.25	10.23	2.5	4.28	28
8	35.88	11.26	2.35	5.24	23
9	28.5	10.6	3.2	3.24	28
10	36.36	12.5	2.8	6.58	27



4.1.1. Design Variable

Dalam proses optimasi, harga-harga variabel yang akan dicari meliputi ukuran utama kapal 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 kapal pembanding yang diperoleh dari majalah RINA, *Warship Technology* 2005 yang mempunyai kecepatan maksimum 30 knot dengan data sebagai berikut:

- *Type* : Catamaran Fast Patrol Boat
- *Years* : 2005
- *Length* : 31.2 m
- *Breadht (B)* : 9.75 m
- *Depth (H)* : 3.35 m
- *Draft (T)* : 1.8 m
- *Hull* : steel
- *Vmax* : 30 knot

4.1.2. 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 kapal pembanding yang ada. Berikut ini adalah batasan-batasan yang digunakan :

- Rasio ukuran utama untuk kapal *catamaran* yaitu:

- L/B_1 : $7.00 \sim 11.00$
- S/L : $0.2 \sim 0.5$
- B_1/T : $1.00 \sim 3.00$
- B_1/H : $1.00 \sim 4.00$
- L/H : $6.00 \sim 11.00$
- S/B_1 : $2.0 \sim 5.0$
- H/T : $1.2 \sim 2.00$
- $\frac{V}{\sqrt{L}}$: $0.80 \sim 3.00$
- F_n : $0.7 \sim 1.0$.
- L_{pp} : $28.5 \sim 39.8$
- B_{mld} : $8.15 \sim 15.6$
- H_{mld} : $3.35 \sim 6.58$
- T : $1.8 \sim 4.4$

4.1.3. Fungsi Objektif

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

Objective func = min (total Cost pembangunan kapal).

Total cost = Fixed cost + Variable cost.

1. *Fixed cost* terdiri dari:

- Investasi awal (biaya pembangunan kapal), terdiri dari:
 - Biaya pengrajin lambung kapal

Biaya penggerjaan lambung kapal dihitung dengan menggunakan metode Watson sehingga di dapat biaya penggerjaan lambung adalah sebesar \$230.553,94.

- Biaya *Outfitting* dan *Equipment*

Demikian juga dengan biaya *outfitting* yang didapat dari membaca grafik dan kemudian dibuat persamaannya dan menghitungnya sehingga didapat biaya adalah sebesar \$3.104,03.

- Biaya permesinan

Biaya *machinery* (permesinan) dihitung dengan menggunakan fungsi berat dari permesinan yakni sebesar \$756.266,48. Harga-harga ini sudah termasuk biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead

2. ***Variable cost*** terdiri dari:

- Biaya bahan bakar

Harga untuk tiap 1 liter solar sebesar Rp 4300,00/liter, pemakaian bahan bakar sebesar 0.19 kg/HP/jam, sedangkan $1 \text{ m}^3 = 0.85 \text{ ton}$

Biaya bahan bakar dalam satu tahun adalah:

$0.19 \text{ kg/HP/jam}/0.85 \times \text{BHP} \times \text{jam dalam 1 trip} \times \text{banyaknya trip dalam 1 tahun} \times \text{harga solar tiap liternya.}$

- Biaya pelumas

Harga untuk tiap 1 liter minyak lumas sebesar Rp 20,000,00/liter, pemakaian minyak lumas ($0.01 - 0.03$) x kebutuhan bahan baker.

Jadi biaya minyak lumas dalam satu tahun adalah:

$0.03 \times \text{Kebutuhan bahan bakar} \times \text{Harga minyak lumas/liter}$.

- Biaya air tawar

Harga 1 liter air tawar rata-rata Rp 500.00/liter, sedangkan Kebutuhan air tawar 15 liter/person/hari, jadi:

Biaya air tawar = 15 liter/person/hari \times hari dalam 1 trip \times banyaknya trip dalam 1 tahun \times harga 1 liter air tawar.

4.2. Model Optimasi

Model optimasi adalah suatu model atau pernyataan atau penggambaran dari persamaan-persamaan matematis yang ada untuk memecahkan masalah matematis. 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 variable 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:

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

Dengan batasan:

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

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

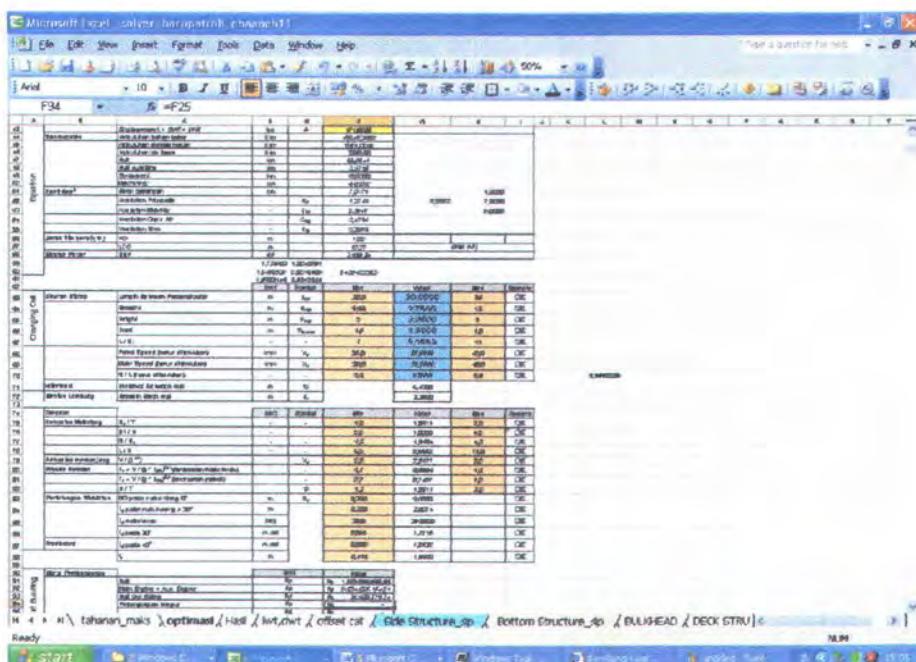
dimana X adalah design vector dengan x_1, x_2, \dots, x_n adalah *design variabel*, $f(X)$ adalah *objective function* dan $g_j(X)$ dan $I_j(X)$ adalah konstrain pertidaksamaan dan persamaan. Masalah diatas disebut *Constrained Optimization Problem*.

Fungsi objektif yang dipakai disini adalah meminimalkan biaya pembangunan kapal (biaya investasi). Berdasar beberapa klasifikasi masalah optimasi, metode *Generalized Reduced Gradient* merupakan pemrograman *non linier* dengan *constraints*. Program optimasi ini dijalankan dengan bantuan

Software Microsoft Excel dimana pemecahan masalahnya (*solver*) memakai metode *Generalized Reduced Gradient* (GRG).

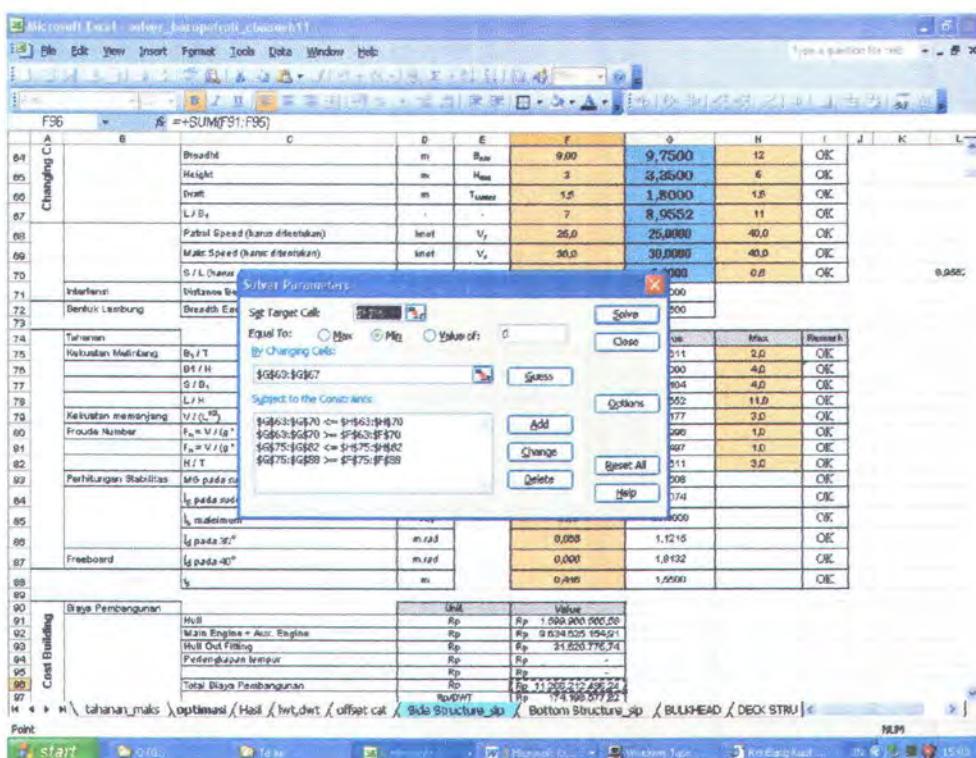
SOLVER dapat menangani masalah yang melibatkan banyak sel variabel dan membantu mencari beberapa kombinasi variabel untuk meminimalkan atau memaksimalkan satu sel target. Adapun langkah-langkah penggerjaannya sebagai berikut:

- Pembuatan model optimasi yang dibuat dengan menggunakan Microsoft Excel 2003, model optimasi tersebut harus meliputi : *changing cell* yang akan dicari hasilnya, *variables* yang akan dicari nilainya, *constraints* yang membatasi *variable-variable* yang ada dan *objective function* yang akan dicari nilainya (max atau min) seperti pada dibawah ini. Penentuan *objective function*, *constraints*, *parameter* dan lain sebagainya sudah di jelaskan pada sub bab sebelumnya.



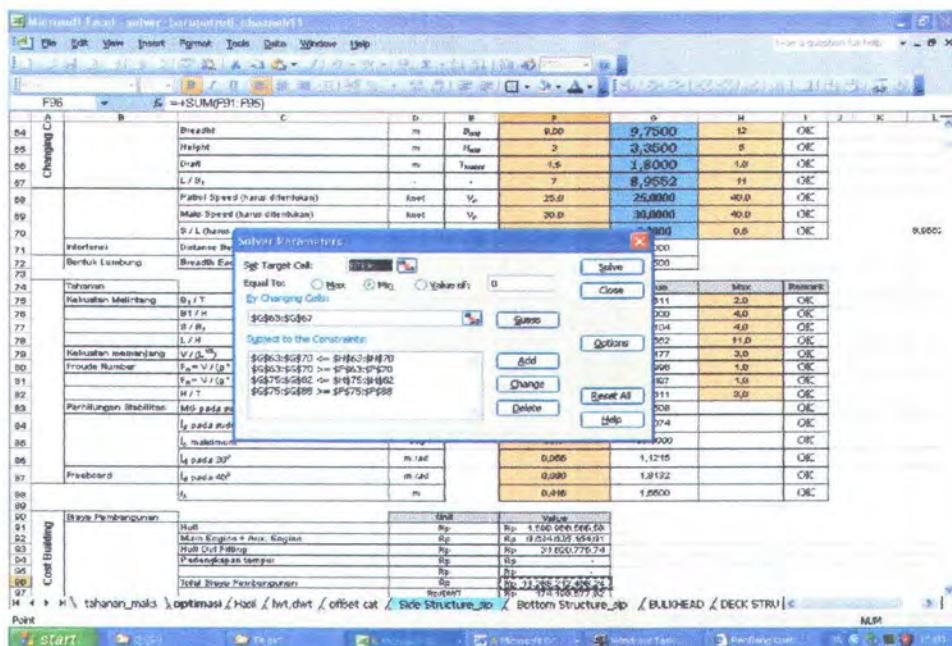
Gambar 4.1. Model optimasi kapal patroli cepat catamaran.

- Untuk membuka solver, kita memilih *tools* pada menu bar, lalu pilih *add-Ins*, kemudian kita pilih *solver*, setelah itu maka akan muncul tampilan parameter *solver* yang berisi seperti Gambar 4.3. Dalam tampilan tersebut terlihat beberapa parameter diantaranya adalah set target cell, by changing cell, constraints, dan beberapa pilihan lainnya yang harus disesuaikan dengan model optimasinya.



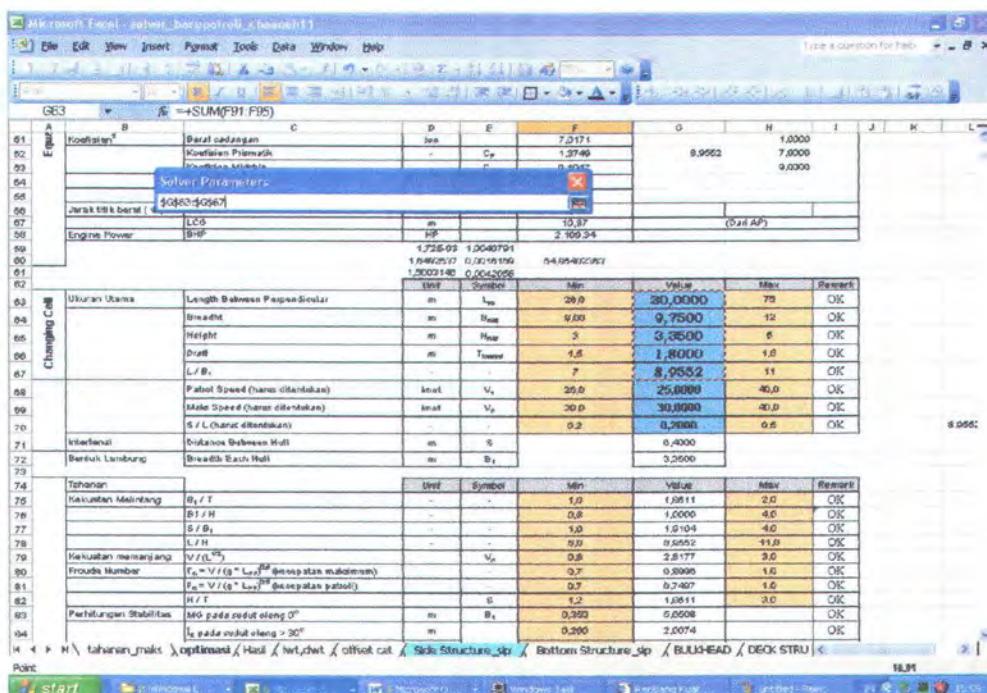
Gambar 4.2. Tampilan solver parameter pada program Microsoft excel..

- Penentuan *cell target* yang dimasukkan nilai fungsi objektif (nilai yang akan diminimalkan atau dimaksimalkan) dan pada daerah *equal to* kita pilih min (karena penulis ingin optimasi kali ini meminimalkan biaya operasional).



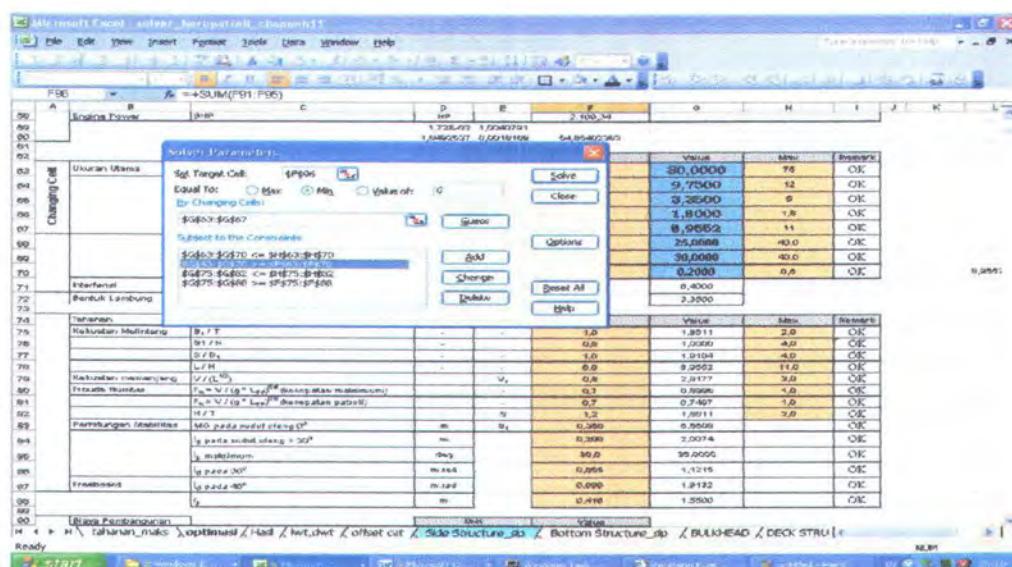
Gambar 4.3. Tampilan solver parameter dengan *target cell*.

- Pada *By Changing Cell*, dipilih *variable* yang akan dicari pada model optimasi dengan memblok sel *variable*. Dalam hal ini, penulis ingin merubah ukuran utama kapal agar menjadi lebih optimum.



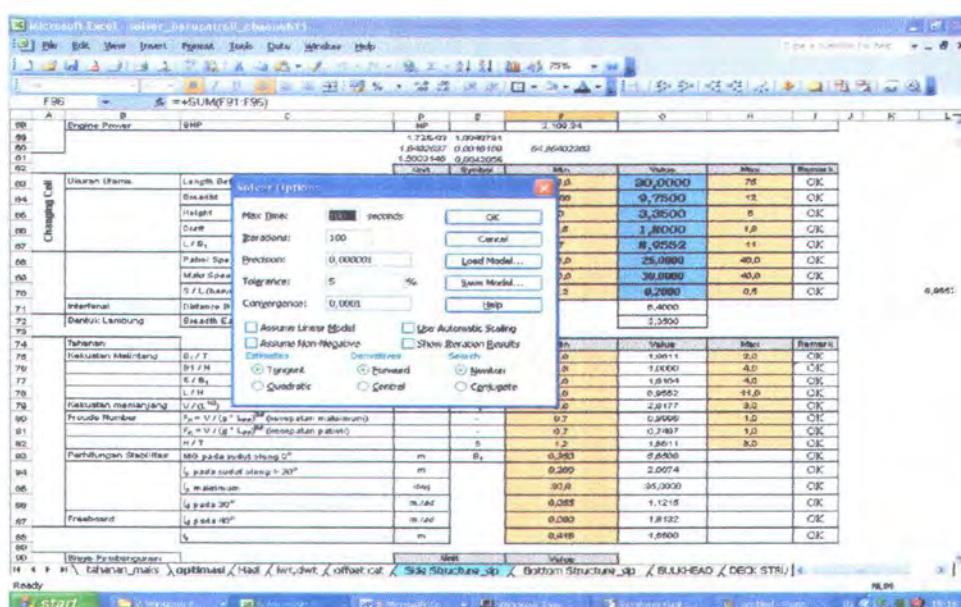
Gambar 4.4. Tampilan solver parameter dengan *changing cell*.

- Dengan menekan tombol add pada solver parameter *constraints*, dimasukkan nilai batasan yang sesuai yaitu kurang dari sama dengan (\leq), lebih dari sama dengan (\geq) atau sama dengan ($=$):



Gambar 4.5. Tampilan solver parameter dengan *constraints*.

- Setelah itu tekan tombol *option* untuk melihat nilai *max time*, *iterations*, *precision*, *tolerance*, *convergence*, sebelum program ini di *run*, dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.6. Tampilan solver parameter dengan melihat solver option.

4.3. Penggambaran rencana garis

Lambung kapal ini mengacu pada bentuk lambung kapal dari makalah M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc, Ph.D., C.Eng. yaitu berbentuk *Round Bilge*. Selain itu, dalam hal *slamming* bentuk lambung ini lebih baik daripada tipe lainnya semisal tipe *planing*. Selain itu perhitungan hambatan kapal *catamaran* dengan bentuk *body plan* selain *Round Bilge Hull* belum dilakukan. Rencana garis ini digambar dengan bantuan *Software Maxsurf dan Autocad*. Bentuk lambung kapal didapat dengan melakukan *normalisasi* dari lambung kapal pembanding yang digunakan sebagai *Initial value*.

Gambar rencana garis kapal ini yang dihasilkan dapat dilihat pada lampiran.

4.4. Perencanaan hydrostatik dan bounjean

1. Lengkungan hidrostatik

Lengkungan hidrostatik sebuah gambar kurva yang menggambarkan sifat-sifat badan kapal yang tercelup didalam air, atau untuk mengetahui sifat-sifat carena.

Lengkung-lengkung hidrostatik digambar sampai sarat penuh dan tidak berlaku untuk kapal dalam kondisi trim. Gambar hidrostatik mempunyai 19 lengkungan yang masing-masing menggambarkan sifat-sifat kapal yang terbenam di dalam air, lengkung-lengkung tersebut adalah:

1. Water Plane Area (WPA)

WPA adalah luas bidang garis air yang telah kita rencanakan dalam lines plan dari tiap-tiap water line. Kemungkinan-

kemungkinan bentuk WPA ditinjau dari bentuk alas kapal antara lain:

- Untuk kapal dengan rise of floor, pada 0 mWL luas garis air adalah nol. Karena luasan water line pada 0 m hanya berupa garis lurus (base line), sehingga lengkung WPA dimulai dari titik nol (0,0)
- Untuk kapal tanpa rise of floor, pada 0mWL ada luasan yang terbentuk pada garis dasar sehingga luas garis air tidak sama dengan nol.

$$WPA = 132.5 \text{ m}^2$$

2. Coefficient of water line (Cwl)

Cwl adalah nilai perbandingan antara luas bidang garis air tiap water line dengan sebuah segi empat dengan panjang L dan B. Cwl dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Cwl = \frac{WPA}{LxB} = 0.78$$

3. Ton per Centimeter Immersion (TPC)

TPC adalah jumlah ton yang diperlukan untuk mengadakan perubahan sarat kapal sebesar 1 cm. Bila kita menganggap tidak ada perubahan luas garis air pada perubahan sarat sebesar 1 cm. Jika kapal ditenggelamkan sebesar 1cm, maka perubahan volume adalah hasil kali luas garis air dengan tebal pelat pada garis air tersebut. Dengan demikian penambahan volume dan berat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Penambahan volume} = t \times WPA (\text{m}^3)$$

Penambahan berat = t x WPA x 1.025 = 1.358 (ton)

4. Midship Sectional Area (MSA)

MSA adalah luas moulded kapal pada section midship untuk tiap-tiap sarat kapal.

$$\text{MSA} = 13.8452 \text{ m}^2$$

5. Midship Coefficient (Cm)

Cm adalah perbandingan luas penampang midship kapal dengan luas suatu penampang dengan lebar B dan tinggi T untuk tiap water line.

$$C_m = \frac{MSA}{B \times T} = 0.701$$

6. Block Coefficient (Cb)

Cb adalah perbandingan isi careen dengan balok dengan panjang L, lebar b, dan tinggi T. Dengan demikian Cb dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_b = \frac{\nabla}{L \times B \times T} = 0.434$$

7. Transverse Center of Buoyancy to Metacenter (TBM)

TBM adalah jarak titik tekan buoyancy (gaya tekan keatas) secara melintang terhadap titik metacentra, satuannya dalam meter (m).

8. Prismatic Coefficient (Cp)

Cp adalah perbandingan volume careen dengan volume prisma dengan luas penampang midship kapal dan panjang L. dengan perhitungan lebih lanjut Cp dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_p = \frac{\nabla}{MSAxL} = \frac{Cb}{Cm} = 0.7$$

9. Moment to Change Trim One Centimeter (MTC)

MTC adalah momen yang diperlukan untuk mengadakan trim sebesar 1 cm, satuannya dalam ton meter. Secara matematis MTC dirumuskan sebagai berikut:

$$MTC = \frac{LBMx\Delta}{100xLpp} = 2.468 \text{ tonm}$$

10. Displacement due to One Centimeter of Trim by Stern (DDT)

DDT adalah besarnya perubahan displacement kapal yang diakibatkan oleh perubahan trim kapal sebesar 1 cm. Perumusan DDT adalah sebagai berikut:

11. Displacement (Δ)

Displasemen adalah berat air laut yang dipindahkan karena adanya volume badan kapal yang tercelup ke dalam air termasuk juga akibat tambahan adanya pelat karene. Jadi displasemen disini adalah penjumlahan dari displasemen moulded dengan shell displacement.

$$\Delta = 144 \text{ ton}$$

12. Moulded Displacement ($\Delta_{moulded}$)

Moulded displacement adalah berat air laut yang dipindahkan karena adanya volume karene tanpa kulit. Nilai ini didapat dari perkalian volume karene dengan berat jenis air laut yaitu 1.025

13. Wetted Surface Area (WSA)

WSA adalah luas permukaan badan kapal yang tercelup dalam air pada setiap water linenya. WSA didapat dari jumlah perkalian *half girth* dengan factor luas pada setiap station dan setiap water linenya.

$$\text{WSA} = 243.78 \text{ m}^2$$

14. Shell Displacement

Shell displacement adalah berat air laut yang dipindahkan karena adanya kulit/pelat pada karene. Semua satuan displasemen dalam ton.

15. Longitudinal Center of Buoyancy to Metacenter (LBM)

LBM adalah jarak titik tekan buoyancy secara memanjang terhadap titik metacentra. Satuannya dalam meter.

16. Longitudinal Keel to Metacenter (LKM)

LKM adalah letak metacentra memanjang lunas kapal untuk tiap-tiap sarat kapal. Satuannya dalam meter. LKM didapat dari penjumlahan LBM dengan KB.

$$\text{LKM} = 55.34 \text{ m}$$

17. Longitudinal Center of Buoyancy (Lcb)

Lcb adalah jarak titik tekan buoyancy terhadap penampang midship kapal untuk setiap sarat kapal. Satuannya dalam meter. Tanda (-) dan positif (+) menunjukkan letaknya ada didepan midship (+) dan di belakang midship (-).

18. Longitudinal Center of Flotation (Lcf)

Lcf adalah jarak titik berat garis air terhadap penampang tengah kapal untuk setiap sarat kapal. Satuannya adalah meter. Tanda (-) dan positif (+) menunjukkan letaknya ada didepan midship (+) dan di belakang midship (-).

19. Keel to Center of Buoyancy (KB)

KB adalah jarak titik tekan buoyancy ke lunas kapal. Satuannya dalam meter (m)

$$KB = 1.24 \text{ m}$$

20. Transverse Keel to Metacenter (TKM)

TKM adalah letak titik metacentra melintang terhadap luasan kapal untuk tiap-tiap water lininya. Satuannya dalam meter.

2. Lengkungan bonjean

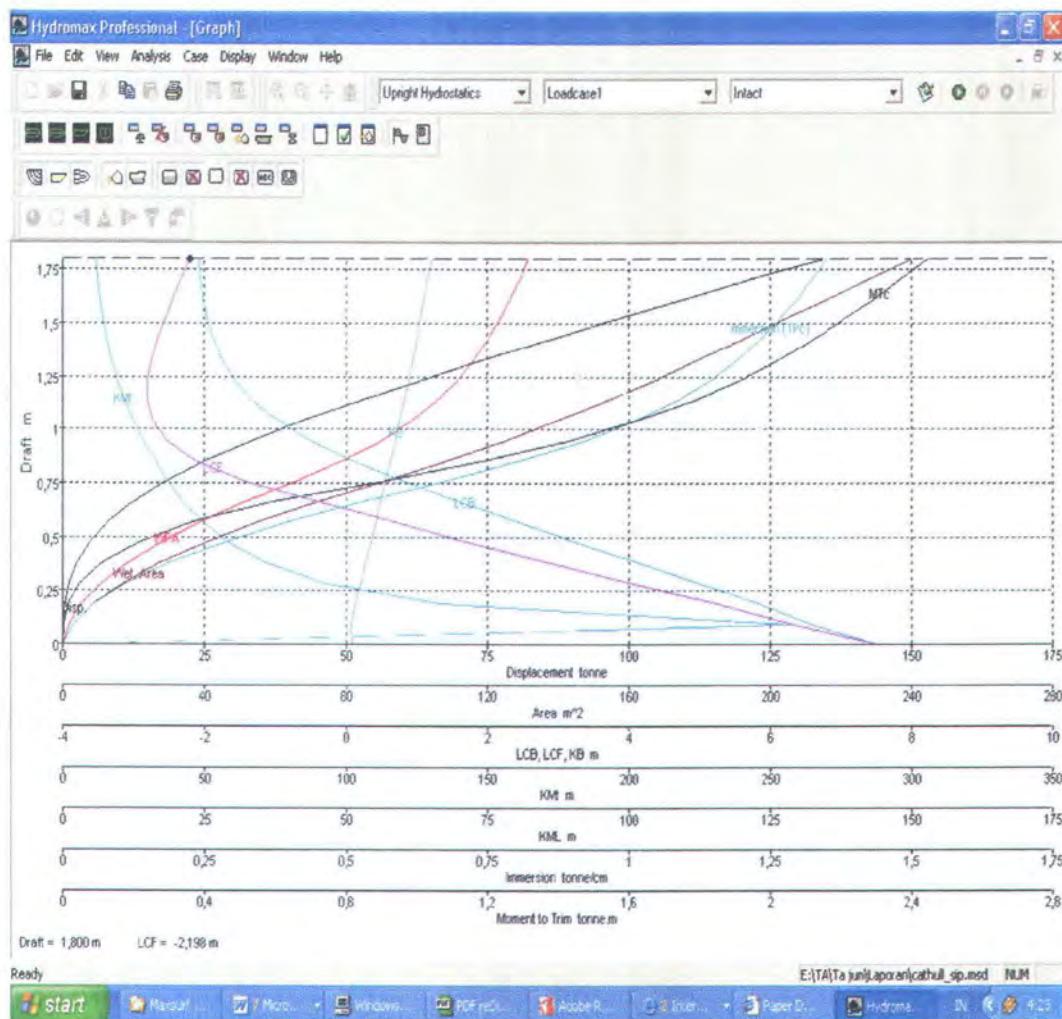
Lengkungan bonjean adalah kurva/grafik yang menunjukkan luas station sebagai fungsi sarat. Bentuk lengkungan ini mula-mula diperkenalkan oleh seorang sarjana dari Perancis yang bernama Bonjean pada abad ke-19.

Jadi untuk menghitung luas station sampai setinggi sarat yang diinginkan dapat dibaca pada lengkung-lengkung bonjean dengan menarik garis mendatar hingga memotong lengkung bonjean pada station dan sarat yang diinginkan..

Lengkungan bonjean berfungsi untuk mendapatkan volume dan displacemen tanpa kulit pada setiap sarat yang diinginkan, baik

kapal dalam keadaan even-keel maupun trim dan juga pada saat kapal terkena gelombang.

Proses penggeraan dan hasil dari dan bonjean secara lengkap dapat dilihat pada *lampiran*. Sebagai pembanding penulis menggambar kurva-kurva hidrostatis dengan Software *Hidromax* disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar. 4.9. Kurva hidrostatis yang dihasilkan oleh software Hydromax.

4.5. Penggambaran Rencana umum (*General Arrangement*)

Setelah penggambaran rencana garis (*lines plan*) selesai selanjutnya dilakukan penggambaran rencana umum. Langkah-langkah penggerjaannya sebagai berikut:

4.5.1. Perhitungan hambatan Total (Rt)

Komponen hambatan yang dialami oleh katamaran lebih komplek daripada *monohull*, dikarenakan oleh adanya efek interferensi antar lambungnya.

Dari makalah M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc, Ph.D., C.Eng, 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 = *Friction Resistance*

τ = *Catamaran Wave Resistance Interference*

C_W = *Wave Resistance*

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

Nilai-nilai yang diperoleh adalah harga dari percobaan "model C₅" dengan bentuk lambung *Round Bilge Hull* (RBH) disajikan pada Tabel 4.2.

- *Viscous Resistance (C_F)*

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



$$R = \frac{V^* L_{WL}}{\nu} ;$$

$$C_F = 1,77E-03$$

 Tabel 4.2. Ukuran Model Towing Test C₅ Round Bilge Hull

Model	C ₅
L (m) =	1.6
L / B =	11
B / T =	2
L / V ^{1/3} =	8.479
C _B =	0.397
C _P =	0.693
C _M =	0.565
A (m ²) =	0.276
LCB Φ (m) =	-6.4

- *Catamaran Viscous Resisance Interference (1 + βk)*

Untuk model dengan bentuk RBH maka harga (1 + βk) dapat dilakukan interpolasi harga β dari 3 model yang diperoleh oleh Insel-Molland seperti pada Tabel 4.3. Dari interpolasi tersebut didapatkan nilai β sebesar 2,2685 dan nilai faktor bentuk dengan tipe C5 yakni sebesar 1,17. Sehingga nilai (1 + βk) dapat dihitung dengan rumus berikut

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

$$(1 + \beta k) = 11,3856.$$

Tabel 4.3. Harga β untuk katamaran terhadap S/L dan L/B₁.

S/L					
	1.0	2.0	3.0	4.0	L / B ₁
B	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

Harga faktor bentuk untuk monohull dengan "tipe C₅" (1 + k):

Tabel 4.4. Harga (i+k) untuk monohull terhadap L/B₁.

L / B ₁	7	9	11
(1 + k)	1.45	1.3	1.17

- Catamaran Wave Resisance Interference (τ)

Untuk model kapal dengan bentuk RBH maka harga (τ) dapat dilakukan dengan cara beberapa penginterpolasian disesuaikan dengan S/L, Fn, dan L/B pada Tabel 4.5. Sehingga harga (τ) didapatkan sebesar 1,1943.

Tabel 4.5. Harga τ untuk katamaran terhadap Fn dan S/L.

	(S/L)					L/B	(S/L)					L/B
	Fn	0,70	0,80	0,90	1,00		Fn	0,70	0,80	0,90	1,00	
τ	1,3	1,15	1,15	1,2	7	7	1,02	0,9	0,9	0,8	7	9
	1,25	1,2	1	1,23	9		1,05	1	0,9	0,9	9	
	1,2	1,1	1,2	1,05	11		1,15	1,2	1,35	1,4	11	

	(S/L)					L/B	(S/L)					L/B
	Fn	0,70	0,80	0,90	1,00		Fn	0,70	0,80	0,90	1,00	
τ	1,13	1,13	1,13	1,12	7	7	1,08	1,05	1,05	1,1	7	9
	1,15	1,12	1,13	1,12	9		1,08	1,2	1,1	1	9	
	1,15	1	0,95	1,12	11		0,98	1,25	1,15	1	11	

- *Wave Resistance (C_w)*

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

 Tabel 4.6. Harga C_w untuk katamaran terhadap Fn dan L/B.

C _w	Fn				L/B
	0,70	0,80	0,90	1,00	
C _w	0,0042	0,0037	0,0023	0,0022	7
	0,0022	0,0019	0,0016	0,0015	9
	0,0013	0,0010	0,0008	0,0008	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:

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

Dari perhitungan didapat tahanan sebesar 43,31 KN

4.5.2. Dasar Perhitungan *Powering* (Daya Mesin Kapal)

Setelah kita mendapatkan besar daya efektif dari kapal maka tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan efisiensi dari mesin yang digunakan sehingga dapat menghasilkan daya yang sesuai dengan kebutuhan.

$$EHP = R_t * V$$

$$EHP = 668,4201 \text{ kw}$$

$$\eta_{total} = \eta_H * \eta_O * \eta_{RR}$$

η_H : efisiensi badan kapal

η_O : efisiensi baling-baling yang terpasang pada bagian belakang kapal

η_{RR} : efisiensi relatif rotatif

Untuk memperoleh nilai-nilai efisiensi, dilakukan interpolasi

Langrange:

$$\eta_O, \eta_R, \eta_H \quad f(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} * f(x_0) + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} * f(x_1)$$

$$\eta_O \Rightarrow f(x_0) = 0.666$$

$$\eta_R \Rightarrow f(x_0) = 1.01$$

$$\eta_H \Rightarrow f(x_0) = 1.16$$

Perhitungan daya *delivery* dari mesin induk yang kita miliki adalah sbb:

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_{total}} = 1389,343 \text{ HP}$$

$$BHP = DHP + x\% DHP$$

(*x merupakan persentase yang di perhitungkan dengan mengacu pada peletakan mesin serta daerah pelayarannya.*)

Dari perhitungan didapat BHP sebesar 1681 HP.

4.5.3. Perhitungan 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. Δ_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 Δ_T dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta_T = \Delta_0 + ((A_0 + A_1)/2) F / 35$$

- Menentukan besar δ 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:

$$C_{PV''} = \frac{35\Delta_T}{A_2 B}$$

- 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:

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

- 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:

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

- 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:

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

- Menentukan besar GM_0 dengan rumus sebagai berikut:

$$GM_0 = KB_0 + B_0 M_0 - KG$$

- 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

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

Perhitungan Stabilitas disini membutuhkan data-data sebagai berikut:

- Lwl = 30.46 m
- Lebar kapal (B) = 9.65 m
- Sarat kapal (T) = 1.8 m
- Tinggi kapal (H) = 3.35 m
- Δ_0 (displacement kapal) = 255.64 ton
- L_d (Panjang bangunan atas) = 9.00 m
- d (Tinggi bangunan atas) = 1.8 m
- Koefisient block (Cb) = 0.38
- Coeficient Water line (Cw) = 0.9

Dengan data-data diatas, rumus-rumus dibawah ini dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$\Delta_T = \Delta_0 + (((A_0 + A_1)/2) \times F/35) = 762.30 \text{ Ton}$$

$$\delta = \frac{\Delta_T}{2} - \Delta_0 = 129.84 \text{ Ton}$$

$$Cw' = \frac{A_2}{LxD} = 0.98$$

$$Cw'' = Cw' - \frac{140\delta}{BxDxL} \times (1-CPV') = 0.84$$

$$Cx' = \frac{A_M + BxF}{BxD} = 0.68$$



$$C_{PV'} = \frac{35\Delta_T}{A_2 x B} = 0.72$$

$$GG' = KG' - KG = -0.312 \text{ ft}$$

$$KG = C_{KG} \times D_M, C_{KG} = 6.54 \text{ ft}$$

$$KG' = \frac{D(1-h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0} = 5.41, h_1 = 0.467,$$

$$f_1 = \frac{D(1 - (A_0 / A_1))}{2F(1 - C_{PV})} = 0.093$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0 = 3.04 \text{ ft}$$

$$KB_0 = (1 - h_0)H = 3.18 \text{ ft},$$

$$h_0 = 0.453$$

$$f_0 = H ((A_1/A_0)-1) = 0.08$$

$$G'B_{90} = \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} - \frac{17.5\delta^2}{\Delta_0(A_2 - 70(\delta/B)(1 - CPV''))} = 9.1$$

$$h_2 = 0.473 f_2 = 9.1(C_x' - 0.89) = 0.424$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG' = 14.31$$

$$B_0 M_0 = \frac{C_1 L B_w^3}{35\Delta_0} = 17.36, C_1 = 0.068, G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90} = -1.29$$

$$BM_{90} = \frac{C_1' LD^3}{35\Delta_0} + \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0} = 2.544,$$

$$C_1' = 0.048$$

$$GM_0 = KB_0 + B_0 M_0 - KG' = 1.57$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin\phi = 5.93, \phi = 30^\circ$$

$$G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi = 6.04$$

$$b_1 = \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} = 6.14$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} = 0.82$$

$$b_3 = \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B - G'B_0)}{8} = -0.24$$

Tabel 4.7. Tabel nilai GZ, Lstatis, L dinamis.

sin	1	↓	0,0000	0,0872	0,1736	0,2588	0,3420	0,4226	0,5000	0,5736	0,6428
sin	2	↓	0,0000	0,1736	0,3420	0,5000	0,6428	0,7660	0,8660	0,9397	0,9848
sin	4	↓	0,0000	0,3420	0,6428	0,8660	0,9848	0,9848	0,8660	0,6428	0,3420
sin	6	↓	0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000	-0,5000	-0,6660
GG' sin	1	↓	0,0000	-0,0264	-0,0528	-0,0783	-0,1035	-0,1279	-0,1513	-0,1736	-0,1945
b1 sin	2	↓	0,0000	1,0668	2,1008	3,0711	3,9481	4,7052	5,3193	5,7718	6,0489
b2 sin	4	↓	0,0000	0,3016	0,5669	0,7637	0,8685	0,8685	0,7637	0,5669	0,3016
b3 sin	6	↓	0,0000	-0,1248	-0,2161	-0,2495	-0,2161	-0,1248	0,0000	0,1248	0,2161
GZ			0,0000	1,2171	2,3990	3,5070	4,4970	5,3210	5,9317	6,2898	6,3721
heel angle			0	5	10	15	20	25	30	35	40
Lstatis [m]			0,0000	0,3710	0,7312	1,0689	1,3707	1,6218	1,8080	1,9171	1,9422
			0,0000	1,4838	0,7312	4,2757	1,3707	6,4874	1,8080	7,6685	1,9422
L _{dinamis}			0,0000	0,0322	0,0644	0,1250	0,1855	0,2333	0,2812	0,3067	0,3322
			0	0,0322	0,0966	0,2216	0,4071	0,6405	0,9217	1,2283	1,5605

			0	5	10	15	20	25	30	35	40	
sin	1	↓	0,7071	0,7660	0,8192	0,8660	0,9063	0,9397	0,9659	0,9848	0,9962	1,0000
sin	2	↓	1,0000	0,9648	0,9397	0,8660	0,7660	0,6428	0,5000	0,3420	0,1736	0,0000
sin	4	↓	0,0000	-0,3420	-0,6428	-0,8660	-0,9848	-0,9848	-0,8660	-0,6428	-0,3420	0,0000
sin	6	↓	-1,0000	-0,8660	-0,5000	0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000
GG' sin	1	↓	-0,2140	-0,2318	-0,2479	-0,2621	-0,2743	-0,2844	-0,2923	-0,2980	-0,3015	-0,3026
b1 sin	2	↓	6,1422	6,0489	5,7718	5,3193	4,7052	3,9481	3,0711	2,1008	1,0688	0,0000
b2 sin	4	↓	0,0000	-0,3016	-0,5669	-0,7637	-0,8685	-0,8685	-0,7637	-0,5669	-0,3016	0,0000
b3 sin	6	↓	0,2495	0,2161	0,1248	0,0000	-0,1248	-0,2161	-0,2495	-0,2161	-0,1248	0,0000
GZ			6,1777	5,7315	5,0818	4,2935	3,4377	2,5792	1,7655	1,0198	0,3387	-0,3026
heel angle			45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Lstatis [m]			1,8830	1,7470	1,5489	1,3067	1,0478	0,7861	0,5381	0,3108	0,1032	-0,0922
			7,5319	1,7470	6,1957	1,3067	4,1912	0,7861	2,1525	0,3108	0,4130	-0,0922
L _{dinamis}			0,3293	0,3264	0,2978	0,2691	0,2260	0,1829	0,1387	0,0945	0,0564	0,0184
			1,8898	2,2162	2,5139	2,7830	3,0090	3,1919	3,3306	3,4251	3,4815	3,4999

- Persyaratan stabilitas untuk kapal patroli cepat ini diambil dari ketentuan-ketentuan dari IMO yang ada yaitu :
 - Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng 0° untuk single deck: tidak boleh kurang dari 0,35 m

$$MG = 4.27 \text{ m}$$

- Lengan statis (GZ) pada sudut oleng lebih besar dari 30° tidak boleh kurang dari 0.20 m

$$GZ_{30} = 1.8 \text{ m}$$

- Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng sebaiknya lebih dari 30° dan tidak boleh kurang dari 25° .

$$GZ_{\max} = 40 \text{ deg}$$

- 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.

$$l_d = 1.56 - 0.92 = 0.64 \text{ m rad}$$

- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.055 m radian sampai dengan 30° sudut oleng

$$l_d = 0.92 \text{ m rad}$$

- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.009 m radian sampai dengan 40° sudut oleng,

$$l_d = 1.56 \text{ m rad}$$

4.5.4. Perhitungan *Displacement* :

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

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

- Kebutuhan bahan bakar

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

$$W_{BB} = ((C_{BB} * BHP * Sea Time) + 10\%) + ((10\% * W_{ME}) + 10\%)$$

$$W_{BB} = 23.0905 \text{ ton}$$

- Kebutuhan minyak pelumas

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

$$W_{lumas} = 0.7620 \text{ ton}$$

- Kebutuhan air tawar

$$W_{air tawar} = 15 \text{ kg/Person/Days}$$

$$W_{air tawar} = 6.34 \text{ ton}$$

- Kebutuhan makanan (provisions)

$$\text{Jumlah crew} = 15 \text{ orang}$$

$$W_{provisions} = 5 \text{ kg/person/days}$$

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

$$W_{provisions} = 0.28 \text{ ton}$$

- Berat orang dan bawaan

$$W_{orang, bawaan} = 60 \text{ kg/person}$$

$$W_{orang, bawaan} = 0.95 \text{ ton}$$

Komponen-komponen penyusun LWT kapal adalah:

- a. Berat baja kapal kosong

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

1. 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

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

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

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

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

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

$$x_m = 0.45 - 0.6 F_n$$

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

- *Pitching Motion*

$$P_p = 10 H_{pm}$$

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

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*

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

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



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

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

Dimana p adalah beban setempat

Tabel 4.8. Distribusi beban.

Vertical location z value	$P_s \text{ kN/m}^2$
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

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

Dari perhitungan, nilai W steel didapat sebesar 39.217 ton

b. Berat *Equipment* dan *Outfitting*

- Dihitung berdasarkan Buku “**Practical Ship Design**” David G. M.

Watson, yaitu:

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

$$C_o = 0,1750$$

$$W_{equip+outfit} = 0,17 \text{ ton}$$

- Berat Instalasi Permesinan

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

$$W_{eng} = 38.63 \quad \text{ton}$$

- Berat Cadangan

$$W_{res} = (7\% \sim 10\%) * L_{WT}$$

$$W_{res} = 4.939 \quad \text{ton}$$

- Berat persenjataan + alat selam + amunisi

$$W_{senj} = 10 \text{ ton}$$

4.5.5. Dasar Perhitungan Lambung Timbul (*freeboard*)

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

Kapal patroli cepat *catamaran* ini memiliki panjang dibawah 50 m, oleh karena itu penulis menggunakan perhitungan lambung timbul menurut Peraturan Garis Muat Indonesia (PGMI) 1986 untuk $L < 50$ m, 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)

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

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

- Koreksi Tinggi (D).

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

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

- Tinggi Standar Bangunan Atas untuk $L < 125$ m

Bila $h < h_s$; maka $l_s = \frac{h}{h_s} * l \text{ (m)}$; $h_s = 1.80 \text{ m}$

Bila $h > h_s$; maka $l_s = l \text{ (m)}$

- Koreksi Bangunan Atas (BA)

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

- 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)

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

4.5.6. Penentuan Jumlah Crew

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

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

$$C_{st} = \text{Coef steward Depart} = 1.2 - 1.33$$

$$C_{dk} = \text{Coef deck depart} = 11.5 - 14.5$$

$$C_{eng} = \begin{aligned} & \text{coef engine dept} &= 8.5 - 11, \text{ diesel} \\ & &= 11 - 15, \text{ Turbine single} \\ & &= 13.73 - 16.5, \text{ Turbine double} \end{aligned}$$

$$Z_c = 15 \text{ orang}$$

Susunan ABK adalah

- Kapten : 1 Orang
- Perwira : 1 Orang
- Bintara : 3 Orang
- Tamtama : 6 Orang
- Tahanan : 4 Orang

4.5.7. Perencanaan Konstruksi

Perencanaan konstruksi ini mengacu pada aturan Biro Klasifikasi Indonesia .

- Jarak gading
 - 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

$$h = 350 + 45.B$$

$$h = 471.6 \text{ mm}, \quad h_{\min} = 630 \text{ mm}$$

maka h yang diambil adalah 630 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 $L_c < 45 \text{ m}$

$$0.05L_c \leq l \leq 0.05L_c + 1.35 \text{ m}$$

- Panjang/jarak l kurang dari 2.0 m

o 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.

o Sekat kamar mesin



Perencanaan kapal ini menempatkan ruang mesin dibelakang kapal.

4.5.8. Perhitungan Tangki-tangki

- Tangki air tawar

$$W_{FW} = 6.34 \text{ ton}$$

$$V_{FW} = 6.66 \text{ m}^3$$

- Tangki bahan bakar

$$W_{\text{bahan bakar}} = 23.0905 \text{ ton}$$

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

$$V_{FO} = 28.25 \text{ m}^3$$

- Tangki minyak lumas

$$W_{lumas} = 0.762 \text{ ton}$$

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

$$V_{lumas} = 0.86 \text{ m}^3$$

4.5.9. Ruang Akomodasi

Tinggi ruangan dalam keadaan bebas yang direncanakan 210 cm

- Kamar tidur berjumlah 2 untuk perwira, 2 untuk bintara, 2 untuk tamtama
- Ruang ESEP
- Ruang Pertemuan
- Galley
- Master room
- Storage
- Ruang tahanan

- Kamar mandi dan WC
 - 2 kamar mandi dan WC untuk Perwira
 - 2 kamar mandi untuk bintara dan tamtama.

4.5.10. 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 = Moulded Displacement (ton)

$h = f_b + \sum h'$

f_b = freeboard (m)

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

A = Luas superstructure dan deck houses dengan $B >$

$B_{moulded}/4$

Jadi $Z = 96.78$, maka

- Jumlah jangkar 2 buah
- Berat satu jangkar 210 kg.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

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 :

Principal Dimension		
Type =	Catamaran Fast Patrol Vessel	
Shipping Area =	East Indonesian' Sea	
L _{PP} =	29.7249	m
L _{WL} =	30.4681	m
B _M =	9.6596	m
B ₁ =	2.7023	m
H _M =	3.35	m
T _{LOADED} =	1.800	m
Displacement =	124.3622	ton
Radius =	2000	mile
Speed =	30	knots
Engine =	2 x 760	HP
Jumlah Crew =	15	orang

- Mengingat bahwa biaya total pembangunan seharga Rp 9.142.568.288,19 adalah minimal, maka desain kapal patroli cepat catamaran ini layak untuk direalisasikan.

- Biaya total pembangunan adalah minimal, yaitu seharga Rp. 9.142.568.288,19, sehingga ukuran utama yang dihasilkan adalah optimal.

5.2. Saran

Mengingat masih banyaknya perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan estimasi sederhana, maka agar lebih sempurna disarankan untuk memperhatikan beberapa proses perencanaan mengenai :

- Perancangan detail konstruksi badan kapal dan rumah geladak meliputi jenis konstruksi, bahan konstruksi dan gambar konstruksi.
- Perlunya diteliti kapal ini dengan jenis yang sama, ukuran utama kapal yang sama tapi dengan bahan lambung (badan konstruksi) semisal fiber atau aluminium.
- Perhitungan biaya produksi dengan semua aspek seperti tenaga kerja, material, dan sebagainya secara detail meliputi biaya pembangunan kapal secara akurat dengan adanya detail konstruksi kapal dan rencana produksi.
- Penyempurnaan perhitungan berat konstruksi badan kapal dengan metode section. Sehingga didapat berat konstruksi yang mendekati sesungguhnya. Dan juga perhitungan berat perlengkapan dan peralatan, permesinan dan serta persenjataan lain dan sebagainya dengan metode item per item secara lengkap. Dengan perhitungan berat kapal yang akurat ini maka akan dihasilkan rancangan yang lebih sempurna

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Badan Meteorologi dan Geofisika Wilayah III (2004), **Arah Angin Dan Karakteristik Perairan Di Kepulauan Indonesia**, Badan Meteororlogi dan Geofisika, Surabaya.

Dinas Perikanan dan Kelautan Republik Indonesia (2006), **Potensi Perikanan Republiik Indonesia**, Dinas Perikanan dan Kelautan Republik Indonesia, Jakarta.

Harvald Sv. Aa. (1992), **Tahanan dan Propusi Kapal**, Terjemahan Indonesia oleh : Sutomo Jusuf., Airlangga University Press, Surabaya.

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.

International Maritime Organization (2002), **Code On Stability For All Types Of Ships**, International Maritime Organization, London.

Komando Armada Republik Indonesia Timur (2004), **Ghora Vira Edisi bulan Desember**, Komando Armada Republik Indonesia Timur, Surabaya.

Komando Armada Republik Indonesia Timur (2006), **Ghora Vira Edisi 1**, Komando Armada Republik Indonesia Timur, Surabaya.

Komando Armada Republik Indonesia Timur (2005), **Ghora Vira Edisi 1**, Komando Armada Republik Indonesia Timur, Surabaya.

Lewis, E. V. (1989), **Principles of Naval Architecture Volume II**, SNAME, 601 Pavonia Avenue, Jersey City, USA.

Parsons, Michael G. (2003), **Ship Design and Construction**, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, NJ, USA.

Rao, S. S. (1996), **Engineering Optimization Theory and Practice**, Wiley – Interscience, USA.

Royal Institution of Naval Architects (2004), **Ship & Boat International March/April Edition**, Pensord Press Ltd, London, UK.



Royal Institution of Naval Architects (2004), **Ship & Boat International July/August Edition**, Pensord Press Ltd, London, UK.

Royal Institution of Naval Architects (2004), **Ship & Boat International Sept/Oct Edition**, Pensord Press Ltd, London, UK.

Royal Institution of Naval Architects (2005), **Warship Technology January Edition**, Stephens & George Magazines, Wales.

Almassawa, Ridwan Hanief (2005), **Analisa Teknis dan Ekonomis Perencanaan Kapal Ikan Long Line dengan Bentuk Hull Catamaran di Perairan Trenggalek**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.

Taggart, R. (1980), **Ship Design and Construction**, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, USA.

Tibbits, Barry. F. (2004), **Ship Design and Construction**, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, NJ.

Toni, Apriyansyah (2000), **Analisis Teknis dan Ekonomis Kapal Patroli Cepat di Perairan Indonesia**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.

Watson, D., (1998), **Practical Ship Design**, Volume 1, Elsevier Science Ltd., Kidlington, Oxford, UK.

LAMPIRAN

OPTIMIZATION DESIGN OF CATAMARAN FAST PATROL BOAT

Principal Dimension

Type =	Catamaran Fast Patrol Boat	
Shipping Area =	East Indonesian' Sea	
L _{PP} =	29,7249	m
L _{WL} =	30,4681	m
B _M =	9,6596	m
B ₁ =	2,7023	m
H _M =	3,3500	m
T _{LOADED} =	1,8000	m
Displacement =	124,3662	ton
Radius =	2000	mile
Patrol Speed =	25	knots
Max Speed =	30	knots
Engine =	2 x 760	HP
Jumlah Crew =	15	orang
Estimate Cost		
Building Cost =	Rp 9142,57 million	



OPTIMIZATION DESIGN OF CATAMARAN FAST PATROL BOAT

Changing Cell	Ukuran Utama	Length Between Perpendicular	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
	Breadht	m	B_{mld}	28,0	29,7249	35	OK	
	Height	m	H_{mld}	8,15	9,6596	16	OK	
	Draft	m	T_{loaded}	3	3,3500	7	OK	
	L / B_1	-	-	1,6	1,8000	4,4	OK	
				7	11,0000	11	OK	
	Patrol Speed (harus ditentukan)	knot	V_s	25,0	25,0000	30,0	OK	
	Maks Speed (harus ditentukan)	knot	V_s	23,0	30,0000	30,0	OK	
	S / L (harus ditentukan)	-	-	0,2	0,2000	0,5	OK	
Interfensi	Distance Between Hull	m	S	6,9573				
Bentuk Lambung	Breadth Each Hull	m	B_1	2,7023				

Tahanan	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Kekuatan Melintang	B_1 / T	-	1,0	1,5013	2,0	OK
	B_1 / H	-	0,8	0,8066	4,0	OK
	S / B_1	-	1,0	2,5746	4,0	OK
	L / H	-	6,0	8,8731	11,0	OK
Kekuatan memanjang	$V / (L^{1/2})$	V_s	0,8	2,8307	3,0	OK
Froude Number	$F_n = V / (g * L_{pp})^{0.5}$ (kecepatan maksimum)	-	0,7	0,9038	1,0	OK
	$F_n = V / (g * L_{pp})^{0.5}$ (kecepatan patroli)	-	0,7	0,7532	1,0	OK
	H / T	S	1,2	1,8611	3,0	OK
Perhitungan Stabilitas	MG pada sudut oleng 0°	B_1	0,350	4,2709		OK
	I_s pada sudut oleng > 30°	m	0,200	1,8080		OK
	I_s maksimum	deg	30,0	40,0000		OK
	I_d pada 30°	m.rad	0,055	0,9217		OK
Freeboard	I_d pada 40°	m.rad	0,090	1,5605		OK
			0,110	1,5520		OK

OPTIMATION DESIGN OF CATAMARAN FAST PATROL BOAT

Building Cost	Biaya Pembangunan	Unit	Value
	Hull	Rp	1.548.863.142,90
	Main Engine + Aux. Engine	Rp	7.562.664.847,97
	Hull Out Fitting	Rp	31.040.297,31
	Perlengkapan tempur	Rp	-
		Rp	-
	Total Biaya Pembangunan	Rp	9.142.568.288,19
		Rp/DWT	291.095.164,51
		USD/DWT	29.109,52

Operating Cost		Unit	Value
	Biaya tetap	/Th	914.256.828,82
	Perawatan Kapal (10% dari harga kapal)	/Th	914.256.828,32
	TOTAL BIAYA TETAP	/Th	
	Biaya variabel	/Th	23.208.841.615,40
	Biaya Bahan Bakar	/Th	3.855.652.155,64
	Biaya Pelumas	/Th	871.062.500,00
	Biaya Air Tawar	/Th	27.935.556.271,04
	TOTAL BIAYA VARIABEL	/Th	
	TOTAL BIAYA OPERASIONAL	/Th	28.849.813.009,86

TABEL DATA ENGINE

No	Perusahaan	Type	Daya (Kw)	Daya (BHP)	RPM	Berat kg	Fuel Consumption gr/kw hr	panjang mm	lebar mm	tinggi mm	Luas mm2
8	Yanmar	4CHE3	62,5	84	2550	568	252	1183,5	688	1021	81424
9	Yanmar	6CHE3	95,6	128	2550	700	242	1496,3	690	1018	103244
7	CATERPILLAR	C 3056	138	185	2100	609	145,2	1410	550	576	77550
10	Yanmar	6CH-HTE3	140	188	2550	772	232	1599,5	736	1096	117723
11	Yanmar	6CH-DTE3	169	227	2550	904	225	1578,5	736	1096	116177
1	Cummins	4.2L ES 270	198	266	3800	460	202,8	1041	714	767	74327-
12	Yanmar	6CH-UTE	206	276	2550	944	223	1599,5	736	1111	117723
2	Cummins	4.2L EL 300	221	296	3800	528	216,4	1225	726	767	88935
13	Yanmar	6HA-HTE3	235	315	2100	1550	231	1981,5	970	1346	192205
14	Yanmar	6HAM-HTE3	243	326	2100	1570	224	1527,5	970	1233	148167
15	Yanmar	6HA-DTE3	272	365	2100	1570	217	1947,5	970	1250	188907
16	Yanmar	6HAM-DTE3	279	374	2100	1570	210	1527,5	970	1233	148167
17	Yanmar	6HA2M-HTE	283	380	1950	1650	214	2004,5	1016	1260	203657
18	Yanmar	6HA2M-DTE	327,3	439	1950	1660	211	2004,5	1036	1260	207666
3	Deutz	TBD 616 V8	480	653	2100	1900	202	1800	1250	1275	225000
19	Yanmar	6LAH-STE3	500	671	1900	2600	224	2008	905	1230	181724
20	Yanmar	6LAHM-STE4	515	691	1900	2720	217	2008	905	1230	181724
4	Deutz	TBD 616 V12	610	830	1800	2450	202	2180	1280	1275	279040
21	Yanmar	6RY17P-GV	736	987	1500	4816	224	2722,5	1170	1956	318532
23	Wartsila	4I20	720	966	1800	2680	196	2510	1287	1800	323037
	Caterpilar	3412E	746	1000	2300	2313	184	1822	1354	1328	246698
	Caterpilar	3412D	783	1050	2300	2533	203,1	1822	1354	1328	246698
5	Deutz	TBD 616 V16	814	1107	1800	3000	202	2550	1365	1355	348075
	Caterpilar	3412D	820	1100	2300	2533	205,1	1822	1354	1328	246698
	Wartsila	5I20	825	1106	1800	3020	196	2633	1328	1800	349662
6	Deutz	TBD 620 V8	829	1127	1500	3300	195	2340	1450	2000	339300
	Caterpilar	3412E	895	1200	2300	2533	210,1	1822	1354	1328	246698
	Caterpilar	3412E	932	1250	2300	2533	210,1	1822	1354	1328	246698
	Caterpilar	3412E	970	1301	2300	2533	210,1	1822	1354	1328	246698
	Caterpilar	3412E	1007	1350	2300	2533	210,1	1822	1354	1328	246698
	Caterpilar	3412E	1044	1400	2300	2533	210,1	1822	1354	1328	246698

	Caterpilar	3412E	1156	1550	2300	2547	210,1	1913	1444	1621	276237
	Caterpilar	3512B	1175	1576	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	DaimlerChryler	12 V	1194	1601	1900	5770	214	2992	1248	1498	373401
	Caterpilar	3512B	1231	1651	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	Caterpilar	3512B	1249	1675	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	DaimlerChryler	12 V	1286	1725	1900	4770	214	2992	1248	1498	373401
	Caterpilar	3512B	1305	1750	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	Caterpilar	3512a	1342	1800	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	Deutz	TBD 616 V16	1360	1824	2300	3000	202	2550	1365	1355	348075
	Caterpilar	3512C	1380	1851	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	DaimlerChryler	12 V	1398	1875	1900	4770	214	2992	1248	1498	373401
	Wartsila	8120	1440	1931	1800	5400	196	2948	1348	1800	397390
	Caterpilar	3512chp	1454	1950	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	Hitachi	MGNV353B	1461	1959	2300	3653	206,2	2136	1690	1785	360984
	Hitachi	MGNV353BC	1487	1994	2300	3653	206,2	2136	1690	1785	360984
	Caterpilar	3516	1491	1999	1900	3824	218,9	2189	1703	1806	372786
	DaimlerChryler	12 V	1510	2025	1900	4770	214	2992	1248	1498	373401
	Caterpilar	3512bhp	1566	2100	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	Wartsila	9120	1620	2172	1800	5820	196	3046	1376	1800	419129
	Caterpilar	3516	1641	2201	1900	3824	218,9	2189	1703	1806	372786
	Caterpilar	3512bhp	1678	2250	1900	3619	218,9	2189	1703	1806	372786
	DaimlerChryler	12 V	1679	2252	1900	4770	214	2992	1248	1498	373401
	Deutz	TBD620V12	1680	2253	1860	5000	195	2920	1450	2040	423400
	Caterpilar	3516B	1686	2261	1800	4289	219,2	3187	1703	1753	542746
	Caterpilar	3606	1730	2320	1900	4476	220,8	3691	1722	2733	635590
	Deutz	TBD620V12	1752	2349	1900	5000	198	2920	1450	2040	423400
	Caterpilar	3516B	1771	2375	1800	4289	219,2	3187	1703	1753	542746
	Caterpilar	3516B	1791	2402	1800	4289	219,2	3187	1703	1753	542746
	Caterpilar	3606	1850	2481	1900	4476	220,8	3691	1722	2733	635590
	Caterpilar	3516B	1865	2501	1800	4289	219,2	3187	1703	1753	542746
	Caterpilar	3606	1900	2548	1900	4476	220,8	3691	1722	2733	635590
	Caterpilar	3516B	1940	2602	1800	4289	219,2	3187	1703	1753	542746

	Caterpilar	3608CS	2300	3084	1900	4619	220	4511	1722	1864	776794
	Deutz	TBD620V16	2336	3133	1900	5200	198	3400	1450	2100	493000
22	Wartsila	12V200	2400	3218	1800	9800	196	3442	1256	1878	432315
	Caterpilar	3608CS	2460	3299	1900	4619	220	4511	1722	1864	776794
	Caterpilar	3608CS	2530	3393	1900	4619	220	4511	1722	1864	776794
22	Wartsila	12V200	2600	3487	1800	9800	205	3442	1256	1878	432315
	Caterpilar	3608CS	2710	3634	1900	4619	220	4511	1722	1864	776794
	Caterpilar	3612CS	3460	4640	1900	5538	292	5611	2541	1722	1425755
	Caterpilar	3612CS	3700	4962	1900	5538	292	5611	2541	1722	1425755
	Caterpilar	3612MC	3800	5096	1900	5538	292	5611	2541	1722	1425755
	Caterpilar	3612MC	4060	5445	1900	5538	292	5611	2541	1722	1425755
	Caterpilar	3612CS	4600	6169	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275
	Caterpilar	3612CS	4920	6598	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275
	Caterpilar	3612MC	5060	6786	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275
	Caterpilar	3612MC	5420	7268	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275
	Caterpilar	3612MC	5650	7577	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275
	Caterpilar	3612MC	6000	8046	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275
	Caterpilar	3612MC	6180	8288	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275
	Caterpilar	3612MC	7200	9655	1900	6328	324	5872	3541	1871	2079275

PERHITUNGAN BERAT MESIN

Mesin utama :

No	Keterangan	Nilai	satuan
	Engine	1132 KW	
	Power reserve	10%	
	Engine Power	1245,2 KW	
	No of engine	1	
	Match	38	

Faktor Penambah

Shaft Tranmission	
Min	1%
Max	3%
PB = PD + (S Margin . PD)	
PB = (HP) 1518	
= (KW) 1131,994626	

Pemilihan Engine

No	Keterangan	Caterpilar
	Perusahaan	
	Type	3512B
	Daya	1249 KW
	Engine RPM	1900 RPM
	Berat	3619 Kg
	Fuel Consumption	218,9 gr /kw hr
	panjang	2189 mm
	Lebar	1703 mm
	Tinggi	1806 mm

No	Keterangan	Mesin Utama	Motor bantu	Satuan	Total
1	Massa	3619	2409	kg	6028
2	Panjang	2,189	1,59	m	
3	Lebar	1,703	0,996	m	
4	Tinggi	1,806	1,4	m	
5	Luas	7,455734	1,58364	m2	9,039374
6	KG	0,903	0,7	m	1,603
7	Vertical Momen	3267,957	1686,3	m4	4954,257

Berat LWT

1. Perhitungan Berat Lambung dengan cara pos per pos

No	Keterangan	Massa Kg	Volume m3	Longitudinal Moment m4	Vertikal moment m4	LCG m	KG m
1	weight of Bottom Structure	23098,430	2,942	23,950	0,390	8,139	0,133
2	Weight of Side structure	11839,329	1,508	23,061	3,494	15,290	2,317
3	Weight of Bulkhead	207,194	0,053	0,008	0,110	0,447	1,990
4	Weight of Deck Structure	4072,182	0,183	1,208	0,819	6,597	4,471
	Total	39217,135	4,687	48,226	4,813	30,474	8,911
	Total Weight	39217,135	Kg	39,217 Ton		10,290	1,027



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

$W_o = C_o \times L \times B$

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

$C_o = 0,1750$

Berat Outfitting

= 168,3301243 kg
= 0,16833012 ton

Berat Equipment

Berat persenjataan + amunisi

= 10,000 ton

3. Perhitungan Berat Instalasi Permesinan

Berat permesinan

= 38,63 ton

4. Perhitungan Berat cadangan

Wres diperlukan untuk menghindari kesalahan dalam perhitungan

$W_{res} = (7-10)\% \times LWT$

diamambil 10% = 4,939 ton

Total LWT = 92,959 ton

PERHITUNGAN DWT

1. Kebutuhan Bahan Bakar

Main Engine

Sea time (lama perlayaran)

= 80,00 jam

Koefisien pemakaian bahan bakar

= 0,19 kg/HP/jam

Kebutuhan BB Main Engine

= 17206,0378 kg

Total BB Main Engine (+10%)

= 17,21 ton

= 18,93 ton

Auxiliary Engine

$BB AE = (0,1 - 0,2) \cdot BB ME$

Jhd Main Engine	Min	Max	Diambil
	0,1	0,20	0,2000
BB Aux Engine		3,7853	ton
Total BB Aux Engine (+10%)		4,1639	ton
Kebutuhan Bahan Bakar Total		23,0905	ton

2. Kebutuhan Minyak Pelumas

Minyak Pelumas Terhadap BB	Min	Max	Diambil
	0,01	0,03	0,0300
Berat Minyak Pelumas		0,6927	ton
Total Berat Minyak Pelumas		0,7620	ton

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

Kebutuhan air tawar untuk Crew direncanakan

= 70 kg/person/days

jumlah crew

= 15 orang

berat air tawar

= 3500 kg

Total Berat Air Tawar

= 3,50 ton

= 6,34 ton

4. Berat Makanan (provisions)

Crew

= 15 orang

sea time

= 3,333333333 hari

berat provision

= 4 hari

total berat makanan

= 250,00 kg

5. Berat Orang dan Bawaan

Crew

= 0,250 ton

Berat crew dan bawaan

= 0,28 ton

Berat total crew dan bawaan (+ 10%)

= 60 kg/person

= 15 orang

= 900 kg

= 0,9 ton

= 0,945 ton

Result :

Komponen DWT	Berat	Satuan
Bahan Bakar	= 23,0905	ton
Minyak Pelumas	= 0,7620	ton
Air Tawar	= 6,3350	ton
Makanan	= 0,2750	ton
Crew dan bawaan	= 0,9450	ton
Total DWT =	31,4075	ton

$$\text{Displacement} = \text{DWT} + \text{LWT} = 70,6246 \text{ ton}$$

$$\text{Displacement} = L \times B \times T \times C_b = 142,8555 \text{ ton}$$

Coef Steward Dept. (Cst):	Min	Max	Diambil
	0,7	0,75	0,7

Perencanaan Jumlah Crew

EHP = 851,63 Hp

DHP = 1320,00 Hp

BHP = 1131,98 Hp

Jumlah Crew (Zc) = 15 orang

Radius Perlayaran = 2000 mil laut

Lama Perlayaran (1 kali jalan) = 80,00 jam

Volume air tawar = 6,335 m³

Penambahan karena konstruksi 2% dan ekspansi 2% = 6,5884 m³

Volume bahan bakar = 27,1652974 m³

Penambahan karena konstruksi 2% dan ekspansi 2% = 28,25190929 m³

Volume pelumas = 0,828246296 m³

Penambahan karena konstruksi 2% dan ekspansi 2% = 0,861376148 m³

PRINCIPAL DIMENSION OF CATAMARAN SHIPS

L_{sp}	n	29,725	m	:	B_{mid}	n	9,660
S	n	6,96	m	:	H_{mid}	n	3,350
Jumlah Station	n	10	station	:	T	n	1,800
Jarak Stasiiri ($h_{station}$)	n	2,972	m	:	B_1	n	2,70
Jarak Gading (a)	n	0,5	mm				

Initial Offset

Initial Offset

WL 12 =	WL 13 =	WL 14 =	WL 15 =	WL 16 =	WL 17 =	Base Line to Bottom	Base Line to Deck
2,058	2,317	2,575	2,833	3,092	3,35		
1,2194	1,2230	1,2245	1,2250	1,2252	1,2253	0,7399	2,6101
1,3287	1,3367	1,3412	1,3435	1,3446	1,3449	0,6169	2,7331
1,4230	1,4346	1,4413	1,4452	1,4472	1,4481	0,4950	2,8550
1,4926	1,5061	1,5150	1,5206	1,5242	1,5266	0,3826	2,9674
1,5302	1,5485	1,5616	1,5703	1,5765	1,5809	0,2709	3,0796
1,5256	1,5553	1,5772	1,5928	1,6321	1,6750	0,1634	3,1871
1,4472	1,5020	1,5465	1,5840	1,6321	1,6750	0,0643	3,2857
1,2667	1,3628	1,4510	1,5336	1,6107	1,6750	0,0043	3,3462
0,9700	1,0993	1,2313	1,3621	1,4922	1,6209	0,1140	3,3379
0,5608	0,6729	0,7693	0,9343	1,0779	1,2295	0,1527	3,1976
0,0454	0,0942	0,1524	0,2204	0,2999	0,3914	1,8000	1,5505

Normalized Offset

Length of 0.8'D = 1,0333

DESIGN OF WATERLINE TO DRAFT AND DECK

0.5 Lebar (each hull) = 1.3511

Length of 0.8#D == 30.7142

Normalized Offset

WL 12 =	WL 13 =	WL 14 =	WL 15 =	WL 16 =	WL 17 =	Base Line to Bottom	Base Line to Deck
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
0,9025	0,9052	0,9063	0,9066	0,9068	0,9069	0,4111	1,5861
0,9834	0,9893	0,9926	0,9944	0,9952	0,9954	0,3427	1,6486
1,0532	1,0618	1,0667	1,0696	1,0711	1,0718	0,2750	1,7109
1,1047	1,1147	1,1213	1,1254	1,1281	1,1299	0,2126	1,7706
1,1325	1,1461	1,1558	1,1622	1,1668	1,1701	0,1505	1,8254
1,1291	1,1511	1,1673	1,1789	1,2079	1,2397	0,0908	1,8590
1,0711	1,1117	1,1446	1,1723	1,2079	1,2397	0,0357	1,8544
0,9375	1,0086	1,0739	1,1350	1,1921	1,2397	0,0024	1,7764
0,7179	0,8136	0,9113	1,0081	1,1044	1,1997	0,0633	1,8544
0,4151	0,4980	0,5694	0,6915	0,7978	0,9100	0,0848	1,7764
0,0336	0,0697	0,1128	0,1631	0,2220	0,2897	1,0000	0,8614

DESIGN OF WATERLINE TO DRAFT AND DECK

WL 12 =	WL 13 =	WL 14 =	WL 15 =	WL 16 =	WL 17 =	Base Line to Bottom	Base Line to Deck
2,058	2,317	2,575	2,833	3,092	3,350		
1,2194	1,2230	1,2245	1,2250	1,2252	1,2253	0,7399	2,8550
1,3287	1,3367	1,3412	1,3435	1,3446	1,3449	0,6169	2,9674
1,4230	1,4346	1,4413	1,4452	1,4472	1,4481	0,4950	3,0796
1,4926	1,5061	1,5150	1,5206	1,5242	1,5266	0,3826	3,1871
1,5302	1,5485	1,5616	1,5703	1,5765	1,5809	0,2709	3,2857
1,5256	1,5553	1,5772	1,5928	1,6321	1,6750	0,1634	3,3462
1,4472	1,5020	1,5465	1,5840	1,6321	1,6750	0,0643	3,3379
1,2667	1,3628	1,4510	1,5336	1,6107	1,6750	0,0043	3,1976
0,9700	1,0993	1,2313	1,3621	1,4922	1,6209	0,1140	3,3379
0,5608	0,6729	0,7693	0,9343	1,0779	1,2295	0,1527	3,1976

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Product	WL 5 =	Total Half Girth ~ WI 5	Product	WL 6 =	Total Half Girth ~ WI 6	Product	WL 7 =	Total Half Girth ~ WI 7	
	0,72			0,9			1,08		
0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0,423279588	0,4233	
0	0	0,0000	0	0,477431503	0,4774	1,909723012	0,344043951	0,8215	
0	0,487823288	0,4878	0,975646575	0,411460812	0,8993	1,7985382	0,289548338	1,1888	
0	0,434443506	0,4344	1,737774024	0,347117041	0,7816	3,126242188	0,251745904	1,0333	
0,828321194	0,365496388	0,7797	1,559313971	0,291353411	1,0710	2,142020792	0,231326903	1,3023	
2,261285423	0,302566092	0,8679	3,471549791	0,257473902	1,1254	4,501445397	0,223272054	1,3486	
1,12347373	0,258261573	0,8200	1,639996875	0,238258704	1,0583	2,116514283	0,220235351	1,2785	
1,840421476	0,22386516	0,6840	2,735882117	0,217955064	0,9019	3,607702374	0,211473403	1,1134	
0,809906421	0,199662115	0,6046	1,20923065	0,198089096	0,8027	1,605408842	0,196936563	0,9996	
1,5010866587	0,185859329	0,5611	2,244523901	0,185371222	0,7465	2,986008789	0,185784822	0,9323	
0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000	
8,364494829		$\Sigma = 15,5739179$			$\Sigma = 23,79363688$			$\Sigma =$	
16,57560031		WSA = 30,86223899			WSA = 47,1509425			WSA =	

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Total Half Girth ~	Product	WL 14 =	Total Half Girth ~	Product	WL 15 =	Total Half Girth ~	Product	WL 16 =
		2,575			2,833			3,092
1,7732	1,773212685	0,25800436	2,0312	2,031217046	0,258000484	2,2892	2,28921753	0,259000077
2,1362	8,54480595	0,258039241	2,3942	9,576962914	0,258010252	2,6523	10,60900392	0,259002336
2,4778	4,955603177	0,258086981	2,7359	5,47177714	0,258029475	2,9939	5,98783609	0,259007722
2,3106	9,242209738	0,258153462	2,5687	10,27482359	0,258060763	2,8268	11,30706666	0,259025018
2,5806	5,161103619	0,258332363	2,8389	5,677768346	0,258146644	3,0970	6,194061635	0,259074198
2,6429	10,57159516	0,258927808	2,9018	11,6073064	0,258471193	3,1603	12,64119119	0,261964673
2,6042	5,208430077	0,261809568	2,8660	5,732049214	0,260711047	3,1267	6,253471308	0,263428567
2,4744	9,897589315	0,272659568	2,7471	10,98822759	0,270899903	3,0180	12,07182722	0,270232141
2,3631	4,726248462	0,289806832	2,6529	5,305862127	0,289262234	2,9422	5,884386595	0,289839628
2,2411	8,954226627	0,275421423	2,5165	10,06591232	0,306249893	2,8227	11,29091191	0,296145167
0,5255	0,525521324	0,264482967	0,7900	0,790004291	0,266810794	1,0568	1,056815085	0,270926651
$\Sigma = 69,57054614$			$\Sigma = 77,52191097$			$\Sigma = 85,58578914$		
WSA = 137,8652973			WSA = 153,6222136			WSA = 169,6020934		

HALF GIRTH TO DRAFT AND DECK

Product	WL 8 =	Total Half Girth ~ WI 8	Product	WL 9 =	Total Half Girth ~ WI 9	Product
	1,26			1,44		
0,423279588	0,273486398	0,6968	0,696765987	0,196613352	0,8934	0,893379338
3,285901814	0,236174533	1,0576	4,230599946	0,196213175	1,2539	5,015452646
2,377664876	0,214956391	1,4038	2,807577658	0,190905631	1,5947	3,18938892
4,133225802	0,205140342	1,2384	4,953787171	0,188809428	1,4273	5,709024882
2,604674399	0,202467997	1,5048	3,009610394	0,189768306	1,6946	3,389147006
5,394533612	0,204853216	1,5535	6,213946475	0,194465832	1,7480	6,991809805
2,556984986	0,208336291	1,4868	2,973657567	0,200623927	1,6875	3,374905421
4,453595984	0,205912603	1,3193	5,277246395	0,202513802	1,5218	6,087301603
1,999281969	0,196412729	1,1961	2,392107426	0,196532974	1,3926	2,785173375
3,729148076	0,186445595	1,1187	4,474930457	0,187112827	1,3058	5,223381765
0	0	0,0000	0	0	0,0000	0
30,95829111		$\Sigma =$	37,03022948		$\Sigma =$	42,65896476
61,34886447		WSA =	73,3813931		WSA =	84,53564308

Total Half Girth ~	Product	WL 17 =	Total Half Girth ~	Product
		3,35		
2,5482	2,548217608	0,258000019	2,8062	2,806217627
2,9113	11,64501326	0,258000174	3,1693	12,67701396
3,2529	6,505851534	0,25800157	3,5109	7,021854674
3,0858	12,34316673	0,258011163	3,3438	13,37521138
3,3561	6,712210031	0,258037517	3,6141	7,228285064
3,4223	13,68904988	0,261542368	3,6838	14,73521935
3,3902	6,780328442	0,261542368	3,6517	7,303413177
3,2882	13,15275578	0,265891877	3,5541	14,21632329

SIDE CONSTRUCTION

Ukuran Utama Kapal			
No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Lpp	=	29,72492777 m
2	Bm	=	9,659578596 m
3	B1	=	2,70
4	T	=	1,8 m
5	H	=	3,35 m
6	Kecepatan dinas (V_d)	=	30 Knot
7	Number of station	=	10
8	Frame spacing (a)	=	524,0453232 mm
		=	600 mm
		=	0,6 m
9	Tinggi Minimum	=	630 mm
10	Tinggi Double Bottom	=	0,471601977 m
11	Tinggi Double Bottom yang diambil	=	630 mm
		=	0,63 m
12	Station spacing	=	2,972492777 m

29,72492777 Cb 0,269663155

28,83317994

Side	
Volume	m ³
Massa	kg
1 Long.Moment	m ⁴
2 Ver. Moment	m ⁴
LCG	m
KG	m

Pemilihan Sistem Konstruksi

Transverse Framing =
Longitudinal Framing =

Side Plate Thickness

Material yang diapakai
Steel dengan $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Faktor Material

$$k_a = \frac{125}{\sigma_a} \quad k = 1$$

Rpo.2= 0.2% proof stress of steel = 125 N/mm²
Rm = tensile strength of steel = 285 N/mm²

1. Hidrostatic pressure

$$P_h = 10T_x - (z - z_k) \quad [\text{kN/m}^2]$$

2. Hydrodynamic wave pressure is to be taken as the greater of the following formula

a. due to relative motion

$$P_m = 10f_z H_{rm} \quad [\text{kN/m}^2]$$

Figure 2.4.1 Combined pressure distribution, P_s

Vertical location z value	P_s kN/m ²
for $z \leq T_x + z_k$	$P_h + P_w$
At $z = T_x + z_k + H_w$	P_d
At $z \geq T_x + z_k + 1.5H_w$	$0.5P_d$

f_z = the vertical distribution factor

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

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

H_{im} is relative vertical motion

$$H_{im} = C_{w,\min} \left(1 + \frac{k_r}{(Cb + 0.2)} \left(\frac{x_{mi}}{Lwl} - x_m \right)^2 \right) \quad \text{m}$$

$$C_{w,\min} = \frac{C_w}{K_n} = 3,289887$$

$$K_n = 1 + k_r \frac{(0.5 - x_m)^2}{(Cb + 0.2)} = 1,237063$$

$$C_w = 0.0771 Lwl (Cb + 0.2)^{0.3} e^{-(0.0044 Lwl)} = 4,069798$$

$$x_m = 0.45 - 0.6F_k = 0.242487$$

Table 2.3.1 Hull form wave pressure factor

Craft type	k_f
Mono-hull craft in the non-displacement mode	2,25
Mono-hull craft in the displacement mode	1,95
Catamarans and multi-hull craft with partially submerged hulls	2,55
Swaths and multi-hull craft with fully submerged hulls	2,10
Craft supported by hydrodynamic lift provided by foils or other lifting devices	1,50

3. pressure on weather deck

$$P_d = f_L (6 + 0.01 Lwl) (1 + 0.05 \Gamma) + E \quad [\text{kN/m}^2]$$

f_L = the location factor for weather decks

$$f_L = 1,0 \text{ from aft end to } 0,88L_R$$

$$f_L = 1,25 \text{ from } 0,88L_R \text{ to } 0,925L_R$$

$$f_L = 1,50 \text{ from } 0,925L_R \text{ to forward end}$$

$$f_L = 1,0 \text{ for interior decks}$$

$$E = \frac{0.7 + 0.08 Lwl}{D - T} \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$E = 1,98580272$$

Side Structure Calculate

Number Ordinat	X / L	Simpson Factor [1]	Moment Factor [2]	H_n	K_z	f_z	H_{pm}	P_m	P_p	P_w	P_h	P
				[3]	[4]	[5]						
0,000	0,000	1,0000	0,000	4,093057661	6,23484E-19	1,143333333	-0,571220114	-5,7122011	46,79729259	46,79729259	-2,58	44,21729259
1,000	0,100	4,0000	2,972	3,567208111	6,23484E-19	1,143333333	-0,456976091	-4,5697609	40,78507941	40,78507941	-2,58	38,20507941
2,000	0,200	2,0000	5,945	3,314545014	6,23484E-19	1,143333333	-0,342732068	-3,4273207	37,896298	37,896298	-2,58	35,316298
3,000	0,300	4,0000	8,917	3,33506837	6,23484E-19	1,143333333	-0,228488045	-2,2848805	38,13094836	38,13094836	-2,58	35,55094836
4,000	0,400	2,0000	11,890	3,628778177	6,23484E-19	1,143333333	-0,114244023	-1,1424402	41,4890305	41,4890305	-2,58	38,9090305
5,000	0,500	4,0000	14,862	4,195674438	6,23484E-19	1,143333333	0	0	47,9705444	47,9705444	-2,58	45,3905444
6,000	0,600	2,0000	17,835	5,03575715	6,23484E-19	1,143333333	0,114244023	1,14244023	57,57549008	57,57549008	-2,58	54,99549008
7,000	0,700	4,0000	20,807	6,149026315	6,23484E-19	1,143333333	0,228488045	2,28488045	70,30386754	70,30386754	-2,58	67,72386754
8,000	0,800	2,0000	23,780	7,535481933	6,23484E-19	1,143333333	0,342732068	3,42732068	86,15567676	86,15567676	-2,58	83,57567676
9,000	0,900	4,0000	26,752	9,195124003	6,23484E-19	1,143333333	0,456976091	4,56976091	105,1309178	105,1309178	-2,58	102,5509178
10,000	1,000	1,0000	29,725	11,12795253	6,23484E-19	1,143333333	0,571220114	5,71220114	127,2295905	127,2295905	-2,58	124,6495905

Number Ordinat	X / L	Simpson Factor [1]	Moment Factor [2]	H_n	K_z	f_z	H_{pm}	P_m	P_p	P_w	F_h	P
				[3]	[4]	[5]						
0,000	0,000	1,0000	0,000	4,093057661	6,23484E-19	1,143333333	-0,571220114	-5,7122011	46,79729259	46,79729259	-2,58	44,21729259
1,000	0,100	4,0000	2,972	3,567208111	6,23484E-19	1,143333333	-0,456976091	-4,5697609	40,78507941	40,78507941	-2,58	38,20507941
2,000	0,200	2,0000	5,945	3,314545014	6,23484E-19	1,143333333	-0,342732068	-3,4273207	37,896298	37,896298	-2,58	35,316298
3,000	0,300	4,0000	8,917	3,33506837	6,23484E-19	1,143333333	-0,228488045	-2,2848805	38,13094836	38,13094836	-2,58	35,55094836
4,000	0,400	2,0000	11,890	3,628778177	6,23484E-19	1,143333333	-0,114244023	-1,1424402	41,4890305	41,4890305	-2,58	38,9090305
5,000	0,500	4,0000	14,862	4,195674438	6,23484E-19	1,143333333	0	0	47,9705444	47,9705444	-2,58	45,3905444
6,000	0,600	2,0000	17,835	5,03575715	6,23484E-19	1,143333333	0,114244023	1,14244023	57,57549008	57,57549008	-2,58	54,99549008
7,000	0,700	4,0000	20,807	6,149026315	6,23484E-19	1,143333333	0,228488045	2,28488045	70,30386754	70,30386754	-2,58	67,72386754
8,000	0,800	2,0000	23,780	7,535481933	6,23484E-19	1,143333333	0,342732068	3,42732068	86,15567676	86,15567676	-2,58	83,57567676
9,000	0,900	4,0000	26,752	9,195124003	6,23484E-19	1,143333333	0,456976091	4,56976091	105,1309178	105,1309178	-2,58	102,5509178
10,000	1,000	1,0000	29,725	11,12795253	6,23484E-19	1,143333333	0,571220114	5,71220114	127,2295905	127,2295905	-2,58	124,6495905

Number Ordinat	X / L	Simpson Factor	[1]	Moment Factor [2]	H_n	K_z	f_z	H_{pm}	P_m^*	P_p	P_w	F_h	P
					[3]	[4]	[5]						
0,000	0,000	1,0000		0,000	4,093057661	6,23484E-19	1,143333333	-0,571220114	-5,71220111	46,79729259	46,79729259	-2,58	44,21729259
1,000	0,100	4,0000		2,972	3,567208111	6,23484E-19	1,143333333	-0,456976091	-4,5697609	40,78507941	40,78507941	-2,58	38,20507941
2,000	0,200	2,0000		5,945	3,314545014	6,23484E-19	1,143333333	-0,342732068	-3,4273207	37,896298	37,896298	-2,58	35,316298
3,000	0,300	4,0000		8,917	3,33506837	6,23484E-19	1,143333333	-0,228488045	-2,28488045	38,13094836	38,13094836	-2,58	35,55094836
4,000	0,400	2,0000		11,890	3,628778177	6,23484E-19	1,143333333	-0,114244023	-1,1424402	41,4890305	41,4890305	-2,58	38,9090305
5,000	0,500	4,0000		14,862	4,195674438	6,23484E-19	1,143333333	0	0	47,9705444	47,9705444	-2,58	45,3905444
6,000	0,600	2,0000		17,835	5,03575715	6,23484E-19	1,143333333	0,114244023	1,14244023	57,57549008	57,57549008	-2,58	54,99549008
7,000	0,700	4,0000		20,807	6,149026315	6,23484E-19	1,143333333	0,228488045	2,28488045	70,30386754	70,30386754	-2,58	67,72386754
8,000	0,800	2,0000		23,780	7,535481933	6,23484E-19	1,143333333	0,342732068	3,42732068	86,15567676	86,15567676	-2,58	83,57567676
9,000	0,900	4,0000		26,752	9,195124003	6,23484E-19	1,143333333	0,456976091	4,56976091	105,1309178	105,1309178	-2,58	102,5509178
10,000	1,000	1,0000		29,725	11,12795253	6,23484E-19	1,143333333	0,571220114	5,71220114	127,2295905	127,2295905	-2,58	124,6495905

Number Ordinat	X / L	Simpson Factor	[1]	Moment Factor [2]	H_n	K_z	f_z	H_{pm}	P_m^*	P_p	P_w	F_h	P
					[3]	[4]	[5]						
0,000	0,000	1,0000		0,000	4,093057661	6,23484E-19	1,143333333	-0,571220114	-5,71220111	46,79729259	46,79729259	-2,58	44,21729259
1,000	0,100	4,0000		2,972	3,567208111	6,23484E-19	1,143333333	-0,456976091	-4,5697609	40,78507941	40,78507941	-2,58	38,20507941
2,000	0,200	2,0000		5,945	3,314545014	6,23484E-19	1,143333333	-0,342732068	-3,4273207	37,896298	37,896298	-2,58	35,316298
3,000	0,300	4,0000		8,917	3,33506837	6,23484E-19	1,143333333	-0,228488045	-2,28488045	38,13094836	38,13094836	-2,58	35,55094836
4,000	0,400	2,0000		11,890	3,628778177	6,23484E-19	1,143333333	-0,114244023	-1,1424402	41,4890305	41,4890305	-2,58	38,9090305
5,000	0,500	4,0000		14,862	4,195674438	6,23484E-19	1,143333333	0	0	47,9705444	47,9705444	-2,58	45,3905444
6,000	0,600	2,0000		17,835	5,03575715	6,23484E-19	1,143333333	0,114244023	1,14244023	57,57549008	57,57549008	-2,58	54,99549008

t	t	t _{final}	WL	WL	2,0580	m ;	C.Load =	1,929	m	Sec.Area Main Frame	Sec.Area Web Frame	Total Thickness	Thick. x H G x Simpson Factor	Longitudinal Moment	Vertical Moment
			1,8000	tmax	y ₀ for 1/2 B	Different WL	Different y _x	Half Girth							
			m		Ordinat	Absis	$\sqrt{Ord^2 + Abs^2}$								
		[mm]	[7]	[m]	[8]		[8] - [7]	[9]	[1] x [9]	[%]	[%]	[m]			
7,3697	12,3737	13	1,2113	0,013	1,2194	0,258	0,0081	0,2581	0,2581	0,173076923	0,057908	0,016003	0,004130758	0	0,007968233
6,8504	12,3737	13	1,3129	0,013	1,3287	0,258	0,0158	0,2585	1,0339	0,140512821	0,051307	0,015494	0,016019409	0,047617579	0,030901441
6,5863	12,3737	13	1,4034	0,013	1,4230	0,258	0,0196	0,2587	0,5175	0,140512821	0,051307	0,015494	0,008017764	0,04766549	0,015466266
6,6081	12,3737	13	1,4709	0,013	1,4926	0,258	0,0217	0,2589	1,0356	0,140512821	0,051307	0,015494	0,016045911	0,143089065	0,030952563
6,9132	12,3737	13	1,5022	0,013	1,5302	0,258	0,0280	0,2595	0,5190	0,173076923	0,057908	0,016003	0,008305935	0,098757323	0,016022148
7,4668	12,3737	13	1,4828	0,013	1,5256	0,258	0,0428	0,2615	1,0461	0,150769231	0,058182	0,015716	0,016440953	0,244353063	0,031714597
8,2190	12,3737	13	1,3778	0,013	1,4472	0,258	0,0694	0,2672	0,5343	0,150769231	0,058182	0,015716	0,008397916	0,14977646	0,016199579
9,1206	12,3737	13	1,1607	0,013	1,2667	0,258	0,1060	0,2789	1,1157	0,179487179	0,059003	0,0161	0,017962555	0,373754957	0,034649769
10,1320	12,3737	13	0,8464	0,013	0,9700	0,258	0,1236	0,2861	0,5722	0,179487179	0,060372	0,016118	0,00922213	0,219301714	0,017789488
11,2234	12,3737	13	0,4641	0,013	0,5608	0,258	0,0967	0,2755	1,1021	0,179487179	0,060646	0,016122	0,017767865	0,475333658	0,034274212
12,3737	12,3737	13	0,0000	0,013	0,0454	0,258	0,0454	0,2620	0,2620	0,179487179	0,05873	0,016097	0,004216788	0,125543709	0,008134183

Area	=	2/3 x h x Σ_4 =	15,846468	m^2	Ver. Moment	=	2/3 x h x Σ_3 =	0,483669122	m^4
Volume	=	2/3 x h x Σ_1 =	0,2507357	m^3	KG	=	V. mom/Vol =	1,929	m
Long. Moment	=	2/3 x h x Σ_2 =	3,8146852	m^4	Total Area	=	15,84646808	m^2	
Mass.	=	Volume x ρ =	1968,2751	kg	Total Volume	=	0,250735678	m^3	
LCG	=	L. mom/Vol =	15,213971	m	Total L. Mom	=	3,814685228	m^4	
					Total V. Mom	=	0,483669122	m^4	
					Total Mass	=	1968,275069	kg	

t	t	t _{final}	WL	WL	2,3170	m ;	C.Load =	2,1875	m	Sec.Area Main Frame	Sec.Area Web Frame	Total Thickness	Thick. x H G x Simpson Factor	Longitudinal Moment	Vertical Moment
			2,0580	tmax	y ₀ for 1/2 B	Different WL	Different y _x	Half Girth							
			m		Ordinat	Absis	$\sqrt{Ord^2 + Abs^2}$								
		[mm]	[7]	[m]	[8]		[8] - [7]	[9]	[1] x [9]	[%]	[%]	[m]			
7,3697	12,3737	13	1,2194	0,013	1,2230	0,259	0,0036	0,2590	0,2590	0,173076923	0,057908	0,016003	0,004145127	0	0,009067466
6,8504	12,3737	13	1,3287	0,013	1,3367	0,259	0,0080	0,2591	1,0365	0,140512821	0,051307	0,015494	0,016059084	0,047735512	0,031292426
6,5863	12,3737	13	1,4230	0,013	1,4346	0,259	0,0116	0,2593	0,5185	0,140512821	0,051307	0,015494	0,00803376	0,047760587	0,01757385
6,6081	12,3737	13	1,4926	0,013	1,5061	0,259	0,0135	0,2594	1,0374	0,140512821	0,051307	0,015494	0,016073219	0,143332581	0,035160166
6,9132	12,3737	13	1,5302	0,013	1,5485	0,259	0,0183	0,2596	0,5193	0,173076923	0,057908	0,016003	0,00831012	0,098807086	0,018178387
7,4668	12,3737	13	1,5256	0,013	1,5553	0,259	0,0297	0,2607	1,0428	0,150769231	0,058182	0,015716	0,016388858	0,243578809	0,035850627
8,2190	12,3737	13	1,4472	0,013	1,5020	0,259	0,0548	0,2647	0,5295	0,150769231	0,058182	0,015716	0,00832131	0,148410203	0,018202866
9,1206	12,3737	13	1,2667	0,013	1,3628	0,259	0,0961	0,2763	1,1051	0,179487179	0,059003	0,0161	0,01779184	0,370202816	0,03891965
10,1320	12,3737	13	0,9700	0,013	1,0993	0,259	0,1293	0,2895	0,5790	0,179487179	0,060372	0,016118	0,009331824	0,221910247	0,020413366
11,2234	12,3737	13	0,5608	0,013	0,6729	0,259	0,1121	0,2822	1,1289	0,179487179	0,060646	0,016122	0,018199422	0,486878854	0,039811236
12,3737	12,3737	13	0,0454	0,013	0,0942	0,259	0,0488	0,2636	0,2636	0,179487179	0,05873	0,016097	0,004242434	0,126106036	0,009280324

Area	=	2/3 x h x Σ_4 =	15,891829	m^2	Ver. Moment	=	2/3 x h x Σ_3 =	0,550083933	m^4
Volume	=	2/3 x h x Σ_1 =	0,550083933	m^3	KG	=	V. mom/Vol =	2,1875	m
Long. Moment	=	2/3 x h x Σ_2 =	3,8146852	m^4	Total Area	=	15,891829	m^2	
Mass.	=	Volume x ρ =	550,083933	kg	Total Volume	=	0,550083933	m^3	

LAMBUNG TIMBUL MENURUT PGMI 1986 UNTUK L < 50 M

Lambung timbul Awal (fb)

$$L = 0,96 \text{ LWL pada } 0,85 D \quad L = 29,24933 \text{ m}$$

$$L = \text{Lpp pada } 0,85 D \quad L = 30,714 \text{ m}$$

maka ukuran yang dipakai $L = 30,7142 \text{ m}$ yg terbesar

$$\begin{aligned} fb &= 0,8 L \text{ cm} \\ &= 24,5714 \text{ cm} \end{aligned}$$

Koreksi koefisien Block Cb

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

$$fb' = 17,1577 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Cb < 0,68 \quad fb' &= fb \\ fb' &= 24,5714 \text{ cm} \end{aligned}$$

Koreksi Tinggi D

$$\begin{aligned} \text{Koreksi } (D) &= 20 \left(D - \frac{L}{15} \right) \text{ cm} \\ &= 26,0477 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

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

Tinggi standart Bangunan Atas untuk L < 125 m

$$hs = 1,80 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Bangunan Atas (l)} = 4,5000 \text{ m}$$

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

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

$$l_s = 4,500 \text{ m}$$

Koreksi Bangunan Atas

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

$$\text{Koreksi} = 13,18608 \text{ cm}$$

Koreksi Lengkung Memanjang Kapal

$$\text{Tinggi Sheer di Fp} = 0 \text{ m} \quad (\text{Sf})$$

$$\text{Tinggi Sheer di Ap} = 0 \text{ m} \quad (\text{Sa})$$

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

$$A = 17,1200$$

$$B = 0,1250 * L = 3,8393$$

$$S = \Sigma / s$$

Bila :

$$A > 0 \quad \text{Koreksi LMK} = A \text{ cm}$$

$$A > 0 \text{ dan } |A| > B \quad \text{Koreksi LMK} = B \text{ cm}$$

$$A > 0 \text{ dan } |A| < B \quad \text{Koreksi LMK} = A \text{ cm}$$

jadi :

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi Cb} = 24,5714 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi D} = 0,0000 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi BA} = 13,18608 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul Awal setelah koreksi LMK} = 3,8393 \text{ cm}$$

$$\text{Lambung Timbul (f}_s\text{)} = 41,5967 \text{ cm}$$

RESISTANCE CALCULATION OF FAST PATROL BOAT

[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:

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

dimana:

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

C_F = Viscous Resistance

τ = Catamaran Wave Resistance 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 / $V^{1/3}$ =	8,479
C_B =	0,397
C_P =	0,693
C_M =	0,565
A (m^2) =	0,276
LCB Φ (m) =	-6,4

- Viscous Resistance (C_F)

Menggunakan korelasi dari ITTC 1957 sbb:

$$C_F = 0,075 / ((LOG R - 2)^2)$$

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

$$= 3,96E+08$$

$$C_F = 1,72E-03$$

$$\nu = 1,1883E-06$$

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

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

β	S / B				
	1,0	2,0	3,0	4,0	L / B ₁
	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 1	Interpolasi 2
match :	2	match :	2	β		
L/B _{DOWN} :	9,0	S/B _{DOWN} :	2,0	1,6	$\beta = 1,6000$	$\beta = 2,2685$
		S/B _{UP} :	3,0	1,6		
L/B _{UP} :	11,0	S/B _{DOWN} :	2,0	2,28	$\beta = 2,2685$	
		S/B _{UP} :	3,0	2,26		

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

L / B ₁	7	9	11	7
(1 + k)	1,45	1,3	1,17	9

11

match :	2			Interpolasi	
L / B _{DOWN} :	9	(1 + k) =	1,3	(1 + k) =	1,1700
L / B _{UP} :	11	(1 + k) =	1,17		

sedangkan:

S/B = 2,5746

L / B = 11,0000

$$\text{maka: } \begin{aligned} (1 + \beta k) &= (\beta * (1 + k)) - \beta + 1 \\ &= 1,3856 \end{aligned}$$

- Catamaran Wave Resistance Interference (τ)

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

τ	(S / L) ₁					(S / L) ₂					L / B	
	Fn				L / B	Fn						
	0,70	0,80	0,90	1,00		0,70	0,80	0,90	1,00			
τ	1,3	1,15	1,15	1,2	7	τ	1,02	0,9	0,9	0,8	7	
	1,25	1,2	1	1,23	9		1,05	1	0,9	0,9	9	
	1,2	1,1	1,2	1,05	11		1,15	1,2	1,35	1,4	11	
	(S / L) ₃					(S / L) ₄					L / B	
τ	Fn				L / B	Fn				L / B		
	0,70	0,80	0,90	1,00		0,70	0,80	0,90	1,00			
	1,13	1,13	1,13	1,12	7	1,08	1,05	1,05	1,1	7		
	1,15	1,12	1,13	1,12	9	1,08	1,2	1,1	1	9		
τ	1,15	1	0,95	1,12	11	0,98	1,25	1,15	1	11	L / B	

$(S/L)_1 =$	L/B		Fn			Interpolasi 1	Interpolasi 2
	match :	2	match :	3	τ		
	L/B _{DOWN} :	9,0	Fn _{DOWN} :	0,9	1,000		
			Fn _{UP} :	1,0	1,230	$\tau = 1,0087$	$\tau = 1,1943$
	L/B _{UP} :	11,0	Fn _{DOWN} :	0,9	1,200	$\tau = 1,1943$	
			Fn _{UP} :	1,0	1,050		

$(S/L)_2 =$	L/B		Fn			$\tau = 0,9000$	$\tau = 1,3519$	
	match	2	match	3	τ			
	L/B _{DOWN}	9,0	Fn _{DOWN}	0,9	0,900			
			Fn _{UP}	1,0	0,900			
	L/B _{UP}	11,0	Fn _{DOWN}	0,9	1,350	$\tau = 1,3519$		
			Fn _{UP}	1,0	1,400			

(S/L) ₃	L/B		Fn			Interpolasi 1	Interpolasi 2
	match :	2	match :	3	τ		
	L/B _{DOWN} :	9,0	Fn _{DOWN} :	0,9	1,130		
			Fn _{UP} :	1,0	1,120	$\tau = 1,1296$	$\tau = 0,9564$
	L/B _{UP} :	11,0	Fn _{DOWN} :	0,9	0,950	$\tau = 0,9564$	
			Fn _{UP} :	1,0	1,120		

	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0,0000	0,0872	0,1736	0,2588	0,3420	0,4226	0,5000	0,5736	0,6428	
0,0000	0,1736	0,3420	0,5000	0,6428	0,7660	0,8660	0,9397	0,9848	
0,0000	0,3420	0,6428	0,8660	0,9848	0,9848	0,8660	0,6428	0,3420	
0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000	-0,5000	-0,8660	
0,0000	-0,0264	-0,0526	-0,0783	-0,1035	-0,1279	-0,1513	-0,1736	-0,1945	
0,0000	1,0666	2,1008	3,0711	3,9481	4,7052	5,3193	5,7718	6,0489	
0,0000	0,3016	0,5669	0,7637	0,8685	0,8685	0,7637	0,5669	0,3016	
0,0000	-0,1248	-0,2161	-0,2495	-0,2161	-0,1248	0,0000	0,1248	0,2161	
0,0000	1,2171	2,3990	3,5070	4,4970	5,3210	5,9317	6,2898	6,3721	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0,0000	0,3710	0,7312	1,0689	1,3707	1,6218	1,8080	1,9171	1,9422	
0,0000	1,4838	0,7312	4,2757	1,3707	6,4874	1,8080	7,6685	1,9422	
0,0000	0,0322	0,0644	0,1250	0,1855	0,2333	0,2812	0,3067	0,3322	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0,0000	0,0322	0,0966	0,2216	0,4071	0,6405	0,9217	1,2283	1,5605	

Ordinat			
	MG		
x	0	57,29578	57,2958
y	0	4,27089	0,0000

max:	1,9422
match:	9
index:	40

	ϕ		45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
sin	1	ϕ	0,7071	0,7660	0,8192	0,8660	0,9063	0,9397	0,9659	0,9848	0,9962	1,0000
sin	2	ϕ	1,0000	0,9848	0,9397	0,8660	0,7660	0,6428	0,5000	0,3420	0,1736	0,0000
sin	4	ϕ	0,0000	-0,3420	-0,6428	-0,8680	-0,9848	-0,9848	-0,8660	-0,6428	-0,3420	0,0000
sin	6	ϕ	-1,0000	-0,8660	-0,5000	0,0000	0,5000	0,8660	1,0000	0,8660	0,5000	0,0000
GG' sin	1	ϕ	-0,2140	-0,2318	-0,2479	-0,2621	-0,2743	-0,2844	-0,2923	-0,2980	-0,3015	-0,3026
b1 sin	2	ϕ	6,1422	6,0489	5,7718	5,3193	4,7052	3,9481	3,0711	2,1008	1,0666	0,0000
b2 sin	4	ϕ	0,0000	-0,3018	-0,5669	-0,7637	-0,8685	-0,8685	-0,7637	-0,5669	-0,3016	0,0000
b3 sin	6	ϕ	0,2495	0,2161	0,1248	0,0000	-0,1248	-0,2161	-0,2495	-0,2161	-0,1248	0,0000
GZ			6,1777	5,7315	5,0818	4,2935	3,4377	2,5792	1,7655	1,0198	0,3387	-0,3026
heel angle			45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Lstatis [m]			1,8830	1,7470	1,5489	1,3087	1,0478	0,7861	0,5381	0,3108	0,1032	-0,0922
			7,5319	1,7470	6,1957	1,3087	4,1912	0,7861	2,1525	0,3108	0,4130	-0,0922
$L_{dynamis}$			0,3293	0,3264	0,2978	0,2691	0,2260	0,1829	0,1387	0,0945	0,0564	0,0184
			1,8898	2,2162	2,5139	2,7830	3,0090	3,1919	3,3306	3,4251	3,4815	3,4999

Menghitung Daya Mesin Induk

ack

Perhitungan EHP (Effective Horse Power)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_1 * V & ; & \quad (\text{PNA Vol. II hal 161}) \\ &= 668,4201 \text{ KW} & ; & \quad \text{dimana} \quad 1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ KW} \\ &= 896,3661 \text{ HP} & ; & \end{aligned}$$

Perhitungan DHP (Delivery Horse Power)

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{\eta_D} \quad 1 \text{ KW} = 1,341022 \text{ HP}$$

Tentukan Effisiensi Propulsinya

$$\eta_D = \eta_H * \eta_R * \eta_O \quad ; \quad \text{dimana :} \quad \eta_H = \text{Hull Effisiensi}$$

$$\eta_R = \text{Relative Rotative Efficiency}$$

$$\eta_O = \text{Open Propeller Efficiency}$$

Nilai dari η_R dan η_O diperoleh dari interpolasi Tabel Propulsion Factor for Model

Series 60 (PNA)

Dengan interpolasi Polinomial Langrange diperoleh harga:

$$f_1 x = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} f(x_0) + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} f(x_1)$$

Untuk η_O :

$$\eta_O = \frac{-0,4803}{-0,05} 0,666 + \frac{-0,4303}{0,05} 0,653 = 0,778$$

Untuk η_R :

$$\eta_R = \frac{-0,4803}{-0,05} 1,01 + \frac{-0,4303}{0,05} 1,014 = 0,976$$

Untuk η_H :

$$\eta_H = \frac{-0,4803}{-0,05} 1,16 + \frac{-0,4303}{0,05} 1,196 = 0,850$$

Akhirnya η_D :

$$\eta_D = \eta_O * \eta_R * \eta_H = 0,645$$

Selanjutnya η_D diketahui maka perhitungan DHP dapat dilakukan:

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{\eta_D} = 1389,343 \text{ HP}$$

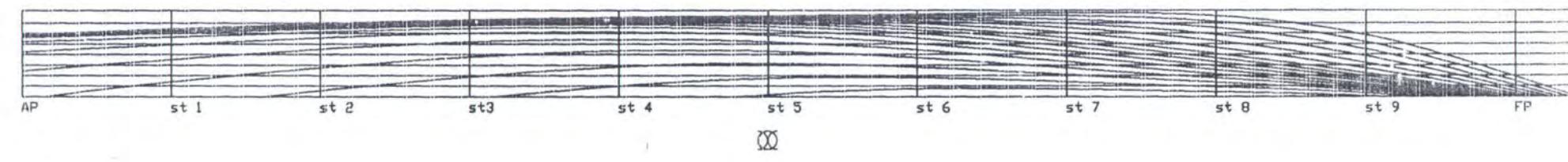
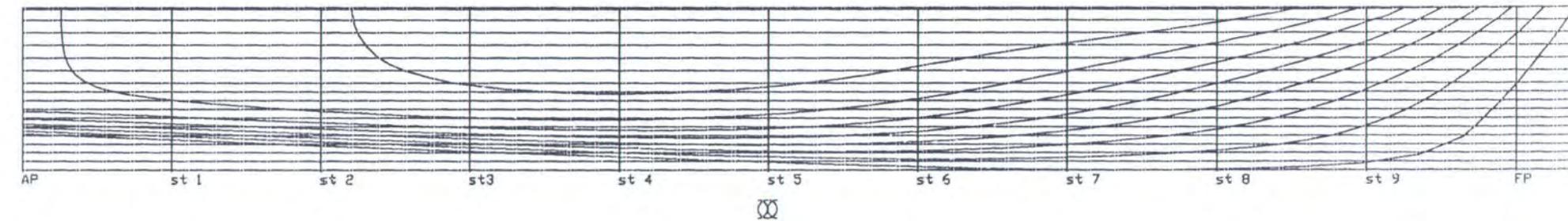
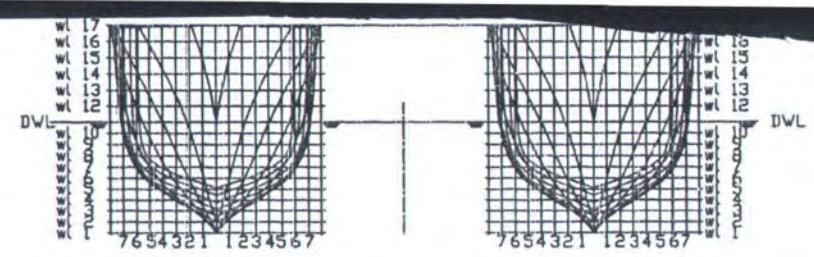
Perhitungan BHP (Brake Horse Power)

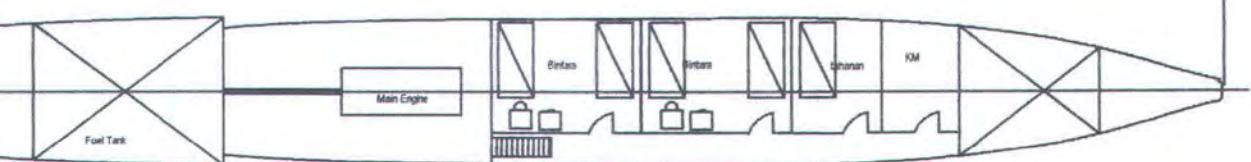
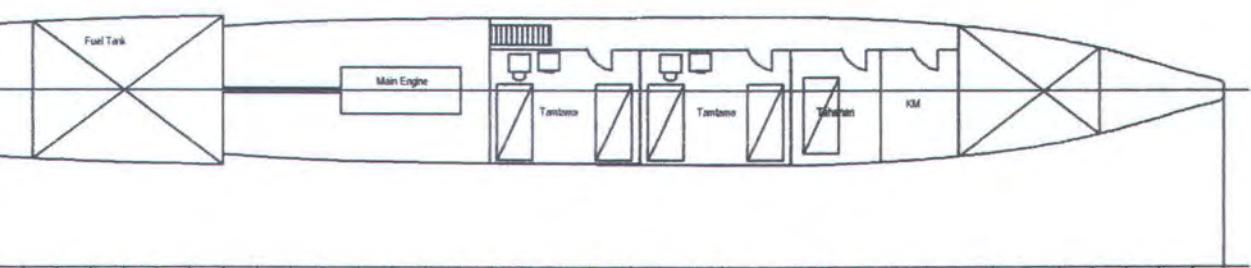
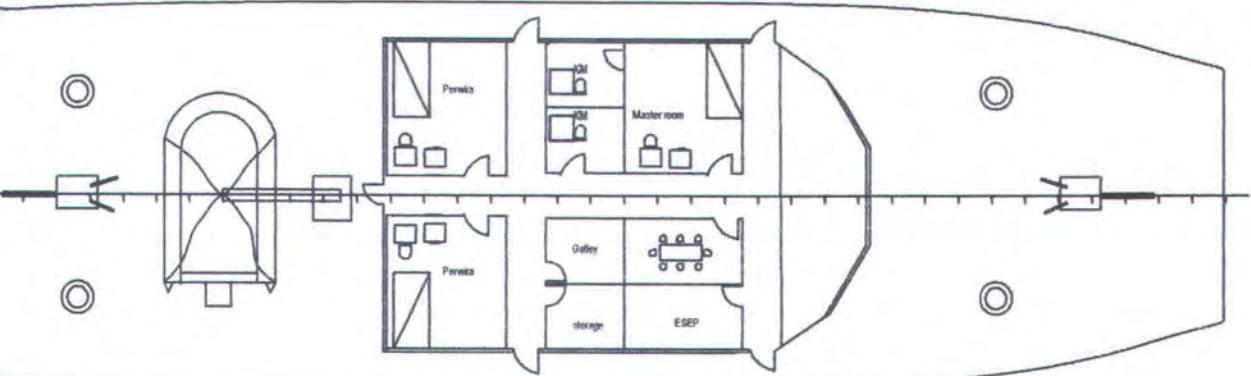
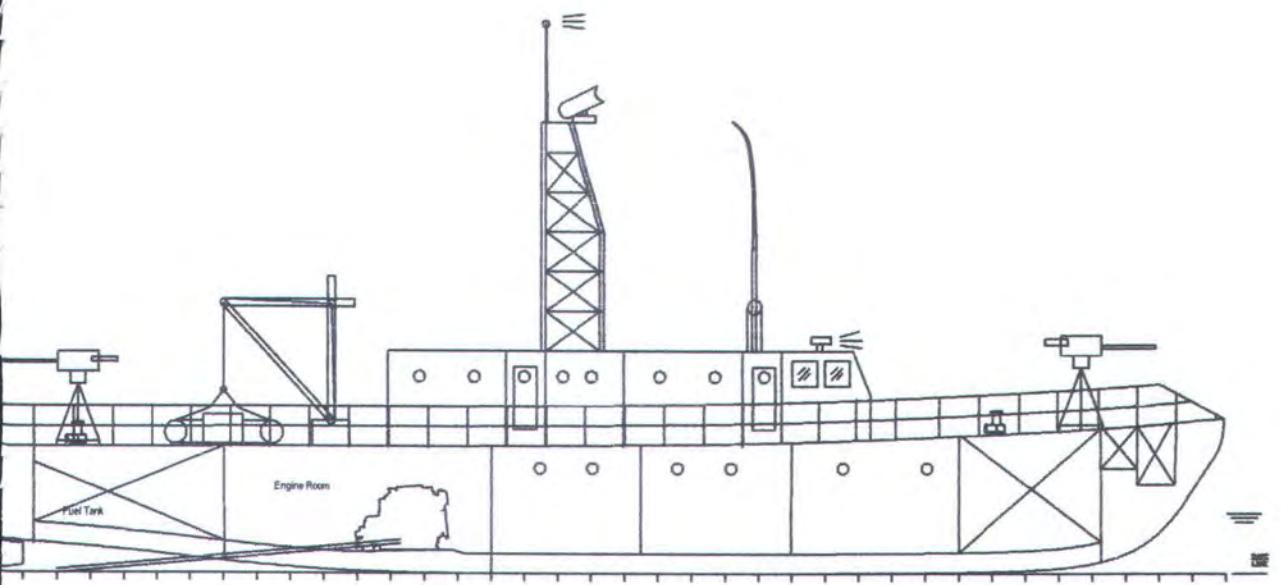
Untuk kamar mesin dibelakang ditambah dengan 3% DHP dan untuk koreksi daerah pelayaran ditambah 17% DHP, sehingga diperoleh:

$$\text{BHP} = \text{DHP} + x\% \text{ DHP} ; x_1 \text{ karena letak kamar mesin di belakang} = 3\%$$

di,

$$\text{BHP} = \underline{\underline{1681}} \text{ HP} ; x_2 \text{ karena daerah pelayaran} = 18\%$$





Itemref	Title/Name, designation, material, dimension, etc			Article No /Reference
Design by : JUNAEDY EFFENDY	Checked by :	Approved by :	Date : 09/11/06	File name : General Arrangement
CATAMARAN FAST PATROL BOAT		GENERAL ARRANGEMENT		NRP 4101.100.030

