



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI PANJANG KAPAL
DENGAN FUNGSI TUJUAN BIAYA PENGADAAN MINIMAL
PADA PEMBANGUNAN KAPAL**

SKRIPSI

**BUDI ADINUGRAHA
0405080041**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI PANJANG KAPAL
DENGAN FUNGSI TUJUAN BIAYA PENGADAAN MINIMAL
PADA PEMBANGUNAN KAPAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**BUDI ADINUGRAHA
0405080041**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Budi Adinugraha

NPM : 0405080041

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Budi Adinugraha
NPM : 0405080041
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Optimasi Panjang Kapal Dengan Fungsi Tujuan Biaya
Pengadaan Minimal Pada Pembangunan Kapal

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Hadi Tresna Wibowo ()

Penguji : Ir. M.A. Talahatu, MT ()

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo ()

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

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Bapak Hadi Tresno Wibowo, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Bapak Sigrid, selaku pihak galangan PT. Dok Kodja Bahari divisi *engineering*, yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data dan langkah-langkah pengolahan yang saya perlukan;
- (3) Bapak M.A. Talahatu, Bapak Sunaryo, dan Bapak Yanuar, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada skripsi ini;
- (4) Karyawan dan karyawan Departemen Teknik Mesin dan PT. Dok Kodja Bahari;
- (5) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan berupa dukungan material, moral, dan doa;
- (6) Budi Santoso, selaku teman seperjuangan yang telah membantu penulis mencari, mengumpulkan, dan mengolah data, serta membantu proses penyusunan skripsi ini;
- (7) Yahya Januar Ilham dan Ibnu Nurseha, selaku teman satu bimbingan skripsi yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi;
- (8) Endah Lukita Wardhani, yang telah sukarela memberikan semangat dan doanya kepada penulis di saat-saat kritis;
- (9) Septia Rafliana, yang telah menerjemahkan abstrak skripsi ini;
- (10) Jayanti Farli, yang telah membantu penulis dalam banyak hal dan selalu siap membantu penulis saat dibutuhkan;

- (11) Didik Sutrisno, yang telah sukarela menerangkan mengenai manajemen keuangan perusahaan, manajemen kredit, dan bunga bank;
- (12) Ellya Gunardi, Edward Bintang, Kurniawan Richak, dan Laode Moh Isnani, yang selalu mengingatkan penulis untuk selalu berfokus pada pengerjaan skripsi ini;
- (13) Ika Herya Kusmawati dan Nieza Manatrain, yang sudah dengan ikhlas mendoakan dan menyemangati penulis;
- (14) Ira Purdiningtyas, yang sudah menjadi motivator bagi penulis dan membantu proses pengerjaan persentasi skripsi ini;
- (15) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (16) Teman-teman teknik mesin angkatan 2005, khususnya teman-teman satu program studi teknik perkapalan; dan
- (17) Semua teman-teman yang sudah dengan suka rela menanyakan kabar dari skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2009

Budi Adinugraha

NPM : 0405080041

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

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

Nama : Budi Adinugraha
NPM : 0405080041
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**OPTIMASI PANJANG KAPAL DENGAN FUNGSI TUJUAN BIAYA
PENGADAAN MINIMAL PADA PEMBANGUNAN KAPAL**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juli 2009

Yang menyatakan,

(Budi Adinugraha)

ABSTRAK

Nama : Budi Adinugraha
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Optimasi Panjang Kapal Dengan Fungsi Tujuan Biaya Pengadaan Minimal Pada Pembangunan Kapal

Di era persaingan pasar global dan tidak stabilnya harga material, industri perkapalan nasional harus memiliki suatu keunggulan kompetitif. Salah satu contoh yang dapat dilakukan adalah dengan pengurangan biaya produksi. Dilihat dari sudut pandang desain, suatu pengurangan biaya produksi dapat dilakukan dengan mengoptimalkan bentuk kapal. Pengoptimalan bentuk kapal akan terkait langsung dengan biaya pengadaan material. Penelitian ini bertujuan untuk mencari biaya pengadaan material minimal dari suatu proses optimasi bentuk kapal. Proses yang dilakukan adalah dengan mendesain ulang kapal yang telah ada, dengan menggunakan software Maxsurf Professional. Setelah didapatkan beberapa variasi desain, kemudian dianalisis biaya pengadaan yang paling minimal. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa, memperpanjang kapal dapat meminimalisir biaya pengadaan.

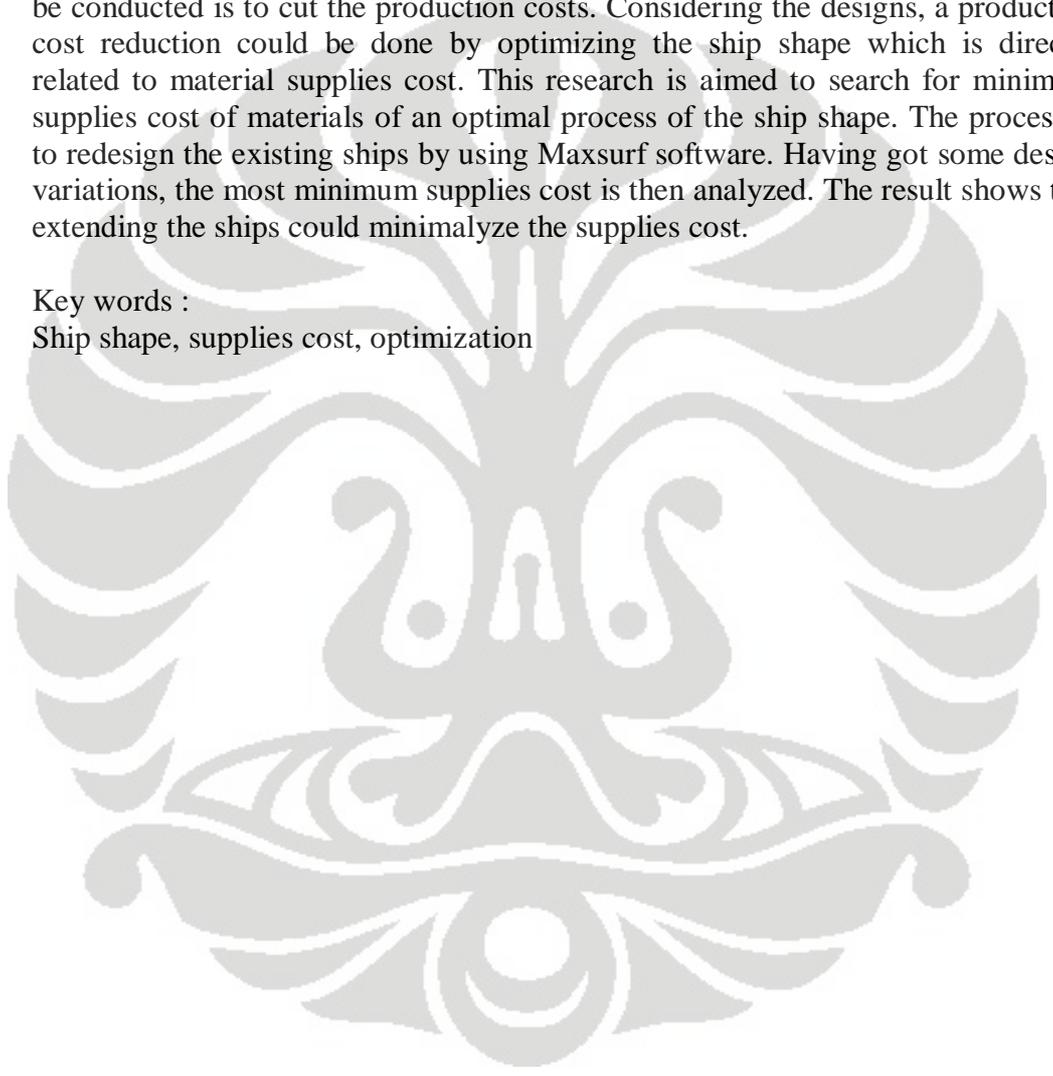
Kata kunci :
Bentuk kapal, biaya pengadaan, optimasi

ABSTRACT

Name : Budi Adinugraha
Study Program : Naval Architecture
Title : Optimized Length of Ship Using the Aim of Minimum Supplies Cost for Shipping Construction

In the era of global market competition and unstable material costs, national shipping industry should own competitive advantages. One of examples that could be conducted is to cut the production costs. Considering the designs, a production cost reduction could be done by optimizing the ship shape which is directly related to material supplies cost. This research is aimed to search for minimum supplies cost of materials of an optimal process of the ship shape. The process is to redesign the existing ships by using Maxsurf software. Having got some design variations, the most minimum supplies cost is then analyzed. The result shows that extending the ships could minimalyze the supplies cost.

Key words :
Ship shape, supplies cost, optimization



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Teori Merancang Kapal	5
2.1.1 Dimensi Utama Kapal	5
2.1.1.1 Pengaruh Dimensi Utama Kapal	7
2.1.1.2 Pengaruh Perbandingan Dimensi Utama Kapal	8
2.1.2 Koefisien Bentuk Kapal	9
2.1.3 Besaran Pada Kapal	14
2.2 Pengertian dan Tujuan Optimasi	15
2.2.1 Optimasi Dimensi Utama Kapal	16
2.2.2 Optimasi Panjang Kapal	19
2.2.3 Optimasi Biaya Pengadaan	23
3 OPTIMASI PANJANG DAN BIAYA PENGADAAN	26
3.1 Rancangan Awal Kapal	26
3.2 Optimasi Dimensi Utama Dari Segi Panjang Kapal	30
3.3 Optimasi Biaya Pengadaan	37
3.3.1 Biaya Pengadaan Baja	37
3.3.2 Biaya Instalasi Penggerak	38
4 HASIL DAN ANALISIS	40
4.1 Analisis Proses Penelitian	40
4.2 Analisis Hasil Penelitian	41
5 PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR REFERENSI	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar perbandingan dimensi utama kapal dan koefisien bentuk ...	13
Tabel 3.1	Stabilitas awal varian nol menurut IMO	28
Tabel 3.2	Hasil perhitungan displacement dan koefisien bentuk	34
Tabel 3.3	Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian nol	35
Tabel 3.4	Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian satu	36
Tabel 3.5	Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian dua	36
Tabel 3.6	Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian tiga	36
Tabel 3.7	Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian empat	36
Tabel 3.8	Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian lima	37
Tabel 3.9	Berat pengadaan baja dan biaya total pengadaan baja	38
Tabel 3.10	Biaya instalasi penggerak	39
Tabel 4.1a	Hasil optimasi panjang kapal dan biaya pengadaan	42
Tabel 4.2b	Hasil optimasi panjang kapal dan biaya pengadaan	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dimensi utama kapal	6
Gambar 2.2 Variasi luas tengah kapal pada perbandingan B/T dan B/H tetap..	20
Gambar 2.3 Pengaruh variasi panjang terhadap lambung timbul	21
Gambar 3.1 Rencana garis untuk varian nol	27
Gambar 3.2 Kurva stabilitas awal untuk varian nol.....	29
Gambar 3.3 Rencana garis untuk varian satu	32
Gambar 3.4 Rencana garis untuk varian dua	32
Gambar 3.5 Rencana garis untuk varian tiga	33
Gambar 3.6 Rencana garis untuk varian empat	33
Gambar 3.7 Rencana garis untuk varian lima	34
Gambar 4.1 Grafik perbandingan panjang kapal dengan hambatan.....	43
Gambar 4.2 Grafik perbandingan panjang kapal dengan tenaga penggerak.....	43
Gambar 4.3 Grafik perbandingan panjang kapal dengan biaya pengadaan baja	44
Gambar 4.4 Grafik perbandingan panjang kapal dengan biaya instalasi penggerak	44
Gambar 4.5 Grafik perbandingan panjang kapal dengan biaya pengadaan total	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal mempunyai peran sebagai sarana transportasi sekaligus alat kerja pertambangan, perikanan, pariwisata, maupun sebagai alat utama sistem persenjataan (alutsista). Kapal merupakan komoditi vital sehingga dapat juga dikategorikan sebagai bagian dari infrastruktur pembangunan nasional. Oleh sebab itu, industri perkapalan atau galangan kapal merupakan salah satu industri strategis dan industri masa depan yang krusial untuk ditumbuh-kembangkan.

Memahami arti penting industri perkapalan, pemerintah melalui Inpres Nomor 5 Tahun 2005, pada tahun 2010 akan memberlakukan Azas Cabotage (komoditas di dalam negeri wajib diangkut oleh kapal berbendera Indonesia). Implementasi dari regulasi tersebut mensyaratkan terpenuhinya jumlah armada kapal yang diperkirakan mencapai sekitar 654 unit.¹ Industri perkapalan nasional dituntut untuk memenuhi kebutuhan tersebut dengan mengedepankan produktivitas dan efisiensi produksi. Sebagai pendukung dari pengembangan industri perkapalan dalam menghadapi persaingan global, pemerintah mendirikan Pusat Desain dan Rekayasa Kapal Nasional (*National Ship Design And Engineering Center/NaSDEC*) di Surabaya.

Berbagai kendala dihadapi oleh industri perkapalan nasional, salah satunya dalam pengadaan material. Baja sebagai komponen utama material kapal adalah komoditi yang *unrenewable* dan ketersediannya saat ini semakin terbatas. Terlebih lagi komponen kapal yang \pm 80%-nya impor,² mengakibatkan harga pokoknya tidak stabil dan dipengaruhi banyak variabel (termasuk *crude oil*).

Untuk dapat memenangkan persaingan pasar global dan tidak stabilnya harga material, industri kapal nasional harus mempunyai *competitive advantages*. Keunggulan tersebut dapat dicapai dengan *cost reduction* penggunaan material. Dengan meminimalisir biaya penggunaan material, maka keuntungan yang didapat oleh galangan akan semakin besar.

¹ <http://www.dokkodjabahari.com/news/insentif-sektor-perkapalan-akan-diperluas-20090501-73.html>

² <http://www.antara.co.id/view/?i=1211383670&c=EKB&s>

Proses meminimalisir sendiri terkait erat dengan desain kapal yang akan dibangun. Ini berarti untuk melakukan suatu proses *cost reduction*, pihak galangan harus dapat mendesain ulang atau setidaknya dapat memodifikasi bentuk kapal sehingga biaya penggunaan material dapat dimaksimalkan. Namun, pada kenyataannya, untuk mendesain suatu bentuk kapal, memerlukan waktu yang lama.

Sekarang ini, cara yang paling mudah atau sering digunakan oleh pihak galangan adalah dengan membeli desain kapal yang telah ada. Selain itu juga, keterbatasan waktu dan tenaga, membuat galangan tidak sempat untuk melakukan variasi desain dalam mencari alternatif-alternatif yang kiranya lebih dapat menghemat biaya penggunaan material.

Seiring perkembangan jaman dan kemajuan teknologi-informasi yang begitu cepat seperti sekarang ini, seharusnya proses optimasi itu dapat dilakukan dengan mudah. Terlebih lagi dengan sudah banyak beredar berbagai macam software perancangan kapal ataupun software analisis teknik yang dapat mempermudah kita, bila ingin mendesain sebuah kapal. Tetapi, kurangnya sumber daya manusia dan para ahli dalam negeri yang menguasai software-software perancangan dan analisis teknik, menyebabkan industri perkapalan di Indonesia belum dapat bersaing dengan industri-industri perkapalan yang ada di negara lain.

Berangkat dari keinginan untuk memajukan industri perkapalan di Indonesia, penulis berminat untuk mencoba mempelajari salah satu software perancangan kapal dan melakukan suatu proses optimasi pada sebuah kapal. Penulis memilih untuk menggunakan software Maxsurf Professional sebagai alat penelitian, karena software ini termasuk salah satu software yang banyak digunakan di galangan-galangan, terutama di galangan tempat penulis melakukan penelitian. Selain itu, software Maxsurf Professional juga dapat diinteraksikan dengan beberapa software lain, seperti MS Office, AutoCAD, Corel Draw, dan lain sebagai. Sehingga penggunaan software ini dapat mempermudah proses perancangan kapal. Tampilannya yang menarik dan sangat mudah untuk dipelajari, terutama untuk kalangan akademis/universitas, juga merupakan alasan penulis menggunakan software ini. Dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis, analisis hasil penelitian difokuskan pada proses optimasi kapal.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memvariasikan suatu desain kapal secara optimal dengan biaya pengadaan yang minimal. Sehingga diharapkan hasil penelitian dan penulisan ini bisa menjadi masukan dan bahan rujukan dalam mendesain sebuah kapal.

1.3 Batasan Penelitian

Dalam melakukan optimasi panjang kapal, penulis hanya akan membahas proses optimasi dari segi pandang galangan. Optimasi panjang kapal dari segi pandang galangan dilakukan untuk mencari biaya produksi yang paling kecil (minimal). Biaya produksi yang diperhitungkan, hanya sampai pada biaya pengadaan, yaitu biaya baja yang digunakan dan biaya instalasi penggerak. Selain itu, perhitungan proses pendesainan kapal untuk mencari beberapa variasi bentuk, hanya dilakukan sampai dengan tahap pra-rancangan (*prelimary design*), dan perhitungan yang dilakukan hanya penghitungan untuk mengetahui besar hambatan dan tenaga penggerak kapal.

1.4 Metode Operasional Penelitian

Metode operasional yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Studi literature

Studi literature dilakukan untuk memperoleh referensi, informasi, dan teori yang bersumber dari buku diktat kuliah, internet, paper, jurnal, dan lain-lain.

2. Pengumpulan data

Pada tahap ini, penulis mencari data-data terkait yang dibutuhkan dalam merancang suatu kapal dan biaya-biaya yang dibutuhkan dalam membangun kapal. Data-data diperoleh merupakan hasil pengamatan langsung penulis dan wawancara langsung dengan para nara sumber.

3. Pengolahan data penelitian

Dengan menggunakan software Maxsurf Professional, penulis mendesain beberapa variasi desain berdasarkan data-data yang telah diperoleh

sebelumnya. Kemudian, dari variasi yang ada dihitung besarnya biaya pengadaannya masing-masing.

4. Analisis hasil penelitian

Penulis melakukan analisa terhadap hasil penelitian yang didasarkan pada rumusan dan teori yang telah ada di berbagai literatur.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyajian tugas akhir atau skripsi ini yang bermula dari latar belakang masalah sampai pada kesimpulan hasil penelitian, disusun sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori sebagai landasan dan pendukung dalam melakukan kegiatan penelitian.

BAB 3 OPTIMASI PANJANG KAPAL DAN BIAYA PENGADAAN

Bab ini menjelaskan tentang pengolahan data yang telah didapat dengan menggunakan bantuan software. Selain itu dijelaskan pula mengenai langkah-langkah dalam pengolahan data.

BAB 4 ANALISIS HASIL

Bab ini berisi analisis mengenai hasil yang diperoleh.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tujuan penelitian dan hasil yang didapat, serta saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Merancang Kapal

Pada dasarnya, bentuk kapal didasarkan pada dimensi utama kapal, perbandingan dimensi utama kapal, dan koefisien bentuk kapal tersebut. Secara garis besar, dimensi utama kapal dapat dibedakan menjadi panjang kapal (L), lebar kapal (B), tinggi kapal (H), dan sarat tinggi air (d).

Perbandingan dimensi utama kapal yaitu perbandingan antara L/B , L/H , B/d , dan H/d . Untuk koefisien bentuk kapal dibedakan menjadi koefisien blok (C_b), koefisien tengah kapal (C_m), koefisien garis air (C_w) dan koefisien prismatik (C_p).

Penentuan dimensi utama kapal, perbandingan utama kapal, dan koefisien bentuk kapal, harus didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan khusus, karena parameter-parameter tersebut berpengaruh terhadap sifat dan karakteristik kapal.

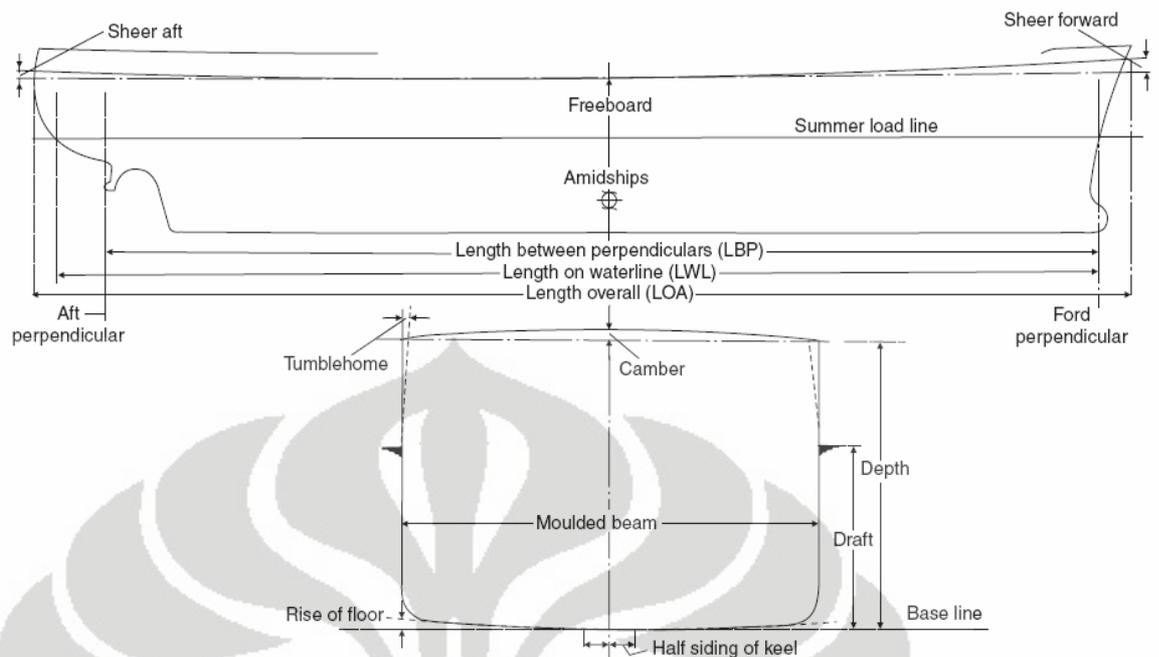
2.1.1 Dimensi Utama Kapal

Dimensi utama kapal merupakan suatu besaran skalar yang menentukan ukuran suatu kapal. Dimensi utama kapal terdiri dari:

1. Panjang Kapal (L)

Dalam penentuan panjang kapal ada tiga macam pengertian panjang kapal yang sering kali dipergunakan dalam perencanaan kapal (seperti terlihat pada gambar dibawah), yaitu:

- Panjang seluruh kapal (Length Over All = LOA) adalah jarak yang mendatar antara ujung depan tinggi haluan sampai dengan ujung belakang tinggi buritan kapal.
- Panjang garis air kapal (Length Water Line = LWL) adalah jarak mendatar sisi belakang tinggi haluan sampai dengan sisi depan tinggi buritan yang diukur pada draft tertinggi (tidak termasuk tebal kulit luar lambung kapal).
- Panjang garis tegak kapal (Length Between Perpendicular = LBP atau LPP) adalah jarak mendatar antara garis tegak haluan sampai dengan garis tegak buritan yang diukur pada garis air muatan penuh.



Gambar 2.1 Dimensi utama kapal

2. Lebar Kapal (B)

Dalam penentuan lebar kapal sering kali dijumpai tiga macam pengertian lebar kapal dalam perencanaan kapal:

- Lebar maksimum kapal (Breadht Maximum = B_{Max}) adalah jarak mendatar antara sisi-sisi luar kulit lambung kapal yang diukur pada lebar kapal terbesar.
- Lebar moulded kapal (Breadht Moulded = B_{Mid}) adalah jarak mendatar antara sisi-sisi luar kulit lambung kapal yang diukur pada garis geladak utama atau geladak kekuatan.
- Lebar perencanaan kapal (Breadht Design = B_{Design}) adalah jarak mendatar antara sisi-sisi luar kulit lambung kapal yang diukur pada gading kapal terbesar (tidak termasuk tebal kulit luar lambung kapal).

3. Tinggi Kapal (H)

Tinggi kapal (Height = H) atau sering juga disebut tinggi terendah geladak kapal (Depth = D) adalah jarak vertikal atau tegak antara garis dasar sampai dengan garis geladak yang terendah, diukur pada pertengahan panjang kapal.

4. Sarat Air Kapal (d)

Sarat air kapal (Draft atau Draught = d , atau terkadang menggunakan notasi T) adalah jarak vertikal antara garis dasar sampai dengan garis air muatan penuh atau tanda lambung timbul untuk garis muat musim panas yang diukur pada pertengahan panjang garis tegak kapal.

2.1.1.1 Pengaruh Dimensi Utama Kapal

Setiap dimensi utama kapal mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sifat dan karakteristik kapal. Adapun hal-hal yang dipengaruhi dari setiap dimensi kapal, yaitu:

1. Panjang Kapal (L)

Panjang kapal berpengaruh pada hambatan kapal, kekuatan, dan olah gerak kapal terutama saat kapal memasuki pelabuhan, selat atau terusan.

Adanya penambahan panjang kapal dengan displacement tetap akan mengurangi hambatan kapal, namun dapat mengurangi kemampuan olah gerak kapal atau manouver kapal, mengurangi kekuatan memanjang kapal (menambah longitudinal bending stress) serta mengurangi penggunaan fasilitas galangan dan terusan.

Adanya pengurangan panjang kapal dengan displacement tetap akan menyebabkan ruangan badan kapal bertambah besar.

2. Lebar Kapal (B)

Lebar kapal mempunyai pengaruh terhadap hambatan kapal dan juga stabilitas kapal, yaitu terhadap tinggi metacentre (MG).

Apabila terjadi penambahan lebar kapal dengan displacement, panjang dan sarat yang tetap, akan mengakibatkan kenaikan tinggi metacentre (MG) dan menambah ruangan badan kapal, sehingga tahanan kapal ikut bertambah.

3. Tinggi Kapal (H)

Tinggi kapal mempunyai pengaruh terhadap tinggi titik berat kapal (centre of gravity = KG), kekuatan kapal dan ruangan didalam kapal.

Apabila terjadi penambahan tinggi kapal akan mengakibatkan kenaikan tinggi titik berat kapal (KG) yang menyebabkan berkurangnya tinggi metacentre (MG), namun dapat menambah

kekuatan memanjang kapal dengan ukuran balok-balok penguat memanjang tetap.

4. Sarat Air Kapal (d)

Sarat air kapal mempunyai pengaruh terhadap titik bouyancy (KB), lambung timbul dan stabilitas. Penentuan sarat perlu mempertimbangkan kedalaman perairan yang akan dilayari kapal dan pelabuhan yang akan disinggahi.

Apabila terjadi penambahan sarat kapal pada displacement, panjang dan lebar tetap, dapat mengakibatkan kenaikan tinggi titik tekan ke atas kapal (KB) sehingga mengurangi stabilitas kapal namun dapat mengurangi hambatan kapal.

2.1.1.2 Pengaruh Perbandingan Dimensi Utama Kapal

Perbandingan dimensi utama kapal juga memberikan pengaruh terhadap sifat dan karakteristik kapal. Pengaruh-pengaruh tersebut antara lain:

1. Perbandingan antara panjang dengan lebar kapal (L/B)

Nilai perbandingan L/B mempunyai pengaruh terhadap kecepatan, stabilitas, hambatan, dan olah gerak kapal.

Kapal yang memiliki nilai perbandingan L/B yang besar akan menambah kecepatan kapal karena hambatan kapal menjadi lebih kecil, namun akan mengurangi kemampuan olah gerak dan stabilitas kapal. Sedangkan untuk kapal dengan nilai perbandingan L/B yang kecil akan memiliki kemampuan stabilitas kapal yang lebih baik namun tahanan kapal akan bertambah besar.

2. Perbandingan antara panjang dengan tinggi kapal (L/H)

Nilai perbandingan L/H mempengaruhi kekuatan memanjang kapal.

Pada kapal yang nilai perbandingan L/H besar, dapat mengurangi kekuatan memanjang kapal, dan pada kapal yang nilai perbandingan L/H kecil, akan menambah kekuatan memanjang kapal.

Penentuan persyaratan nilai perbandingan L/H kapal yang sesuai peraturan Biro Klasifikasi Indonesia:

- $L/H = 14$ untuk daerah pelayaran Samudera.
- $L/H = 15$ untuk daerah pelayaran Pantai.

- $L/H = 17$ untuk daerah pelayaran Lokal.
- $L/H =$ unrtuk daerah pelayaran Terbatas.

Apabila daerah pelayaran gelombang atau pengaruh gaya-gaya luar yang bekerja pada kapal lebih besar maka persyaratan nilai perbandingan L/H kapal akan lebih kecil.

3. Perbandingan antara lebar dengan sarat kapal (B/d)

Nilai perbandingan B/d mempunyai pengaruh terhadap stabilitas kapal.

Kapal dengan nilai perbandingan B/d yang kecil mempunyai stabilitas yang kurang baik dibanding dengan kapal yang mempunyai nilai perbandingan B/d yang lebih besar. Untuk kapal yang beroperasi di daerah pelayaran terbatas (kapal-kapal sungai), harga perbandingan B/d sangat besar karena sarat kapal (d) dibatasi dengan kedalaman sungai.

4. Perbandingan antara tinggi dengan sarat air kapal (H/d)

Nilai perbandingan H/d mempunyai pengaruh terhadap daya apung cadangan (reserve displacement).

Apabila nilai perbandingan H/d kecil akan mengurangi daya apung cadangan dan mengurangi daya muat kapal, namun menambah stabilitas kapal menjadi lebih baik. Sedangkan apabila nilai perbandingan H/d besar, maka berlaku hal yang sebaliknya.

Selisih antara tinggi kapal (H) dengan sarat air kapal (d) dinamakan lambung timbul (freeboard).

2.1.2 Koefisien Bentuk Kapal

Selain dimensi utama kapal, koefisien bentuk kapal juga turut mempengaruhi sifat dan karakteristik kapal. Koefisien bentuk kapal terdiri dari koefisien blok (C_b), koefisien tengah kapal (C_m), koefisien garis air (C_w), dan koefisien prismatik (C_p). Berikut penjelasan untuk masing-masing koefisien bentuk kapal:

1. Koefisien Blok (Block Coefficient).

Koefisien blok adalah perbandingan antara volume badan kapal yang berada di bawah permukaan air dengan volume balok yang dibentuk oleh

panjang, lebar, dan tinggi balok. Koefisien blok juga dapat ditentukan dengan pertimbangan kecepatan kapal dimana untuk kapal cepat umumnya mempunyai C_b yang kecil dan sebaliknya, untuk kapal dengan kecepatan rendah mempunyai C_b yang besar.

Koefisien blok dapat dinyatakan dengan formula, sebagai berikut:

$$C_b = \frac{Vol}{L \times B \times d} \quad (2.1)$$

dimana: C_b = koefisien blok

Vol = volume badan kapal yang di bawah permukaan air

L = panjang garis air kapal

B = lebar garis air kapal (lebar carene)

D = sarat air kapal

Badan kapal mempunyai bentuk yang gemuk atau ramping tergantung dari nilai koefisien balok. Kapal cepat mempunyai nilai C_b kecil sedang kapal lambat mempunyai nilai C_b besar. Selain dengan pendekatan rumus diatas, pehitungan C_b kapal juga dapat dengan menggunakan rumus pendekatan dengan menggunakan kecepatan kapal, yaitu sebagai berikut:

- Metode *Kerleen*:

$$C_b = 1.179 - 0.333 \frac{v}{\sqrt{L}} \quad (2.2)$$

- Metode *Chirila*:

$$C_b = 1.214 - 0.374 \frac{v}{\sqrt{L}} \quad (2.3)$$

- Metode *Sabit, Series 60*:

$$C_b = 1.173 - 0.368 \frac{v}{\sqrt{L}} \quad (2.4)$$

- *Schneekluth*

$$C_b = 1.17 - 0.361 \frac{v}{\sqrt{L}} \quad (2.5)$$

2. Koefisien Tengah Kapal (Midship Coefficient).

Koefisien gading besar adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang berada di bawah permukaan air dengan luas empat persegi panjang yang dibentuk oleh lebar dan tinggi segi empat.

Koefisien gading besar dapat dinyatakan dengan formula, sebagai berikut:

$$C_m = \frac{A_m}{B \times d} \quad (2.6)$$

dimana: C_m = koefisien gading besar

A_m = luas penampang tengah kapal dibawah permukaan air

B = lebar kapal

D = sarat air kapal

Tengah kapal merupakan penampang melintang kapal yang terbesar. Bentuk penampang melintang yang sama pada bagian dari panjang kapal dinamakan parallel middle body. Kapal yang memerlukan ruang muat yang besar harus mempunyai penampang tengah kapal yang cukup besar atau nilai C_m besar. Metode lain yang dapat digunakan untuk mencari pendekatan besarnya nilai C_m , antara lain:

- Metode *RF Scheltema De Keere*:

$$C_m = 1.05 - \frac{0.025}{C_b - 0.35} \quad (2.7)$$

- Metode *Sabit, Series 60*:

$$C_m = 0.08 C_b + 0.93 \quad (2.8)$$

- Metode *Van Lammeren*:

$$C_m = 0.9 + 0.1 \sqrt{C_b} \quad (2.9)$$

- Metode *A Schoeker*:

$$C_m = 0.91 + 0.1 \sqrt{C_b} \quad (2.10)$$

3. Koefisien Garis Air (Water Plane Coefficient).

Koefisien garis air adalah perbandingan antara luas penampang garis air dengan luas empat persegi panjang yang dibentuk oleh panjang dan lebar segi empat.

Koefisien garis dapat dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$C_w = \frac{A_w}{L \times B} \quad (2.11)$$

dimana: C_w = koefisien garis air

A_w = luas penampang garis air

L = panjang garis air kapal

B = lebar garis air kapal

Kapal cepat mempunyai nilai C_w kecil dan bentuk garis air yang tajam, koefisien garis air mempunyai pengaruh terhadap jari-jari metacentre (MB). Metode lain yang dapat digunakan untuk mencari nilai pendekatan untuk C_w , antara lain:

- Metode *Posdunine*:

$$C_w = \frac{1 + 2Cb}{3} \quad (2.12)$$

- *Schneekluth*

$$C_w = 0.95 C_p + 0.17 (1 - C_p)^{1/3} \quad (2.13)$$

4. Koefisien Prismatik (Prismatic Coefficient).

Ada dua macam koefisien prismatik, yaitu:

- Koefisien Prismatik Memanjang (Longitudinal Prismatic Coefficient).
- Koefisien Prismatik Tegak (Vertical Prismatic Coefficient).

Koefisien prismatik tegak tidak sering dipergunakan dalam perhitungan kapal, tetapi koefisien prismatik memanjang yang seringkali digunakan dalam perhitungan kapal.

1. Koefisien Prismatik Memanjang (Longitudinal Prismatic Coefficient).

Koefisien prismatik memanjang adalah perbandingan antara volume badan kapal yang berada di bawah permukaan air dengan volume prisma yang dibentuk oleh luas penampang gading besar dan panjang prisma.

Koefisien prismatik memanjang dapat dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$C_p = \frac{Vol}{A_m \times L} \quad (2.14)$$

dimana: C_p = koefisien prismatik memanjang

Vol = volume badan kapal dibawah permukaan air

L = panjang garis air kapal

2. Koefisien Prismatik Melintang (Vertical Prismatic Coefficient).

Koefisien prismatik melintang adalah perbandingan antara volume badan kapal yang berada di bawah permukaan air dengan volume prisma yang dibentuk oleh luas penampang garis air dan tinggi prisma.

Koefisien prismatik melintang dapat dinyatakan dengan formula sebagai berikut :

$$C_{pv} = \frac{Vol}{A_w \times T} \quad (2.15)$$

dimana: C_{pv} = koefisien prismatik melintang

Vol = volume badan kapal di bawah permukaan air

A_w = luas penampang garis air

T = sarat air kapal

Bentuk kelangsingan badan kapal tergantung dari nilai C_p . Apabila perubahan bentuk penampang melintang pada sepanjang panjang kapal yang kecil (perubahan bentuk penampang sedikit), maka nilai C_p besar.

Tabel 2.1 Daftar perbandingan dimensi utama kapal dan koefisien bentuk.

No.	Tipe Kapal	L/B	T/B	B/H	T/H	L/H	C_b	C_m	C_w
1	Kapal cepat besar ($V_d = 22$ Knot)	8.50-9.90	0.37-0.43	1.45-1.55	0.58-0.66	12.8-14.9	0.59-0.63	0.93-0.96	0.72-0.76
2	Kapal barang besar ($V_d = 15-18$ Knot)	8.90-9.00	0.40-0.50	1.50-1.70	0.64-0.80	13.30-15	0.67-0.75	0.94-0.97	0.78-0.84
3	Kapal barang besar ($V_d = 10-15$)	7.00-8.50	0.40-0.50	1.50-1.80	0.66-0.82	11.6-14.0	0.75-0.82	0.96-0.98	0.85-0.87
4	Kapal Sedang	7.00-8.50	0.40-0.50	1.50-1.80	0.66-0.82	11.6-14.0	0.75-0.82	0.96-0.98	0.85-0.87
5	Kapal cepat jarak pendek ($V_d = 16-23$ Knot)	7.50-8.50	0.25-0.35	1.55-2.20	0.70-0.99	11.0-15.4	0.73-0.80	0.95-0.99	0.83-0.87
6	Kapal Ikan	5.00-6.00	0.40-0.50	1.50-1.80	0.74-0.84	8.50-10.00	0.45-0.55	0.72-0.82	0.72-0.78
7	Kapal-kapal kecil	6.00-8.50	0.35-0.45	1.50-1.70	0.56-0.72	9.60-13.60	0.45-0.60	0.76-0.90	0.74-0.80
8	Kapal-kapal motor kecil (layer)	3.20-6.30	0.30-0.50	-	0.60-0.30	6.00-11.00	0.50-0.66	0.89-0.94	0.72-0.82

Sumber: Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1

2.1.3 Besaran Pada Kapal

Selain dimensi utama kapal dan koefisien bentuk kapal, terdapat pula beberapa besaran yang harus dihitung dalam merancang sebuah kapal. Besaran-besaran ini mempunyai arti dan fungsinya masing-masing. Berikut penjelasan beberapa besaran pada kapal:

1. Displacement Kapal.

Displacement kapal merupakan berat karene atau hasil perkalian antara volume badan kapal yang berada di bawah permukaan air (volume displacement) dengan berat jenis air. Sesuai dengan hukum Archimedes maka displacement kapal sama dengan gaya tekan ke atas. Apabila ditulis dengan formula, sebagai berikut:

$$\Delta = Lwl \times Bwl \times d \times Cb \times \hat{\rho}_{air} \quad (2.16)$$

dimana: Lwl = panjang kapal pada bagian kapal yang tercelup air

Bwl = lebar kapal pada bagian kapal yang tercelup air

d = sarat kapal

Cb = koefisien blok

$\hat{\rho}_{air}$ = berat jenis air, untuk air tawar (1.000 ton/m^3) dan air laut ($1.025-1.030 \text{ ton/m}^3$)

Selain dengan pendekatan rumus (2.16), displacement kapal juga dapat dihitung dengan metode pendekatan sebagai berikut:

$$\text{Displacement} = \text{Deadweight} + \text{Lightweight} \quad (2.17)$$

2. Deadweight (Berat Mati)

Deadweight (DWT) adalah berat muatan yang diangkut kapal. DWT dapat berupa:

- Berat muatan bersih
- Berat bahan bakar
- Berat air tawar
- Berat pelumas
- Berat awak kapal dan Penumpang serta perlengkapannya.
- Berat makanan

3. Lightweight (Berat Kapal Kosong)

Lightweight (LWT) adalah berat kapal kosong atau kapal tanpa muatan sesuai dengan ukuran utama kapal, koefisien bentuk kapal, estimasi tenaga mesin dan skeepa/layout rencana umum kapal. LWT terdiri dari unsur-unsur:

- Berat konstruksi kapal termasuk bangunan atas
- Berat peralatan dan perlengkapan
- Berat instalasi permesinan dan listrik
- Berat cadangan berat

2.2 Pengertian Dan Tujuan Optimasi

Optimasi bentuk kapal adalah penentuan dimensi utama kapal dan parameter-parameternya berdasarkan nilai-nilai teknis-ekonomis. Yang dimaksud dengan parameter dalam hubungan ini adalah C_b dan perbandingan dimensi utama kapal. Pada umumnya, optimasi diartikan dengan pemilihan/penentuan suatu optimum dari sejumlah kemungkinan (alternatif), terbatas atau tidak terbatas, berdasarkan segi pandang ilmiah. Syarat untuk dapat melakukan optimasi adalah keharusan adanya kemungkinan untuk memilih. Optimasi bentuk kapal sendiri dapat dipandang dari dua cara pandang yang berbeda, yaitu optimasi bentuk kapal dipandang dari segi pandang pelayaran dan optimasi bentuk kapal yang dipandang dari segi pandang galangan.

Optimasi bentuk kapal bagi perusahaan pelayaran, adalah maksimasi keuntungan terutama maksimasi rentabilitas dapat merupakan hal yang menarik, karena banyak keuntungan yang tercakup dalam maksimasi rentabilitas. Salah satunya adalah, di dalam keuntungan tersebut juga tercakup biaya pembuatan. Dalam semua hal yang dibahas sampai sekarang, biaya pembuatan merupakan sesuatu yang penting. Dalam keadaan-keadaan tertentu, kapal yang paling murah merupakan yang menarik bagi perusahaan pelayaran.

Sedangkan bagi galangan, optimasi bentuk kapal adalah untuk meminimalisasi biaya pembuatan yang identik dengan optimasi keuntungan dan optimasi rentabilitas. Dengan demikian sudah cukup bila dilakukan perhitungan minimasi

biaya yang tidak terlalu sukar jika hasil-hasil dari tiga kriteria optimasi, yaitu: biaya pengadaan kecil, biaya tahunan yang rendah, dan rentabilitas tinggi.

2.2.1 Optimasi Dimensi Utama Kapal

Pada variasi dimensi utama dan parameter bentuk untuk tujuan optimasi ada dua hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Tujuan perhitungan hanyalah optimasi dimensi utama dan parameter bentuk kapal.
2. Harus ada permintaan secara konkrit dari pelayaran dalam bentuk daya angkut kapal dan peraturan-peraturan pembangunannya. Ini berarti perusahaan pelayaran menetapkan besaran-besaran yang relevan seperti berat muatan atau DWT, volume ruang muat, kecepatan, tingkat perlengkapan dan peralatan, tipe kapal, ukuran bangunan atas dan rumah geladak, kelas, konstruksi dan struktur serta nilai-nilai stabilitas yang diinginkan.

Permintaan kongkrit sifat-sifat kapal semacam ini dapat direalisasikan dengan dimensi utama dan parameter bentuk yang bermacam-macam. Dengan demikian dapat dipilih nilai-nilai yang ekonomis optimal. Optimasi dilakukan dalam dua tahap:

Tahap pertama:

Berawal dari rancangan kapal yang akseptabel bagi kalangan perusahaan pelayaran, maka dimensi utamanya divariasikan dengan tetap tidak merubah persyaratan-persyaratan yang telah ditetapkan oleh pelayaran. Langkah ini memerlukan pekerjaan perancangan khusus. Untuk mempertahankan permintaan pelayaran dapat dilakukan dengan beberapa macam cara sebagai berikut:

1. Bentuk kapal didistorsi dan dilakukan sedemikian rupa hingga permintaan pelayaran kurang lebih masih dapat dipenuhi.

Kesalahan-kesalahan yang timbul akibat distorsi yang dilakukan perlu dikoreksi kemudian. Sebagai contoh umpamanya, daripada mempertahankan DWT, sebagai permulaan lebih mudah mengusahakan displacement supaya tetap sama untuk semua varian.

Perubahan displacement karena berubahnya berat massa instalasi mesin sementara diabaikan, untuk dikoreksi pada tahap perhitungan selanjutnya. Cara seperti ini baik sekali untuk perhitungan secara manual.

2. Permintaan pelayaran, sudah dari awal mula dimasukkan dalam perhitungan. Ini berarti bahwa dalam memilih dimensi utama, pengertian mengenai pengaruh dimensi utama terhadap sifat-sifat kapal harus dikuasai dengan baik. Pengetahuan mengenai perubahan berat kapal kosong yang disebabkan oleh perubahan dimensi utama harus diketahui (juga untuk cara perhitungan pertama). Pengetahuan ini harus terperinci untuk setiap kelompok berat. Untuk cara seperti ini dapat dibuat program dengan menggunakan komputer. Bagi rancangan-rancangan khusus yang saat ini sering diminta, bila perlu dapat diadakan penyesuaian-penyesuaian secara manual seperti yang dilakukan pada butir pertama.
3. Kemungkinan lain variasi dimensi utama untuk memenuhi permintaan pelayaran, adalah dengan cara memvariasikannya dalam jumlah banyak secara bebas terbatas terhadap permintaan pelayaran. Dari sekian banyak variasi yang diperhitungkan, hanya beberapa yang dipilih untuk dihitung lebih lanjut. Yang terpilih ini adalah kapal-kapal yang kurang lebih memenuhi permintaan.

Tahap kedua:

Setiap varian yang memenuhi permintaan pelayaran, dinilai dan dipilih atas dasar perhitungan ekonomi perusahaan. Pertimbangan-pertimbangan selanjutnya terkait lagi pada tahap pertama dengan segi teknis variasi dimensi, dengan cara perhitungan pada tahap pertama butir satu dan dua. Pada setiap variasi, setiap perbedaan dimensi utama dari variasi nol (variasi awal) memerlukan suatu kompensasi. Sebagai contoh, bila lebar kapal rancangan asal diperkecil, karena harus melewati pintu air tertentu, maka ruang bawah geladak, displacement, dan stabilitasnya akan mengecil juga. Semua sifat-sifat tersebut harus diusahakan supaya kembali seperti pada rancangan asal, dengan cara memvariasikan dimensi-dimensi lainnya. Seandainya tinggi dan sarat kapal diperbesar, mungkin sekali isi ruang muat dan DWT dapat dikembalikan seperti yang diinginkan, tetapi stabilitas akan tetap kecil.

Pengurangan displacement dan ruang bawah geladak yang disebabkan karena pengurangan lebar, pada umumnya tidak dapat secara memuaskan dikompensir dengan memperbesar tinggi kapal. Dari segi dimensi utama, stabilitas hanya dapat dipertahankan jika bersamaan dengan pengurangan lebar, dilakukan pula pengurangan tinggi. Tetapi dengan demikian pengurangan displacement dan ruang bawah geladak bertambah besar. Dalam hal ini kompensasi dapat diusahakan dengan memperpanjang kapal, yang tentunya akan terbatas dan tidak dapat diperpanjang semauanya.

Seperti yang dinyatakan sebelumnya, cara perhitungan yang diuraikan disini berangkat dari dimensi-dimensi yang sebelumnya telah dipilih dan yang mendekati nilai-nilai rancangan yang dipersyaratkan. Untuk ini bermanfaat sekali bila perubahan dimensi utama dilakukan secara terkait antara satu dengan lainnya serta memenuhi persyaratan-persyaratan berikut:

1. Dimensi utama harus mengarah kepada kapal yang dapat memenuhi permintaan pelayaran.
2. Perbandingan-perbandingan dimensi utama yang sudah terang akan menghasilkan kapal yang tidak ekonomis, harus dihindari.

Untuk dapat memenuhi persyaratan rancangan dan sekaligus mendapatkan semua variasi yang pantas (layak), cukup digunakan panjang dan koefisien blok sebagai variabel bebas. Koefisien blok C_b dapat diganti dengan koefisien prismatic C_p sebagai variabel bebas. Pada intinya, kedua nilai ini harus dikaitkan dengan koefisien tengah-kapal C_m yang telah ditentukan sebelumnya.

Jika jumlah variabel bebas diperbanyak, maka syarat-syarat yang telah ditentukan sebelumnya, akan terganggu. Akibatnya adalah persyaratan rancangan tidak dapat dipertahankan atau rancangan akan menjadi lebih tidak ekonomis.

Pada cara-cara optimasi lain yang menggunakan lebih dari dua variabel bebas, kerugian atau perbedaan tersebut diatas untuk sementara ditolerir. Dalam proses perhitungan berikutnya varian-varian yang tidak cocok harus dieliminir.

Bila dalam analisa selanjutnya, lebar kapal dimasukkan sebagai variabel bebas (malahan sebagai yang pertama), maka di satu pihak menunjukkan bahwa pada dasarnya ada kemungkinan untuk merubah lebar. Di lain pihak ada baiknya untuk pertama kali mengetahui konsekuensi dan batas-batas variasi lebar, sebelum mengadakan variasi panjang dan koefisien blok. Dengan uraian tersebut diatas, maka untuk variasi dimensi utama variabel bebas dibatasi pada nilai-nilai: lebar kapal, panjang kapal, dan koefisien blok (C_b).

Adapun variasi-variasi dimensi utama kapal yang dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Lebar kapal

Panjang kapal dan koefisien blok tetap konstan. Perbandingan lebar dan sarat divariasikan dengan luas tengah-kapal tetap konstan.

2. Panjang kapal

Dengan variasi panjang, luas tengah kapal berubah berbanding terbalik proporsional dengan panjang. Perbandingan lebar terhadap sarat tetap konstan. Dengan demikian pada pendekatan pertama stabilitas awal tetap konstan.

3. Koefisien blok

Panjang kapal tetap konstan. Yang divariasikan adalah luas tengah-kapal berbanding terbalik proporsional dengan koefisien blok. Perbandingan lebar dengan sarat pada tahap pertama diusahakan konstan untuk mempertahankan stabilitas awal yang telah ditentukan sebelumnya.

Pada variasi-variasi ini mula-mula displacement diusahakan konstan. Perubahan displacement yang disebabkan oleh variasi, dapat diperbaiki kemudian. Tetapi dapat juga sekaligus dimasukkan dalam program. Hal semacam ini dapat juga dilakukan bagi ruang bawah geladak. Seperti pada displacement, koreksi juga dilakukan kemudian atau sekaligus dalam program. Pada pokoknya harus diperhatikan bahwa dalam memvariasikan semua ini, stabilitas harus cukup dan memenuhi permintaan.

2.2.2 Optimasi Panjang Kapal

Panjang kapal berpengaruh sekali terhadap rancangan kapal. Hal ini dapat dilihat dari variasi panjang dengan mempertahankan DWT dan isi ruang muat

tetap konstan. Dengan demikian luas tengah kapal (gading utama) akan berubah proporsional terbalik dengan perubahan panjang kapal, sedangkan perbandingan lebar dengan sarat serat lebar dengan tinggi tidak berubah. Dengan tetapnya displacement dan ruang bawah geladak dapat diperkirakan bahwa DWT dan isi ruang muat juga akan mendekati konstan.



Gambar 2.2 Variasi luas tengah kapal pada perbandingan B/T dan B/H tetap

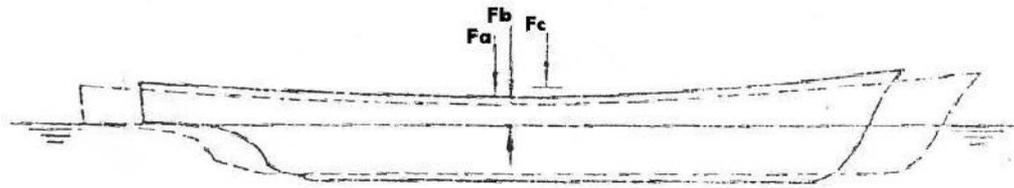
Bila seandainya panjang diperbesar 10% maka luas tengah kapal perlu dikurangi 10%, sedangkan tinggi, lebar, dan sarat perlu masing-masing dikurangi sebesar 5%. Yang akan tetap konstan adalah perbandingan-perbandingan B/T dan H/T serta koefisien blok C_b . Perbandingan-perbandingan L/B dan L/H meningkat kurang lebih sebesar 16%. Memperbesar panjang akan menimbulkan konsekuensi-konsekuensi sebagai berikut:

1. Menurut peraturan, lambung timbul harus diperbesar sedangkan yang terjadi adalah sebaliknya (lambung timbul berkurang).
2. Stabilitas awal mengecil.
3. Sifat tetap arah membaik.
4. Manuverabilitas menurun.
5. Berat baja meningkat.
6. Pengurangan penggunaan bahan bakar, pada jarak pelayaran sama.

Hal-hal tersebut masih dapat diperluas, bila efek-efek kecil juga dimasukkan.

Konsekuensi 1. Lambung timbul sesuai peraturan harus diperbesar.

Pada pemanjangan kapal, lambung timbul yang sebenarnya menjadi kecil, akan tetapi menurut peraturan justru harus diperbesar. Dengan akibat kemungkinan akan bertentangan.



Gambar 2.3 Pengaruh variasi panjang terhadap lambung timbul

Keterangan: Fa = lambung timbul bentuk awal

Fb = lambung timbul kapal yang diperpanjang

Fc = lambung timbul menurut peraturan bagi kapal yang diperpanjang

Mengurangi panjang kapal, tidak pernah akan bertentangan dengan peraturan lambung timbul. Sebaliknya pemanjangan kapal hanya dapat dilakukan secara terbatas, yaitu:

1. Pada *full-scantling ship* dengan *freeboard*, pemanjangan dapat dilakukan sampai mencapai batas lambung timbul sesuai peraturan.
2. Pada *shelter decker* dalam batas-batas yang cukup luas, letak geladak lambung timbul dapat divariasikan, tanpa tergantung pada tinggi kapal.
3. Pada *full-scantling ship*, pemanjangan kapal mengharuskan penambahan tinggi kapal (karena lambung timbul) hingga melebihi ukuran yang ditetapkan sesuai skema variasi. Dengan demikian ruang yang tersedia melebihi yang diinginkan. Ruang lebih tidak diinginkan ini dapat dihindarkan bila sebagai kompensasi kebutuhan ruang-ruang lainnya seperti rumah geladak dan bangunan atas dapat dipindahkan ke bawah geladak..

Dalam hal ini hanya akan dibahas hal-hal yang tidak menimbulkan diskrepansi antara lambung timbul menurut peraturan dan lambung timbul yang diakibatkan oleh skema variasi. Sebagai kesimpulan dapat dinyatakan bahwa variasi panjang mungkin dilakukan untuk hal-hal sebagai berikut:

1. *Full-scantling ship* dengan lambung timbul
2. *Shelter decker*
3. Untuk *full-scantling ship* dapat dipendekan atau dipanjangkan asal terdapat kemungkinan kompensasi lambung timbul menurut peraturan dengan memperkecil koefisien blok.

Konsekuensi 2. Pengurangan stabilitas awal.

Perhitungan optimasi menentukan antara lain stabilitas awal harus tetap konstan untuk deretan variasi. Ketentuan ini selain dimaksudkan untuk tidak mengurangi ketetapan-ketetapan wajib, juga untuk dapat memperbandingkannya. Perubahan stabilitas awal yang terkait dengan variasi dapat dikompensir dengan perubahan kecil dari perbandingan lebar dengan sarat. Dalam hal ini, tinggi dan sarat kapal sedikit lebih diperkecil. Akibatnya adalah berat baja bertambah dan memperkecil pengurangan tenaga penggerak.

Konsekuensi 3 dan 4. Sifat tetap arah dan manuverabilitas.

Dua sifat tersebut saling bertentangan. Pengaruh perubahan panjang dapat diimbangi secara konstruktif, umpamanya dengan pembentukan skeg yang sesuai. Luas daun kemudi yang cukup besar berpengaruh baik terhadap kedua sifat ini.

Ikhtisar Pengaruh Variasi Panjang Kapal

Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa variasi panjang kapal akan menimbulkan pengaruh-pengaruh yang dapat dibagi menjadi tiga kelompok:

1. Kelompok pertama: akibat konsekuensi 1, yaitu perubahan dari lambung timbul yang ada dapat bertentangan dengan yang wajib. Ketentuan dalam peraturan lambung timbul menyebabkan adanya batasan-batasan variasi.
2. Kelompok kedua: akibat konsekuensi 2 dan 4 efek-efek (akibat-akibat) kecil yang timbul seperti perubahan-perubahan stabilitas awal, sifat tetap arah dan manuverabilitas, bila perlu dapat dikoreksi dengan perubahan-perubahan konstruktif terbatas, hingga dapat dikembalikan pada nilai-nilai asalnya.
3. Kelompok ketiga: akibat konsekuensi 5, 6, dan 7. Perubahan sifat yang berpengaruh sekali pada segi biaya. Perubahan berat baja lambung, tenaga penggerak dan pemakaian bahan bakar berpengaruh sekali terhadap tiga kriteria optimasi:
 - Biaya pengadaan
 - Keuntungan, dan
 - Rentabilitas

Oleh karena itu bagi perhitungan perubahan-perubahan berat baja, tenaga penggerak dan pemakaian bahan bakar sebagai fungsi dari variasi dimensi utama justru perlu mendapat perhatian khusus.

Optimasi panjang kapal secara ekonomis tidaklah identik dengan suatu optimum teknis. Usaha untuk mencapai panjang optimum ekonomis mengakibatkan timbulnya persyaratan-persyaratan teknis, yang bila secara sendiri-sendiri diperhitungkan akan menghasilkan bermacam panjang kapal yang berbeda-beda. Sebagai contoh umpamanya, permintaan akan tenaga penggerak paling kecil menyebabkan kapal yang panjang sekali sedangkan bila yang diminta berat baja lambung sekecil mungkin, akan mengakibatkan kapal yang pendek sekali. Ukuran yang benar bagi panjang optimum kapal dapat dihitung dengan membandingkan secara ekonomis beberapa varian panjang kapal. Semua sifat lainnya harus sama, seperti ukuran bangunan atas dan rumah geladak, kelas, sistem konstruksi baja dan stabilitas.

2.2.3 Optimasi Biaya Pengadaan

Untuk optimasi biaya pengadaan, tidak perlu semua komponen biaya dicakup. Yang diperlukan hanyalah biaya yang tergantung dari variasi seperti:

1. Biaya baja yang digunakan.

Dengan syarat bahwa bangunan atas dan rumah geladak tidak terpengaruh oleh variasi, maka cukup biaya baja lambung saja yang diperhitungkan. Biaya baja lambung didapatkan dari perkalian antara berat baja lambung dengan satuan biaya per satuan berat (satuan biaya spesifik). Satuan biaya ini, dalam rangka variasi panjang dengan C_b konstan, untuk satu deretan variasi adalah tetap, disebabkan karena derajat kesukaran pembuatannya juga sama.

2. Biaya instalasi penggerak.

Biaya pengadaan instalasi penggerak untuk sementara dianggap kontinyu variabel dan didapatkan dari perkalian antara besarnya daya penggerak dan satuan biaya per satuan daya. Kemungkinan lain yang dapat digunakan dalam perhitungan adalah harga catalog motor, *gear box*, dan bagian-bagian lain yang belum tercakup dapat diperhitungkan dengan cara mengalikan harga instalasi penggerak pokok dengan suatu faktor

pengalaman. Faktor ini hanya mencakup bagian-bagian yang merupakan fungsi dari daya penggerak saja. Instalasi listrik, saluran pipa ballast di dalam rancangan instalasi mesin, terpengaruh oleh variasi.

3. Biaya untuk kelompok peralatan dan perlengkapan

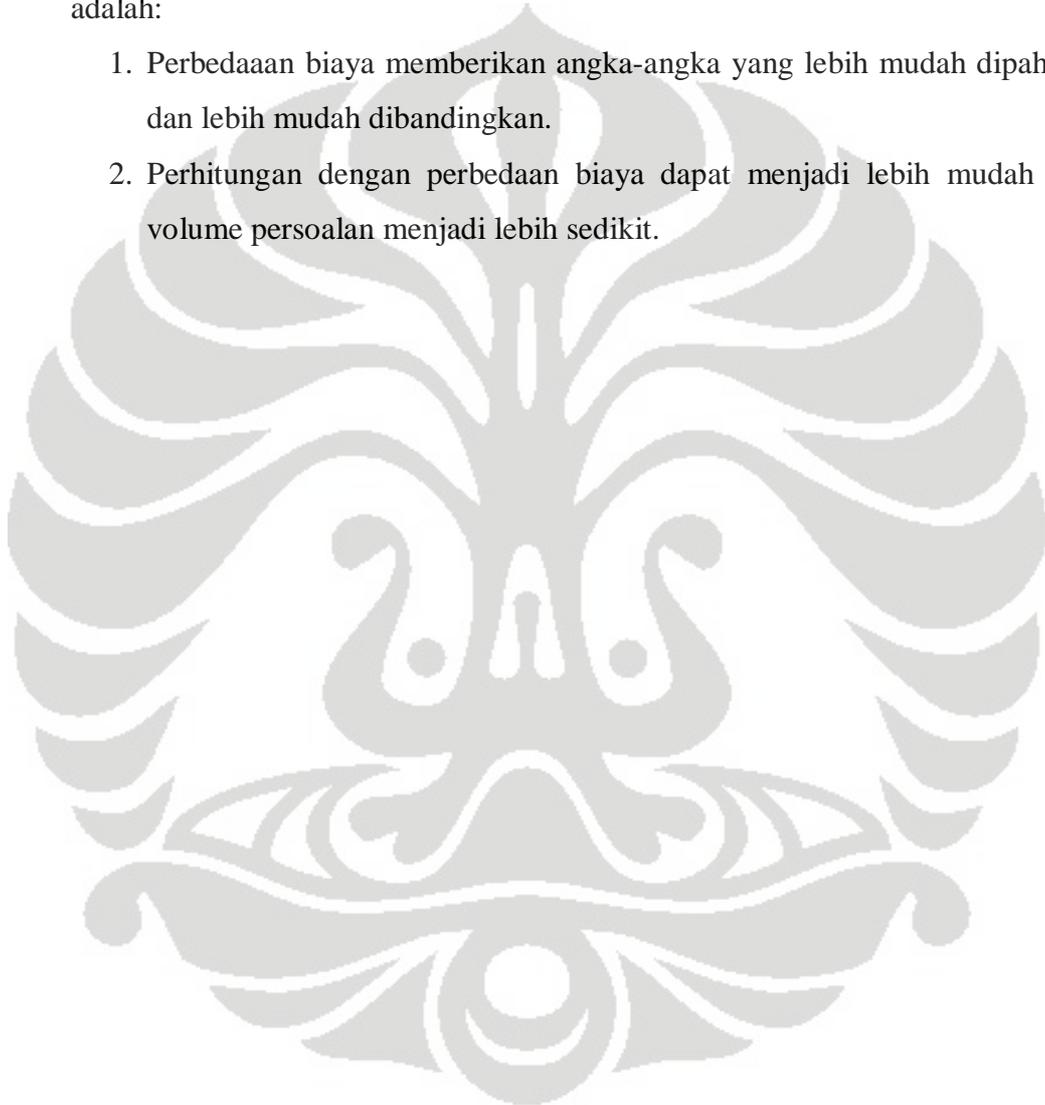
Bagian dari kelompok ini yang dianggap terpengaruh oleh variasi harus diperhitungkan, bergantung pada tipe kapal. Bagi kapal barang biasa dan kapal container dapat diperkirakan bahwa tutup palka perlu dimasukkan dalam perhitungan. Pada dasarnya, optimasi peralatan dan perlengkapan kapal dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- a. Bagian-bagian peralatan dan perlengkapan yang sama sekali tidak terpengaruh variasi, seperti alat-alat elektronik di dalam kapal.
- b. Bagian-bagian peralatan yang sedikit sekali terpengaruh oleh variasi, seperti jangkar, rantai dan tali (*tros*) dapat berubah, bila dalam rangka deretan variasi angka penentu klasifikasi berubah. Juga volume *wagering* ruang muat dapat berubah. Bila variasi terlalu lemah pengaruhnya, maka hal ini dapat diabaikan.
- c. Bagian-bagian peralatan dan perlengkapan yang terpengaruh sekali oleh variasi. Contohnya adalah biaya penutup palka meningkat secara proporsional dengan panjangnya, sedangkan penambahan lebar akan meningkatkan biaya sekitar pangkat 1.6 kali perbandingan lebarnya. Ini berarti bahwa harga tutup palka dari varian yang lebih lebar akan lebih mahal dibandingkan dengan varian-varian yang lebih sempit.

Optimasi biaya pengadaan dapat dilakukan dengan cara menjumlahkan biaya-biaya pengadaan yang terpengaruh oleh variasi. Secara teknis sudah cukup, bila pembahasan dilakukan untuk besaran-besaran berat baja lambung dan tenaga penggerak sebagai fungsi dari dimensi utama. Dengan pembagian biaya minimum total terletak pada titik minimum biaya yang terpengaruh variasi. Oleh karenanya, sudah cukup bila hanya biaya yang terpengaruh oleh variasi diteliti. Dengan pembagian semacam ini (biaya yang terpengaruh dan konstan) selain memudahkan perhitungan juga mengurangi nilai-nilai yang perlu dimasukkan.

Penyederhanaan lebih lanjut secara matematis keuangan dimungkinkan dengan menggunakan penilaian perbedaan biaya. Untuk ini tidak perlu semua kelompok biaya variabel untuk baja lambung dan instalasi penggerak diperhitungkan, tetapi cukup dengan menilai perbedaannya saja terhadap kapal rancangan mula. Perbedaan biaya menunjukkan biaya kurang atau lebih untuk masing-masing varian, keuntungan perhitungan dengan perbedaan biaya adalah:

1. Perbedaan biaya memberikan angka-angka yang lebih mudah dipahami dan lebih mudah dibandingkan.
2. Perhitungan dengan perbedaan biaya dapat menjadi lebih mudah dan volume persoalan menjadi lebih sedikit.



BAB 3

OPTIMASI PANJANG KAPAL DAN BIAYA PENGADAAN

3.1 Rancangan Awal Kapal

Perhitungan optimasi berangkat dari suatu rancangan awal suatu kapal yang memenuhi persyaratan yang diminta oleh pemesan. Rancangan kemudian diubah secara bertahap. Dalam mengadakan perubahan, persyaratan yang diminta tetap dipertahankan. Tahap rancangan yang diubah dinamakan varian atau alternatif. Bentuk dan ukuran-ukuran rancangan mula disebut varian nol.

Prasyarat penting untuk mendapatkan hasil yang benar adalah untuk tidak merubah syarat-syarat yang dapat digunakan untuk perbandingan, sehingga semua varian memenuhi semua syarat yang sama dan tidak ada salah satu yang diuntungkan atau dirugikan. Sebagai persyaratan rancangan adalah permintaan pelayaran pada galangan yang biasanya tertulis didalam dokumen tender. Dokumen tender atau permintaan penawaran, berisi antara lain ketentuan kongkrit untuk berat muatan atau DWT, kecepatan dan isi ruang muat.

Ketentuan-ketentuan ini diperlukan untuk dapat membandingkan penawaran yang dibuat oleh beberapa galangan. Alternatif-alternatif dari penawaran seperti ini menunjukkan perbedaan-perbedaan pada dimensi utama, parameter bentuk, displacement, tenaga penggerak utama, tonase, penggunaan bahan bakar per hari dan biaya pembuatan. Alternatif-alternatif yang melebihi persyaratan minimum pada dasarnya diperbolehkan tanpa diberikan tambahan harga. Dalam beberapa hal mungkin suatu persyaratan tidak boleh dilebihi dan ini harus dinyatakan secara khusus. Berikut ini merupakan ketentuan umum kapal:

Nama Kapal : KM Fajarindo 7

Jenis Kapal : Kapal Semi-Kontainer

Kecepatan : 11 knot (5.66 m/s)

Nilai-nilai dimensi utama dari kapal tersebut adalah seperti berikut:

Loa : 75.75 meter

H : 6.50 meter

Lpp : 70.08 meter

d : 4.862 meter

Lwl : 73.792 meter

B : 10 meter

Freeboard : 1.638 meter

Cb : 0.8

Dari nilai dimensi utama yang ada diatas, kemudian dicari rasio perbandingan dimensi utama, yaitu:

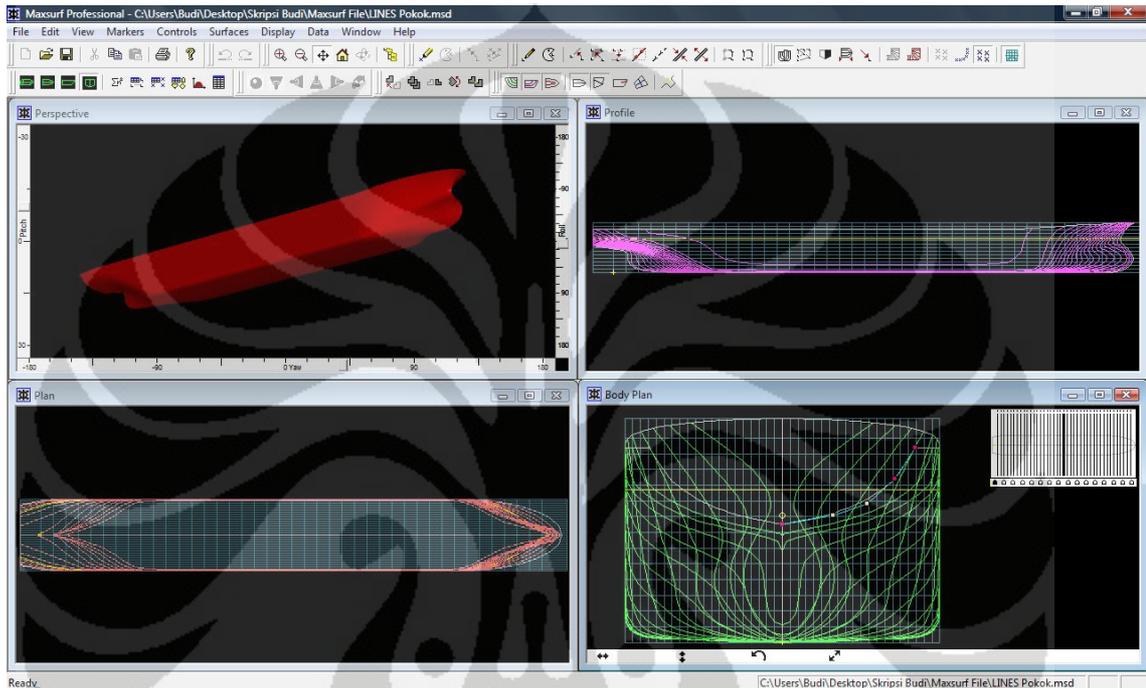
$$L/B : 7.008$$

$$B/d : 2.05677$$

$$L/H : 11.771$$

$$H/d : 1.3369$$

Setelah itu, rencana garis yang telah ada dikonversi kedalam program Maxsurf Pro sehingga menjadi seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 Rencana garis untuk varian nol.

Selain data mengenai dimensi utama kapal, data-data yang juga dibutuhkan untuk melakukan optimasi antara lain:

Displacement : 2916 ton

Merk Mesin : ABC

DWT : 2266 ton

RPM Mesin : 720 rpm

LWT : 650 ton

Daya Mesin : 1385 HP

Kecepatan : 11 knot

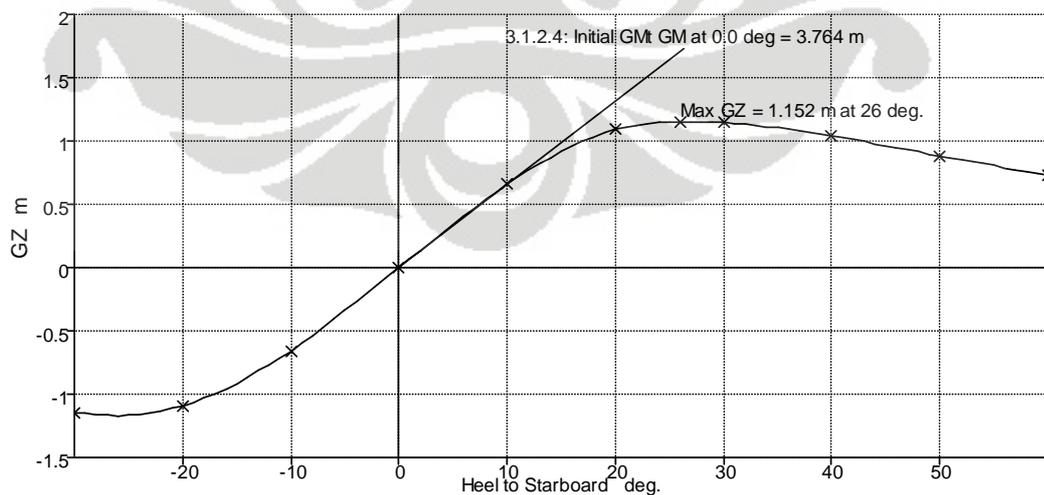
Berdasarkan pada data-data diatas, stabilitas awal untuk varian nol dapat diketahui. Dengan memasukan rencana garis yang telah ada, ke dalam program Hydromax Pro, stabilitas awal varian nol dapat dengan dihitung. Perhitungan stabilitas awal mengikuti standart peraturan IMO. Hasil tabel perhitungan serta gambar kurva stabilitas awal untuk varian nol dapat dilihat seperti dibawah ini:

Tabel 3.1 Stabilitas awal varian nol menurut peraturan IMO

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass
	<i>from the greater of</i>				
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0	
	<i>to the lesser of</i>				
	spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
	angle of vanishing stability	60.0	deg		
	shall not be less than (\geq)	3.151	m.deg	23.783	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass
	<i>from the greater of</i>				
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0	
	<i>to the lesser of</i>				
	spec. heel angle	40.0	deg	40.0	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability	60.0	deg		
shall not be less than (\geq)	5.157	m.deg	34.765	Pass	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass
	<i>from the greater of</i>				
	spec. heel angle	30.0	deg	30.0	
	<i>to the lesser of</i>				

	spec. heel angle	40.0	deg	40.0	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability	60.0	deg		
	shall not be less than (\geq)	1.719	m.deg	10.983	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
	shall not be less than (\geq)	25.0	deg	26.0	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	0.0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0.150	m	3.764	Pass

Dari hasil perhitungan tabel diatas, dapat dilihat pada kolom status, bahwa semua kondisi dinyatakan lolos (*pass*), ini berarti tidak ada masalah dalam stabilitas awal kapal untuk varian nol.



Gambar 3.2 Kurva stabilitas awal untuk varian nol

3.2 Optimasi Dimensi Utama dari Segi Panjang Kapal

Untuk melakukan proses optimasi panjang kapal, langkah-langkah yang dilakukan, adalah:

1. Optimasi dilakukan dengan memvariasikan panjang kapal, *Length Perpendicular* dan *Length Over All*, hingga mencapai displacement yang diinginkan, yaitu nilainya mendekati nilai rancangan awal kapal.
2. Persentase kenaikan panjang kapal (L), dua kali lebih besar dibanding dengan kenaikan persentase lebar (B), tinggi (H), dan sarat air (d). Dengan kata lain, apabila panjang dinaikan sebesar 10%, maka persentase kenaikan dimensi utama kapal lainnya berkisar kurang lebih 5%. Kisaran persentase kenaikan dimensi utama kapal (selain panjang kapal) juga divariasikan hingga displacement tiap varian tidak terlalu jauh berbeda.
3. Pada saat melakukan proses variasi, perbandingan B/d dan H/d juga dipertahankan agar tetap konstan, hal ini berkaitan untuk mempertahankan stabilitas awal kapal. Sehingga tidak perlu dilakukan semua varian dilakukan perhitungan stabilitas awal.
4. Koefisien blok (C_b) dan displacement dipertahankan agar tetap konstan hingga akhir variasi. Walaupun ada perubahan pada nilai displacement, tetapi nilai perubahan tersebut tidak melebihi 1%.
5. Setelah didapat bentuk rencana garis yang sesuai dengan persyaratan optimasi, maka langkah selanjutnya adalah menghitung hambatan dan tenaga penggerak kapal.

Berikut ini adalah perubahan dimensi utama kapal yang dilakukan berdasarkan langkah pertama diatas, untuk setiap varian yang ada, yaitu:

Varian Satu

Data rancangan kapal:

Loa : 77.085 meter	H : 6.413 meter
Lpp : 72 meter	d : 4.797 meter
B : 9.866 meter	

Rasio perbandingan dimensi utama:

L/B : 7.29801	B/d : 2.05677
L/H : 11.771	H/d : 1.3369

Varian Dua

Data rancangan kapal:

Loa : 79.23 meter	H : 6.325 meter
Lpp : 74 meter	d : 4.731 meter
B : 9.732 meter	

Rasio perbandingan dimensi utama:

L/B : 7.60417	B/d : 2.05677
L/H : 12.2648	H/d : 1.3369

Varian Tiga

Data rancangan kapal:

Loa : 81.36 meter	H : 6.242 meter
Lpp : 76 meter	d : 4.669 meter
B : 9.603 meter	

Rasio perbandingan dimensi utama:

L/B : 7.91452	B/d : 2.05677
L/H : 12.7654	H/d : 1.3369

Varian Empat

Data rancangan kapal:

Loa : 83.492 meter	H : 6.161 meter
Lpp : 78 meter	d : 4.609 meter
B : 9.479 meter	

Rasio perbandingan dimensi utama:

L/B : 8.22898	B/d : 2.05677
L/H : 13.2725	H/d : 1.3369

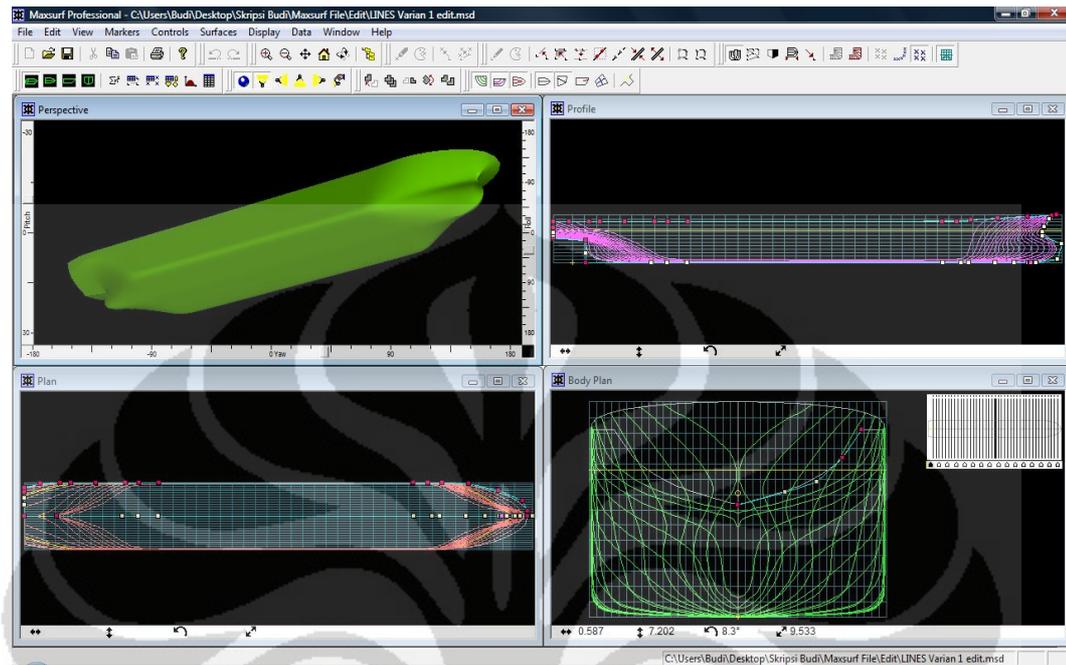
Varian Lima

Data rancangan kapal:

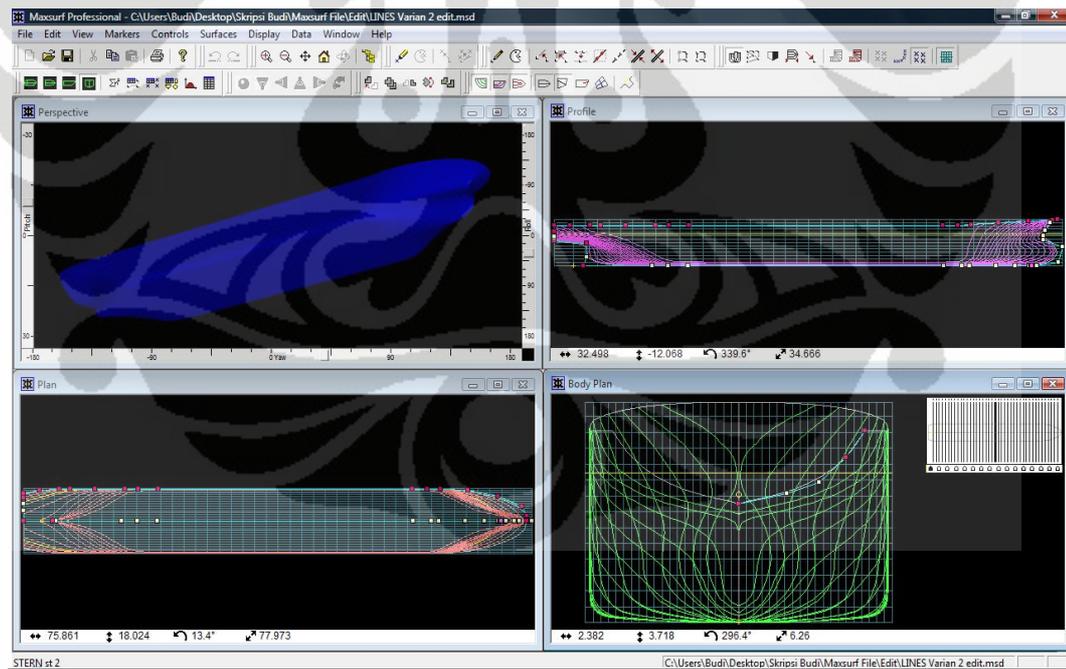
Loa : 85.622 meter	H : 6.084 meter
Lpp : 80 meter	d : 4.551 meter
B : 9.360 meter	

Rasio perbandingan dimensi utama:

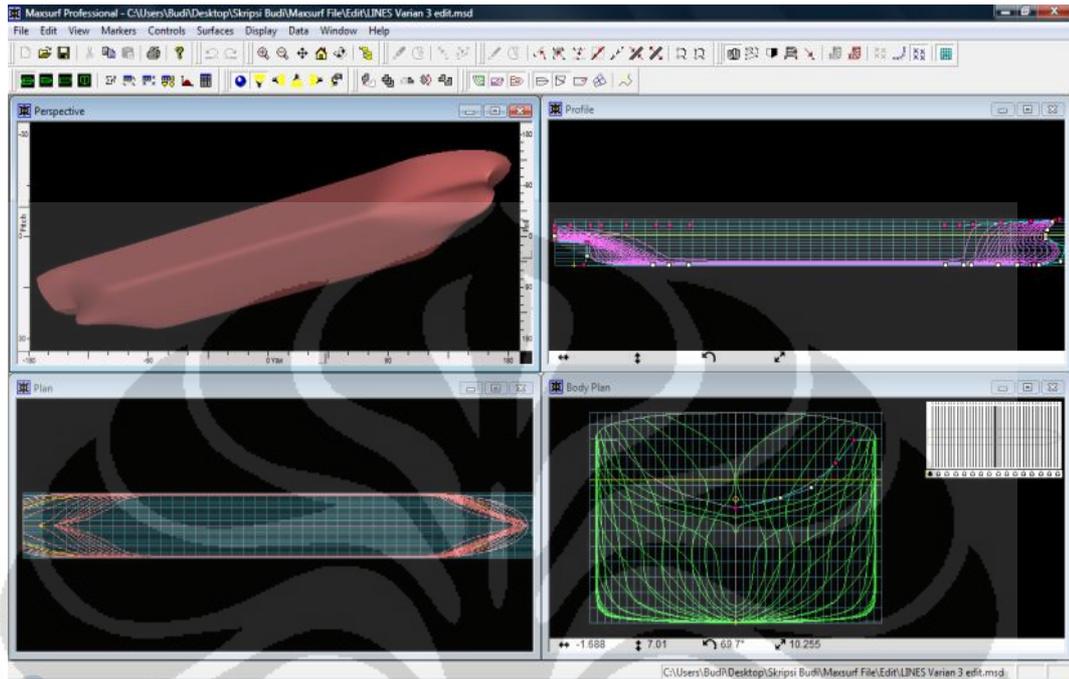
L/B : 8.54747	B/d : 2.05677
L/H : 13.7862	H/d : 1.3369



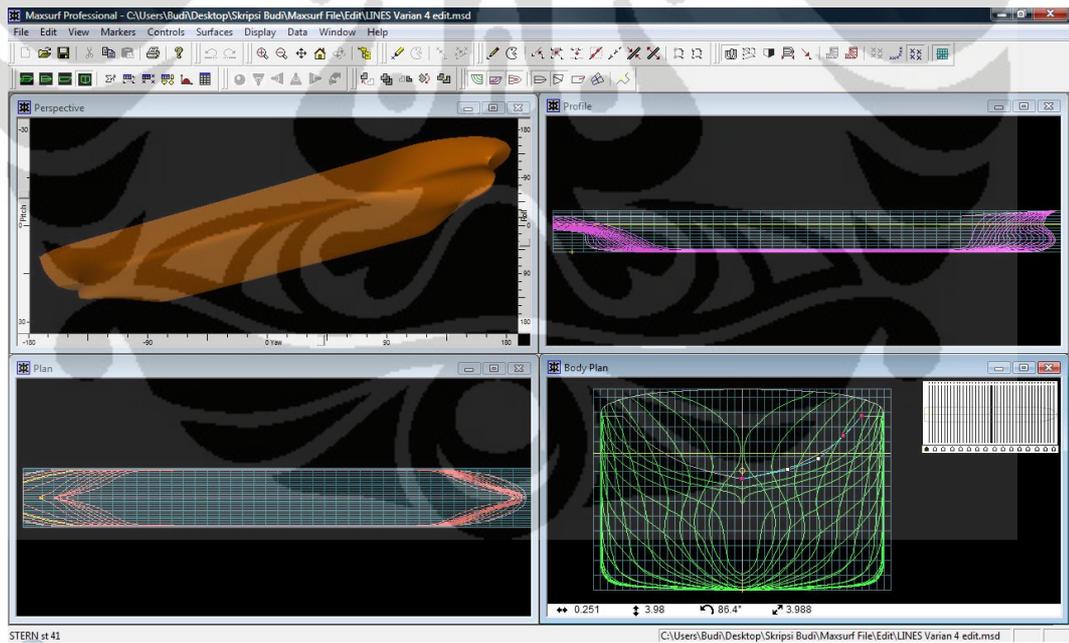
Gambar.3.3 Rencana garis untuk varian satu



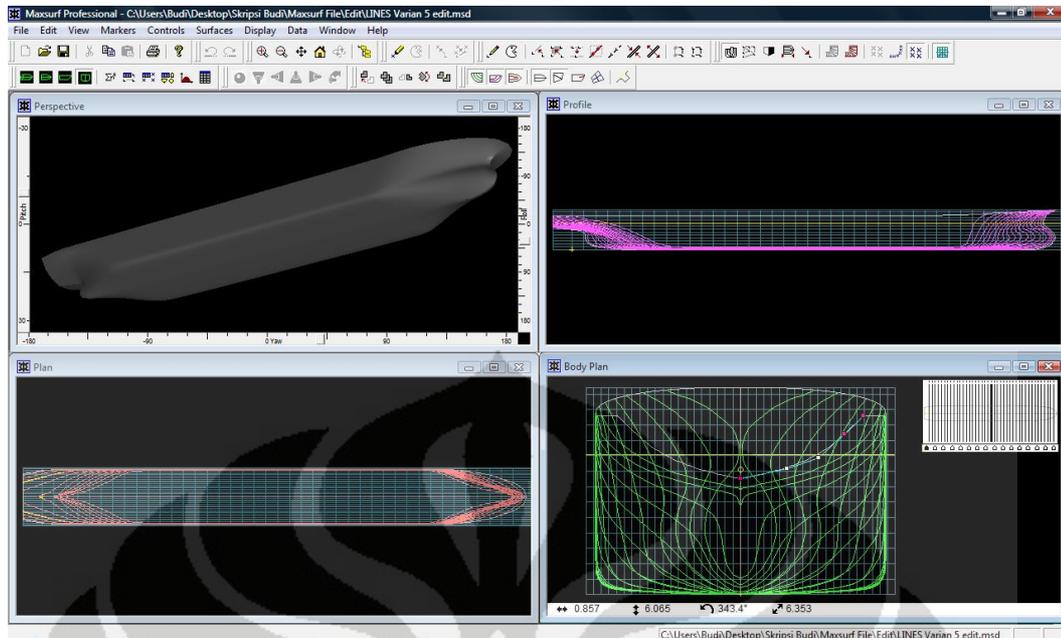
Gambar 3.4 Rencana garis untuk varian dua



Gambar 3.5 Rencana garis untuk varian tiga



Gambar 3.6 Rencana garis untuk varian empat



Gambar 3.7 Rencana garis untuk varian lima

Perhitungan terhadap displacement dan koefisien blok dilakukan dengan menggunakan bantuan program Maxsurf Pro. Perhitungan dilakukan untuk setiap varian yang ada. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Hasil perhitungan displacement dan koefisien bentuk.

	Varian 0	Varian 1	Varian 2	Varian 3	Varian 4	Varian 5	Satuan
Displacement	2916.089	2915.997	2916.066	2916.093	2916.011	2916.003	tonne
Volume	2844.965	2844.875	2844.942	2844.969	2844.889	2844.881	m ³
Draft to Baseline	4.862	4.797	4.731	4.669	4.609	4.551	m
Immersed depth	4.862	4.797	4.731	4.669	4.609	4.551	m
Lwl	73.119	75.079	77.165	79.237	81.316	83.398	m
Beam wl	10	9.866	9.732	9.603	9.479	9.36	m
WSA	1249.73	1262.525	1277.726	1292.35	1307.312	1321.929	m ²
Max cross sect area	47.675	46.415	45.142	43.948	42.811	41.731	m ²
Waterplane area	675.095	682.362	690.28	698.17	705.833	712.625	m ²
Cp	0.816	0.816	0.817	0.817	0.817	0.817	
Cb	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
Cm	0.981	0.981	0.98	0.98	0.98	0.98	
Cwp	0.923	0.921	0.919	0.918	0.916	0.913	
LCB from zero pt	35.034	36.028	37.049	38.136	39.247	40.292	m
LCF from zero pt	32.113	33.014	33.976	34.957	35.937	36.886	m
KB	2.57	2.534	2.497	2.463	2.431	2.398	m
KG	0	0	0	0	0	0	m

BMt	1.852	1.819	1.786	1.755	1.725	1.695	m
BMI	91.652	97.306	103.599	110.203	116.959	123.553	m
GMt	4.422	4.352	4.283	4.218	4.156	4.093	m
GMI	94.222	99.84	106.096	112.666	119.389	125.952	m
KMt	4.422	4.352	4.283	4.218	4.156	4.093	m
KMI	94.222	99.84	106.096	112.666	119.389	125.952	m
Immersion (TPc)	6.92	6.994	7.075	7.156	7.235	7.304	tonne/cm
MTc	39.206	40.435	41.809	43.229	44.633	45.909	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	225.033	221.496	217.984	214.665	211.513	208.313	tonne.m
Precision	Highest	Highest	Highest	Highest	Highest	Highest	200 stations

Berdasarkan pada tabel hasil perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa nilai displacement setiap varian tidak jauh berbeda. Selain itu juga, koefisien blok setiap varian bernilai tetap (konstan). Ini berarti, rencana garis yang ada telah memenuhi persyaratan yang diminta untuk melakukan proses optimasi panjang kapal. Sehingga rencana garis tersebut dapat digunakan pada tahap optimasi selanjutnya, yaitu untuk menghitung hambatan dan tenaga penggerak setiap varian. Perhitungan hambatan dan tenaga penggerak dilakukan dengan dua metode, yaitu metode Holtrop dan metode Fung. Namun, karena pada saat penentuan besar tenaga penggerak untuk varian nol, metode yang digunakan adalah metode Holtrop, maka untuk besarnya hambatan pada setiap varian nilai yang akan diambil adalah nilai dari metode Holtrop. Besarnya hambatan dan tenaga penggerak diambil pada saat kapal bergerak dengan kecepatan 11 knot. Adapun besar hambatan dan tenaga penggerak untuk setiap varian, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.3 Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian nol

Speed	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (HP)	Fung Resistance (kN)	Fung Power (HP)
9	47.87	660.47	46.01	634.79
10	61.71	945.99	58.06	890.06
11	79.81	1345.88	72.7	1225.92
12	103.11	1896.87	88.76	1632.98
13	134.68	2684.25	112.2	2236.22

Tabel 3.4 Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian satu.

Speed	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (HP)	Fung Resistance (kN)	Fung Power (HP)
9	47.04	649.02	46.71	644.43
10	60.39	925.86	58.78	901.12
11	77.65	1309.48	73.46	1238.81
12	99.62	1832.68	89.48	1646.16
13	128.95	2569.9	112.87	2249.57

Tabel 3.5 Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian dua.

Speed	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (HP)	Fung Resistance (kN)	Fung Power (HP)
9	45.87	632.88	47.07	649.49
10	58.72	900.15	59.01	904.65
11	75.14	1267.22	73.55	1240.29
12	95.89	1764.02	89.26	1642.01
13	123.09	2453.15	112.24	2236.9

Tabel 3.6 Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian tiga.

Speed	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (HP)	Fung Resistance (kN)	Fung Power (HP)
9	45.07	621.92	47.71	658.25
10	57.5	881.54	59.57	913.3
11	73.22	1234.74	74.06	1248.88
12	92.9	1709.03	89.54	1647.27
13	118.19	2355.6	112.23	2236.68

Tabel 3.7 Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian empat.

Speed	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (HP)	Fung Resistance (kN)	Fung Power (HP)
9	44.37	612.23	48.4	667.83
10	56.42	864.99	60.19	922.72
11	71.5	1205.81	74.6	1258.11
12	90.24	1660.04	89.86	1653.09
13	113.85	2269.04	112.2	2236.16

Tabel 3.8 Hambatan dan besar tenaga penggerak untuk varian lima.

Speed	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (HP)	Fung Resistance (kN)	Fung Power (HP)
9	43.69	602.77	48.92	674.94
10	55.33	848.18	60.55	928.26
11	69.71	1175.62	74.79	1261.28
12	87.4	1607.96	89.72	1650.63
13	109.27	2177.81	111.5	2222.17

3.3 Optimasi Biaya Pengadaan

Untuk melakukan suatu proses optimasi pada biaya pengadaan, langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah antara lain:

1. Menghitung besarnya baja yang digunakan untuk tiap varian dengan menggunakan rumus pendekatan Watson. Kemudian dari berat yang ada, dikalikan dengan biaya spesifik per kilogram baja.
2. Menghitung biaya instalasi penggerak dengan cara pengalihan besarnya tenaga penggerak yang dibutuhkan dengan biaya spesifik per satuan daya penggerak. Setelah didapat besar daya yang dibutuhkan, kemudian dicari mesin yang cocok pada katalog mesin yang ada. Besar daya mesin yang dipilih pada katalog harus lebih besar dibandingkan dengan besar daya penggerak yang didapat dari perhitungan.
3. Setelah didapat biaya pengadaan baja dan biaya instalasi penggerak, kemudian kedua biaya ini saling dijumlahkan dan hasilnya menjadi biaya pengadaan total. Biaya inilah yang pada akhirnya ada saling dibanding dari setiap kapal varian untuk mencari biaya pengadaan kapal yang paling murah.

3.3.1 Biaya Pengadaan Baja

Estimasi berat baja dihitung dengan menggunakan metode Watson, yaitu:

$$W_{st} = k \times E^{1.36} \text{ (ton)}$$

dimana: k = konstanta (0.033 – 0.040, untuk kapal kontainer)

$$E = L (B+T) + 0.85L (H-T) + 0.85 (l_1 \cdot h_1) + 0.75 (l_2 \cdot h_2)$$

L = L_{pp} , panjang antara garis tegak (m)

B = lebar kapal (m)

T = sarat air (m)

H = tinggi kapal (m)

$(l_1 \cdot h_1)$ = perkalian dari panjang wheel house dan tingginya

$(l_2 \cdot h_2)$ = perkalian dari panjang deck house dan tingginya

Berat bulbows diperoleh dari berat baja keseluruhan:

$$W_{bul} = 0.5\% \times W_{st} \text{ (ton)}$$

Pada perhitungan estimasi berat baja, luas bangunan atas tidak mengalami perubahan. Hal ini karena, pada rumus pendekatan diatas, untuk nilai perkalian wheel house dan deck house tidak terdapat variabel lebar kapal (B).

Setelah diketahui berat baja dan berat bulbows untuk masing-masing varian, kemudian berat ini dijumlah dan hasilnya akan menjadi berat baja total. Kemudian dari berat baja total yang telah ada, berat tersebut dikalikan dengan biaya spesifik per kilogram baja. Berdasarkan data yang ada dilapangan, dapat diketahui biaya spesifik per satuan kilogram baja adalah Rp 15.000/kg sampai dengan Rp 17.000/kg. Biaya ini sudah termasuk biaya pengerjaan baja. Besarnya biaya sangat tergantung pada tingkat kerumitan bentuk kapal. Untuk kapal dengan koefisien blok (C_b) sebesar 0.8, tingkat kerumitan bentuk kapalnya tidaklah terlalu rumit, dibanding dengan kapal yang memiliki koefisien blok dibawah 0.7. Maka dengan berdasarkan nilai koefisien blok kapal varian, estimasi biaya yang digunakan adalah Rp 16.000/kg. Berikut ini, adalah tabel hasil perhitungan berat baja yang digunakan dan biaya pengadaannya:

Tabel 3.9 Berat pengadaan baja dan biaya total pengadaan baja.

	Berat Baja (ton)	B erat Bulbows (ton)	Berat Total (ton)	Biaya Per Kilogram (Juta Rp/ton)	Total Biaya (Milyar Rp)
Varian 0	629.66	3.15	632.81	16	10.125
Varian 1	640.40	3.20	643.6	16	10.298
Varian 2	651.42	3.26	654.68	16	10.475
Varian 3	662.42	3.31	665.73	16	10.652
Varian 4	673.25	3.37	676.62	16	10.826
Varian 5	684.05	3.42	687.47	16	11.000

3.3.2 Biaya Instalasi Penggerak

Berdasarkan pada hasil penelitian di lapangan, diketahui bahwa biaya instalasi penggerak untuk setiap besar daya per satuan biaya adalah Rp

11.000.000/HP. Sehingga berdasarkan pada besar daya penggerak yang telah dihitung untuk setiap varian, didapatkan harga-harga sebagai berikut:

Tabel 3.10 Biaya instalasi penggerak

	Power (HP)	Merk Mesin	Tipe	Power Mesin (HP)	Biaya Per Satuan Daya (Juta Rp/HP)	Total Biaya (Milyar Rp)
Varian 0	1345.88	ABC	6DZC-720-181	1382.935	11	15.212
Varian 1	1309.48	ABC	6DZC-750-166	1334.317	11	14.677
Varian 2	1267.22	ABC	6DZC-720-166	1279.335	11	14.073
Varian 3	1234.74	ABC	6DZC-720-166	1279.335	11	14.073
Varian 4	1205.81	ABC	6DZC-750-150	1206.92	11	13.276
Varian 5	1175.62	ABC	6DZC-750-150	1206.92	11	13.276



BAB 4

ANALISIS PENELITIAN

4.1 Analisis Proses Penelitian

Penggunaan software dalam melakukan proses optimasi bersifat sangat membantu. Terutama dalam hal mendesain ulang rencana garis rancangan awal kapal. Memang kesulitan yang paling utama dalam melakukan penelitian ini adalah pembuatan rencana garis rancangan awal kapal, tetapi apabila rencana garis rancangan awal tersebut telah dapat dibuat, proses pendesainan untuk variasi-variasi selanjutnya sangat mudah.

Dengan menggunakan program Maxsurf, memvariasikan ukuran dan bentuk kapal dapat dilakukan dengan mudah. Proses pendesainan dapat dilakukan hanya dengan memasukkan ukuran dimensi utama sesuai nilai yang diinginkan.

Pada proses optimasi yang dilakukan oleh penulis, panjang kapal dijadikan sebagai variabel bebas penelitian. Nilainya dapat ditentukan secara bebas, sesuai dengan keinginan. Kemudian lebar, tinggi, dan sarat dijadikan sebagai variabel terikat yang nilainya mengikuti perubahan panjang sesuai dengan perhitungan yang ada. Sedangkan yang menjadi variabel tetap adalah nilai koefisien blok (C_b) dan displacement kapal.

Namun dalam prosesnya, penambahan secara proporsional pada panjang kapal perpendicular yaitu sebesar dua meter, tidak serta merta nilai displacement dan koefisien tiap varian akan sama. Sehingga langkah yang dilakukan adalah dengan mengubah-ubah, bentuk rencana garis dan panjang kapal secara keseluruhan (LOA) hingga nilai koefisien blok dan displacement sesuai dengan yang diinginkan.

Pada perhitungan hambatan dan tenaga penggerak, dari beberapa metode yang ada dalam Hullspeed (sub-program dalam Maxsurf), hanya dua metode yang memungkinkan untuk dapat digunakan dalam menghitung hambatan dan tenaga penggerak untuk rencana garis yang ada. Kedua metode itu adalah metode Holtrop dan Fung. Karena hanya kedua metode tersebut yang pada saat dilakukan perhitungan hambatan dan tenaga penggerak, dengan range kecepatan antara 5-15 knot, grafik yang perbandingan kecepatan dengan hambatan dan kecepatan

dengan tenaga penggerak, grafik yang terbentuk terlihat bagus atau berbentuk *streamline*. Kemudian dari hasil perhitungan tersebut, diambil nilai hambatan dan tenaga penggerak untuk setiap varian pada kecepatan 11 knot. Bila dilihat dari hasil perhitungan hambatan dan tenaga penggerak dengan efisiensi mesin sebesar 45%, nilai hambatan Holtrop lebih besar dibanding dengan nilai hambatan pada metode Fung. Sehingga nilai hambatan yang digunakan adalah nilai hambatan yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan metode Holtrop. Selain itu, bila diperhatikan nilai hambatan untuk setiap varian, nilai hambatan pada hasil perhitungan metode Holtrop, nilainya mengalami penurunan, sedangkan pada nilai Fung, nilai hambatannya mengalami penambahan. Hal tersebut sesuai dengan dasar teori yang telah ada, yaitu konsekuensi dari pemanjangan kapal adalah pengurangan besar hambatan.

4.2 Analisis Hasil Penelitian

Pada saat melakukan proses optimasi dengan memvariasikan deretan panjang kapal, terjadi perubahan-perubahan pada sifat dan karakteristik kapal. Dapat dilihat dari tabel 4.1a-4.1b, serta gambar 4.1 dan 4.2, bahwa semakin panjang suatu kapal, maka hambatan kapal tersebut semakin berkurang, namun dengan persyaratan bahwa perbandingan antara lebar dan sarat dipertahankan tetap sama (L/B).

Hal ini dikarenakan luas permukaan bidang depan kapal yang berkurang secara proporsional dengan perubahan panjang kapal sehingga besarnya hambatan gelombang (*wave resistance*) dapat direduksi. Selain itu juga, dengan penambahan panjang yang berakibat pada pengurangan lebar dan sarat air, membuat bentuk lambung kapal semakin ramping, sehingga besar gaya gesek yang terjadi mengalami pengurangan.

Berkurangnya hambatan kapal berbanding lurus dengan daya penggerak yang dibutuhkan. Dengan kata lain, semakin kecil hambatan, maka semakin kecil pula daya penggerak yang dibutuhkan. Perubahan nilai hambatan dan daya penggerak berpengaruh langsung terhadap biaya instalasi penggerak. Semakin kecil daya penggerak yang dibutuhkan maka, biaya instalasi penggerak pun semakin kecil. Nilai perubahan ini dapat dilihat melalui gambar 4.3 dan gambar 4.4.

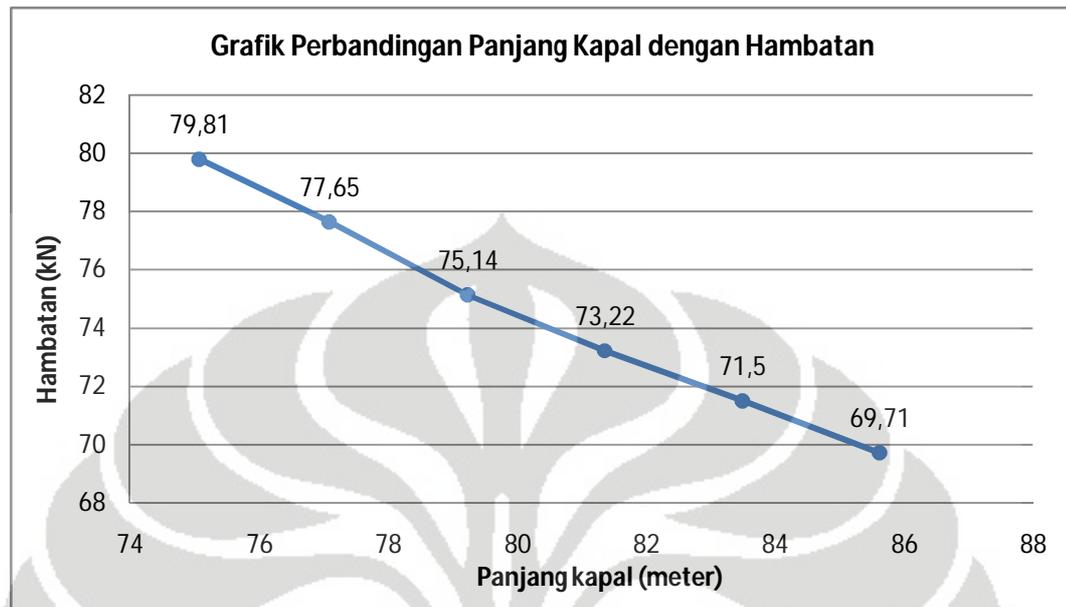
Sedangkan dari optimasi biaya pengadaan baja, dapat terlihat bahwa biaya pengadaan baja mengalami kenaikan seiring penambahan panjang kapal. Hal ini terjadi karena adanya penambahan pelat untuk konstruksi kapal. Bila analisis difokuskan hanya sampai pada tahap biaya pengadaan minimal, maka dapat disimpulkan bahwa kapal varian empat, merupakan kapal yang paling optimal. Selisih biaya terbesar adalah sekitar 1.235 milyar rupiah. Nilai ini $\pm 5\%$ dari total biaya pengadaan yang termahal.

Tabel 4.1a Hasil optimasi panjang dan biaya pengadaan.

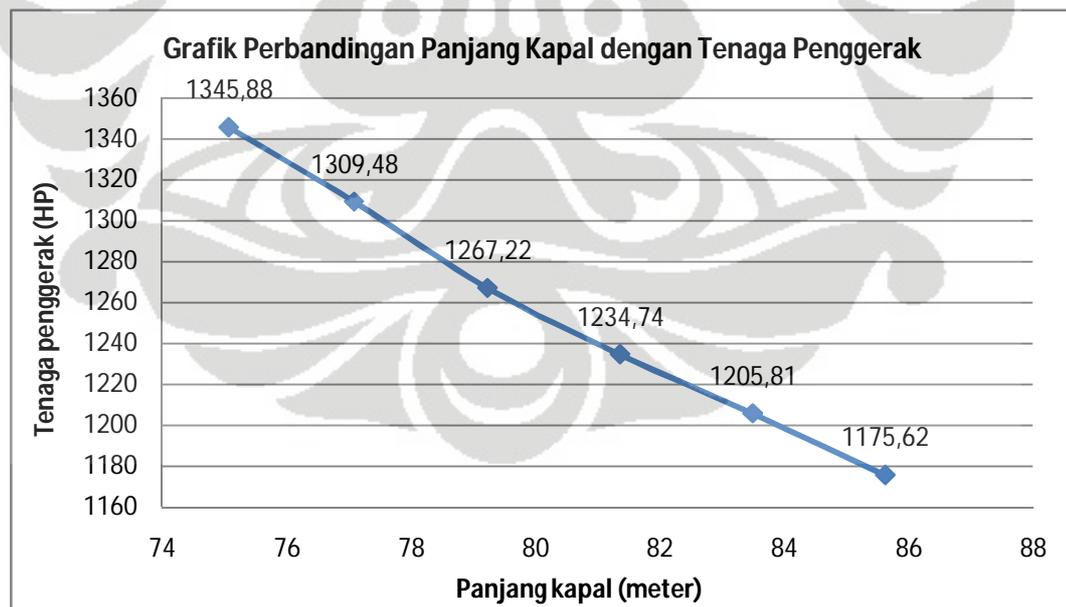
No.	Keterangan	Satuan	Varian Nol	Varian Satu	Varian Dua
1	Panjang kapal, LPP	m	75.75	77.085	79.23
2	Panjang kapal, LOA	m	70.08	72	74
3	Lebar	m	10	9.866	9.732
4	Tinggi	m	6.5	6.413	6.325
5	Sarat	m	4.862	4.797	4.731
6	Hambatan tarik	kN	79.81	77.65	75.14
7	Tenaga Penggerak	HP	1345.88	1309.48	1267.22
8	Berat baja	ton	629.66	640.40	651.42
9	Berat bulbows	ton	3.15	3.20	3.26
10	Biaya pengadaan baja	Milyar Rp	10.125	10.298	10.475
11	Biaya instalasi penggerak	Milyar Rp	14.805	14.404	13.939
12	Biaya pengadaan total	Milyar Rp	24.930	24.702	24.414

Tabel 4.1b Hasil optimasi panjang dan biaya pengadaan.

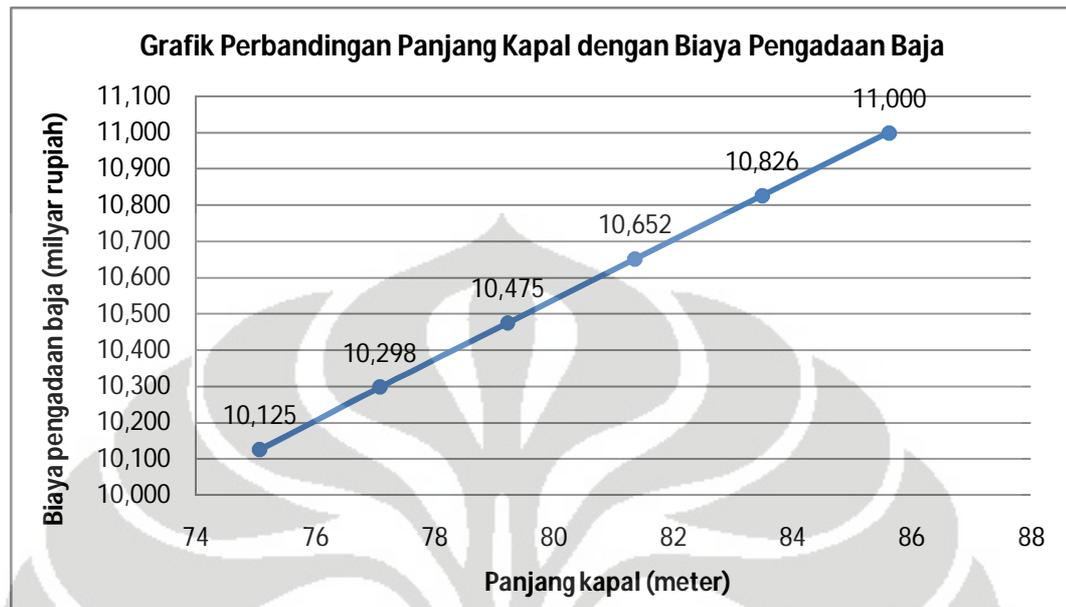
No.	Keterangan	Satuan	Varian Tiga	Varian Empat	Varian Lima
1	Panjang kapal, LPP	m	81.36	83.492	85.622
2	Panjang kapal, LOA	m	76	78	80
3	Lebar	m	9.603	9.479	9.360
4	Tinggi	m	6.242	6.161	6.084
5	Sarat	m	4.669	4.609	4.551
6	Hambatan tarik	kN	73.22	71.5	69.71
7	Tenaga Penggerak	HP	1234.74	1205.81	1175.62
8	Berat baja	ton	662.42	673.25	684.05
9	Berat bulbows	ton	3.312	3.366	3.420
10	Biaya pengadaan baja	Rp	10.652	10.826	11.000
11	Biaya instalasi penggerak	Rp	13.582	13.264	12.932
12	Biaya pengadaan total	Rp	24.234	24.090	23.931



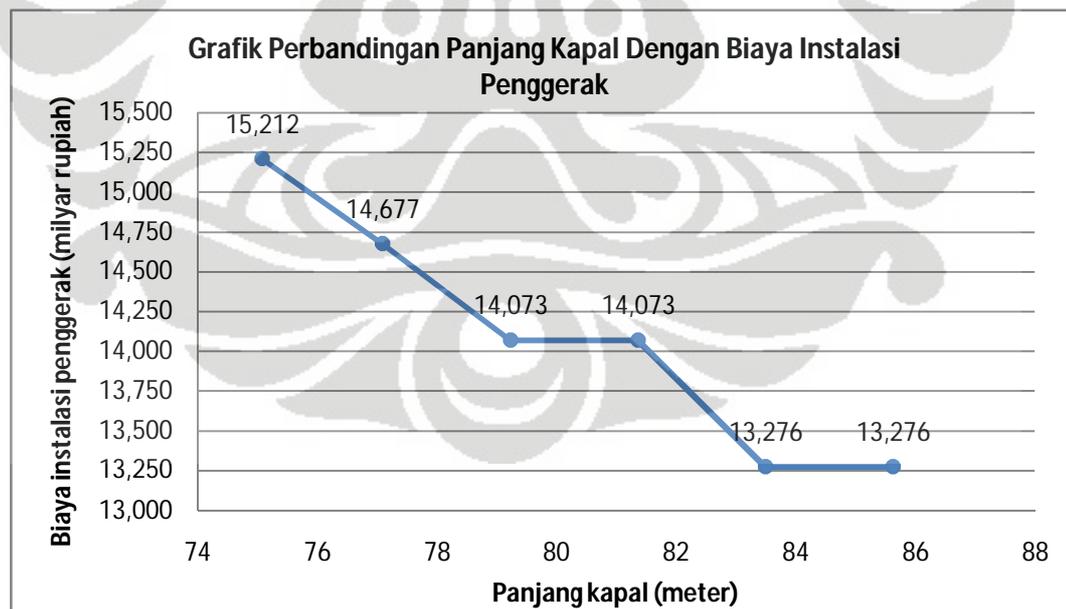
Gambar 4.1 Grafik perbandingan panjang kapal dengan hambatan



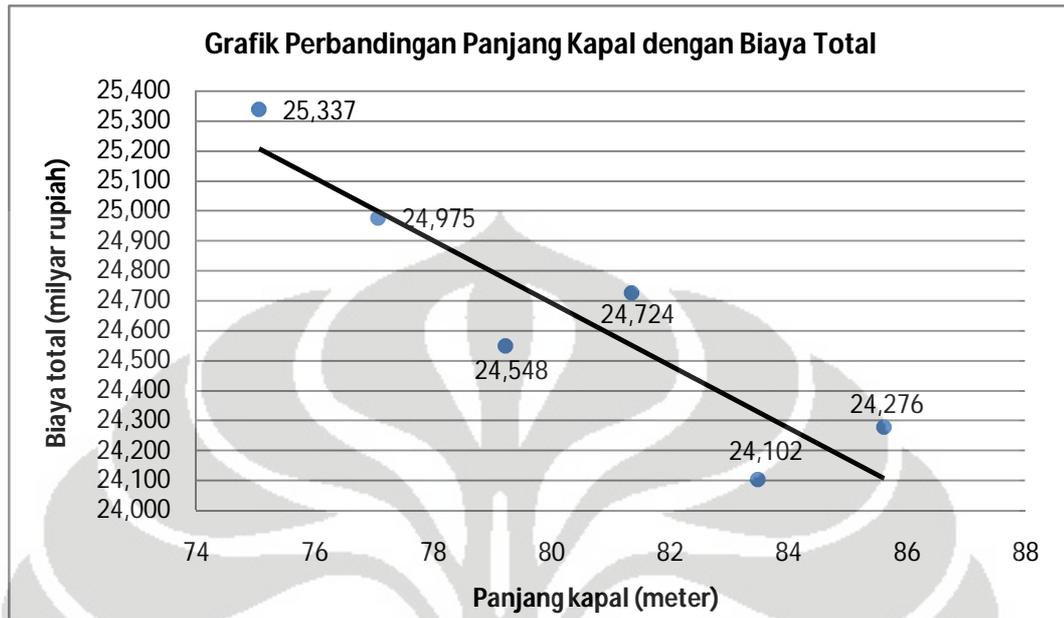
Gambar 4.2 Grafik perbandingan panjang kapal dengan tenaga penggerak



Gambar 4.3 Grafik perbandingan panjang kapal dengan biaya pengadaan baja



Gambar 4.4 Grafik perbandingan panjang kapal dengan biaya instalasi penggerak



Gambar 4.5 Gambar perbandingan panjang kapal dengan biaya total

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penjelasan yang sudah dijabarkan pada bab sebelumnya, penulis menarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Optimasi dimensi panjang kapal memerlukan suatu data rancangan awal untuk dijadikan data acuan yang dapat diperoleh dari data kapal yang telah ada (*existing ship*).
2. Untuk melakukan suatu proses optimalisasi, setiap parameter desain, yaitu dimensi utama kapal, perbandingan dimensi utama kapal, dan koefisien bentuk kapal; harus diperhatikan dengan seksama, karena semuanya akan saling berkaitan dalam penentuan sifat, karakteristik, dan bentuk lambung kapal.
3. Memperpanjang kapal berdampak pada pengurangan besar hambatan dan tenaga penggerak yang dibutuhkan.
4. Memperpanjang kapal akan berdampak pada kenaikan biaya baja yang digunakan, namun biaya instalasi penggerak akan berkurang.
5. Dari hasil penelitian didapat bahwa dengan memperpanjang kapal, galangan dapat menghemat biaya pengadaan sebesar 1.235 Milyar, atau sekitar 5% dari biaya pengadaan awal.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut yang dapat penulis berikan, antara lain:

1. Penguasaan program komputer lebih ditingkatkan.
2. Menambah jumlah variasi desain dengan perubahan parameter yang semakin diperkecil.
3. Terdapat banyak variabel yang dapat dioptimalkan. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan perhitungan optimasi dapat dilakukan hingga tahap detail rancangan.

DAFTAR REFERENSI

- Holtrop, J dan Mennen, G.G.J. (1982), *An approximate Power Prediction Method*, Publication No. 689 of the NSMB-Wageningen International Shipbuilding Progress, Rotterdam.
- M. Triwitono. *Merancang kapal lanjutan*.
Melambungnya harga minyak berdampak anjloknya industri perkapalan. Mei 21, 2008. <http://www.antara.co.id/view/?i=1211383670&c=EKB&s>
- Muhdori. *Kemampuan industri perkapalan nasional dalam menghadapi persaingan global*. September 25, 2007.
<http://www.dokkodjabahari.com/news/insentif-sektor-perkapalan-akan-diperluas-20090501-73.html>
- Talohatu, M.A. 1978. *Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin FTUI: Depok.
- Sastrodiwongso, Teguh. 1966. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. C.V. Pantja Usaha: Jakarta.
- Sofi'i, Moch. dan Indra Kusna Djaja. 2008. *Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1 dan 2*. Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan: Jakarta.
- Wicaksono, Toni. (2004). *Diktat Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin FTUI: Depok.

MARINE ENGINES

PROPULSION

The Motor Ship's guide to marine diesel engines 2005

Welcome to *The Motor Ship's* annual directory of marine diesel engines which is now published on our website so as to make it a more useful reference source for our readers. Produced in A4 size format, it covers engines with ratings of 300kW and upwards from around the world, where it joins what will be an ever increasing range of news and reference material.

In the 2005 Guide marine diesel engines are listed alphabetically by design/manufacturing company. Information is provided on each engine and includes the number and configuration of cylinders, the maximum output and engine speed, together with the weight and some dimensional details. Contact information for the companies featured is provided at the end of the publication.

We are grateful to Worldmarine Ltd UK which supplied the data and which holds the copyright.

Published monthly by HEXUS MEDIA COMMUNICATIONS

Media House, Acacia Drive,
Swanley, Kent, BR6 3HU, UK
Tel: +44 1322 660070
Fax: +44 1322 628311/616315

www.motorship.com
© 2005 Highbury Business
ISSN 0007 3001
Hexus Media Communications is a trading
name of Highbury Business Communications
Ltd, a subsidiary of Navus Holdings Ltd,
Registered in England, Registered Number
03465034. Registered Office: Navigator House,
14 Harcourt Square, London W1S 1AP

Subscriber Services

For any subscription information and
queries, please contact Highbury
Subscription Services, Link House,
6 Bartholomews Walk, City,
Cambridge, CB7 4ZD, UK
Tel: +44 1353 654431
Fax: +44 1353 654400
customer.support@highburymedia.co.uk

Cheques made payable to:

The Motor Ship
Subscription Rates
£105/\$204/€152 one year
£8.00 single issue

Printed by Williams Press (Berks) Ltd,
Conwalks Works, Maidenhead, Berks



Editorial Team

Editor
John Barnes
j.barnes@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611280

Deputy Editor
Paul Van Dyck
p.vandyck@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611281

Technical Editor
Mark Langdon
markl@themotorship.com
Tel: +44 1752 302712

Group Art Editor
Lynsey Reeves
l.reeves@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611278

Administrative Executive
Karen Tolley
k.tolley@highburybiz.com
+44 1322 611286

Production Executive
Liz Wall
l.wall@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611289

German Correspondent
Hans-Jürgen Reuss
hjr@pneuusa.de
Tel: +49 40 750 7026

Sales Team & Offices

Head Office (UK) & Headquarters
The Motor Ship, Media House, Acacia Drive, Swanley, Kent, BR6 3HU, UK

Advertisement Manager
Graat Welden
g.welden@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611212
Fax: +44 1322 616376

Sales Executive
Alynn Toplis
a.toplis@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611212
Fax: +44 1322 616376

Classified Sales Executive
Ed Robinson
e.robinson@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611260
Fax: +44 1322 616339

Business Sector Manager
Mark Shelton
m.shelton@highburybiz.com
Tel: +44 1322 611255
Fax: +44 1322 616376

While every effort is made to ensure the
accuracy and fairness of the various content,
the publisher and authors cannot be held
responsible for unintentional errors or omis-
sions. No part of this publication may be
reproduced in any form without the express
permission of the publisher.

Italy
Romano Ferrario
romano.ferrario@libero.it
Tel: +39 02 4233972
Fax: +39 02 47711365

Japan
JAC Japan Advertising
Communications Inc
Yuko Ishihara
ishihara@mediajac.co.jp
Tel: +81 3 3261 4591
Fax: +81 3 3261 6126

Scandinavia
Örn Marketing
marine.marketing@orn.se
Tel: +46 411 18400
Fax: +46 411 10531

South Korea
G & G Communications Inc
Gabah's Hwang
ggh@ggcommunications.com
Tel: +82 31 703 7782
Fax: +82 31 701 0069

Reprints of articles appearing
in *The Motor Ship* are available
Tel: +44 1322 660070
Fax: +44 1322 616349

MODEL	CYL CONFIG	No OF CYL	BORE (mm)	STROKE (mm)	CYCLE	LENGTH (mm)	WEIGHT (kg)	MAX POWER (kW)	RATED RPM
ABC									
6DYS-600-045	L	6	242	320	4	3,640	8,860	398	600
6DYS-720-045	L	6	242	320	4	3,640	8,860	470	720
6DYS-750-045	L	6	242	320	4	3,640	8,860	478	750
6DNC-600-080	L	6	242	320	4	3,640	8,860	497	600
6DNC-600-100	L	6	242	320	4	3,640	8,860	552	600
6DNC-720-080	L	6	242	320	4	3,640	8,860	585	720
6DNC-750-080	L	6	242	320	4	3,640	8,860	596	750
6DNC-720-100	L	6	242	320	4	3,640	8,860	649	720
6DNC-750-100	L	6	242	320	4	3,640	8,860	662	750
8DNC-600-080	L	8	242	320	4	4,430	11,500	662	600
8DNC-600-100	L	8	242	320	4	4,430	11,500	736	600
8DNC-720-080	L	8	242	320	4	4,430	11,500	777	720
8DNC-750-080	L	8	242	320	4	4,430	11,500	864	750
8DNC-720-100	L	8	242	320	4	4,430	11,500	864	720
8DNC-750-100	L	8	242	320	4	4,430	11,500	883	750
6D2C-750-135									
6D2C-750-150	L	6	256	310	4	3,908	10,820	810	750
6D2C-720-166	L	6	256	310	4	3,908	10,820	954	720
6D2C-1000-120	L	6	256	310	4	3,908	10,820	960	1,000
6D2C-900-135	L	6	256	310	4	3,908	10,820	972	900
6D2C-750-166	L	6	256	310	4	3,908	10,820	995	750
6D2C-720-181	L	6	256	310	4	3,908	10,820	1,032	720
6D2C-750-179	L	6	256	310	4	3,908	10,820	1,065	750
6D2C-900-150	L	6	256	310	4	3,908	10,820	1,080	900
6D2C-1000-135	L	6	256	310	4	3,908	10,820	1,080	1,000
6D2C-800-173	L	6	256	310	4	3,908	10,820	1,104	800
6D2C-900-166	L	6	256	310	4	3,908	10,820	1,194	900
6D2C-1000-150	L	6	256	310	4	3,908	10,820	1,200	1,000
8D2C-750-150	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,200	750
8D2C-720-166	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,272	720
8D2C-900-135	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,296	900
8D2C-750-166	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,326	750
8D2C-1000-166	L	8	256	310	4	3,908	10,820	1,326	1,000
8D2C-720-181	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,376	720
8D2C-750-179	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,420	750
8D2C-900-150	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,440	900
8D2C-1000-135	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,440	1,000
8D2C-800-173	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,472	800
8D2C-900-166	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,592	900
8D2C-1000-150	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,600	1,000
8D2C-1000-166	L	8	256	310	4	4,703	13,900	1,768	1,000
12VDC									
12VDC	V	12	256	310	4	4,089	17,000	2,800	1,000
16VDC									
16VDC	V	16	256	310	4	4,850	20,000	3,536	1,000
ADD									
6ADD30V	V	6	300	480	4	4,000	31,000	3,430	750
8ADD30V	V	8	300	480	4	4,700	36,000	4,570	750
10ADD30V	V	10	300	480	4	5,625	44,000	5,720	750
12ADD30V	V	12	300	480	4	5,905	49,000	6,860	750
14ADD30V	V	14	300	480	4	7,090	56,000	8,010	750
16ADD30V	V	16	300	480	4	7,370	66,000	9,150	750
18ADD30V	V	18	300	480	4	8,170	72,000	10,300	750