



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI KOEFISIEN BLOK KAPAL
DENGAN FUNGSI TUJUAN BIAYA PENGADAAN MINIMAL
PADA PEMBANGUNAN KAPAL**

SKRIPSI

**BUDI SANTOSO
040508005X**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI KOEFISIEN BLOK KAPAL
DENGAN FUNGSI TUJUAN BIAYA PENGADAAN MINIMAL
PADA PEMBANGUNAN KAPAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**BUDI SANTOSO
040508005X**

**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 Santoso

NPM : 040508005X

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Budi Santoso
NPM : 040508005X
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Optimasi Koefisien Blok 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 penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis 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 penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Ir. Hadi Tresno Wibowo, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Bapak M.A. Talahatu, Bapak Sunaryo, dan Bapak Yanuar, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada skripsi ini;
- (3) Pihak Galangan PT. Dok dan Perkapalan Kodja Bahari, yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (4) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (5) Budi Adinugraha, selaku teman dalam penyusunan skripsi ini; dan
- (6) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan ilmu perkapalan.

Depok, Juli 2009

Budi Santoso

NPM : 040508005X

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

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

Nama : Budi Santoso
NPM : 040508005X
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 KOEFISIEN BLOK 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 Santoso)

ABSTRAK

Nama : Budi Santoso
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Optimasi Koefisien Blok Kapal dengan Fungsi Tujuan Biaya Pengadaan Minimal Pada Pembangunan Kapal

Naiknya harga baja di dunia yang disebabkan oleh krisis global, sangat membebani perusahaan galangan kapal. Untuk itu penggunaan baja harus dikurangi seminimal mungkin. Salah satu caranya adalah dengan melakukan optimasi koefisien blok kapal. Optimasi koefisien blok dapat dilakukan untuk semua jenis kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari ukuran utama kapal yang optimal dan meminimalisir biaya pengadaan pada proses pembuatan kapal. Data diambil dari PT. Dok dan Perkapalan Kodja Bahari (Persero), yaitu kapal yang sudah dibangun dengan tipe cargo semi container. Untuk mempermudah dalam pengolahan data maka peneliti menggunakan bantuan software maxsurf. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa daerah optimal berada pada varian 3. Dengan selisih total biaya pengadaan sebesar Rp 1,024 milyar, hal ini membuktikan bahwa bertambahnya koefisien blok kapal akan berakibat bertambahnya hambatan kapal sehingga bertambah pula biaya pengadaan instalasi tenaga penggerak. Sedangkan dampak pada biaya pengadaan baja semakin berkurang, hal ini dikarenakan dengan koefisien blok yang besar tingkat kerumitan dalam pembangunan semakin berkurang.

Kata kunci :

Biaya, blok, kapal, koefisien, optimasi, pengadaan

ABSTRACT

Name : Budi Santoso
Study Program : Naval Architecture
Title : Optimized Block Coefficient Of Ship Using The Aim Of Minimum Supplies Cost For Shipping Construction

World crisis effects the development of steel rate. It impedes the business of ship building. Therefore, the usage of steel must be decreased. The alternative way is by optimizing the block coefficient of ship. It can be done by all variants. The goal of this research is to find out the main calculation of ship optimally. The data is taken from PT. Dok and Perkapalan Kodja Bahari (Persero) that the ship has established by the type of cargo with semi container design. The writer uses the maxsurf software in order to easier the writer in analyzing the data. The result of this research proves that the optimal area appears in 3rd variant. The difference result can be seen from the cost provided with the amount of 1.024 million rupiah. It proves the increasing the block coefficient of ship that causes the increasing of resistance. Therefore, it causes the increasing of the installation cost provided in main spring. In contrast, the effect of the steel cost provided is getting decrease.. It is because the high degree of block complexity in establishing is also getting decrease.

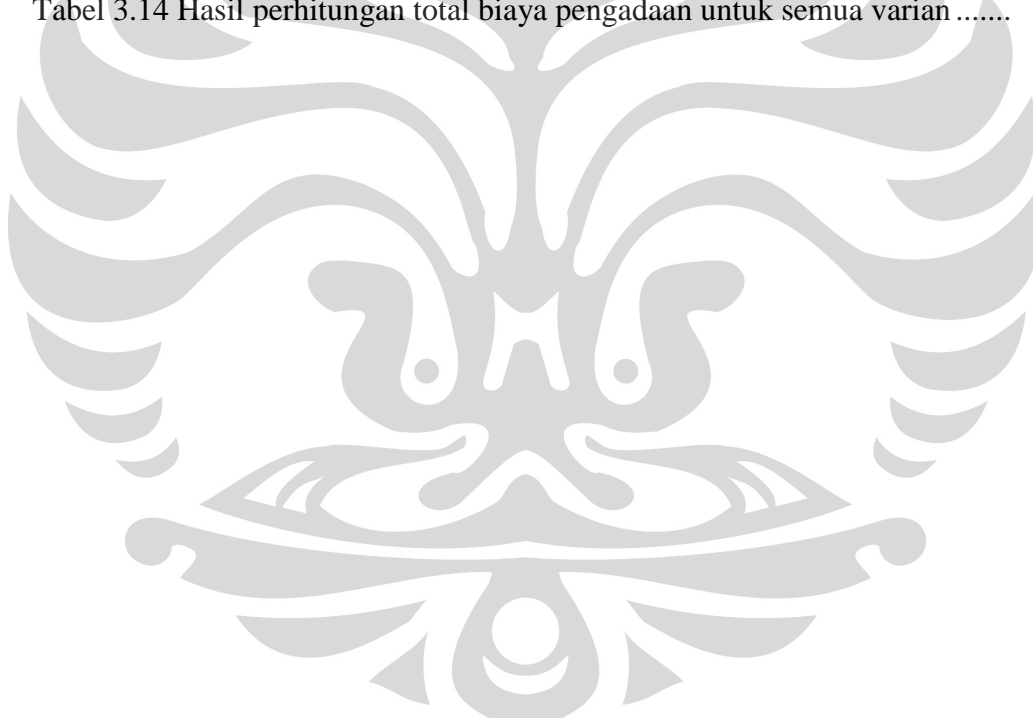
Key words: Block, coefficient, cost, optimizing, ship, supply

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
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.....	10
2.1.3 Besaran Pada Kapal	13
2.2 Pengertian Dan Tujuan Optimasi.....	15
2.2.1 Variasi Dimensi Utama Kapal.....	15
2.2.2 Variasi Panjang Kapal	19
2.2.3 Variasi Koefisien Blok Kapal	23
2.3 Perubahan Sifat Variasi.....	25
2.4 Macam Biaya Pengadaan	26
2.5 Formula Interpolasi Untuk Biaya Lambung.....	28
3. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL.....	30
3.1 Rancangan Awal Kapal.....	30
3.2 Optimasi Dimensi Utama dari Segi Koefisien Blok Kapal.....	34
3.3 Optimasi Berat Baja dan Instalasi Tenaga Penggerak	41
3.4 Optimasi Biaya Pengadaan	43
3.4.1 Macam Biaya Pengadaan	43
3.4.2 Biaya Pengadaan untuk Semua Varian Disain	45
4. ANALISIS	49
4.1 Analisis Data	49
4.2 Analisis Pengolahan Data.....	50
4.3 Analisa Hasil	50
5. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Stabilitas awal varian 0 menurut peraturan IMO	30
Tabel 3.2	Koreksi ukuran utama untuk kapal barang.....	31
Tabel 3.3	Perhitungan stabilitas awal varian 0.....	32
Tabel 3.4	Ukuran utama kapal untuk variasi koefisien blok (Cb)	36
Tabel 3.5	Koreksi terhadap ukuran utama kapal.....	36
Tabel 3.6	Hasil perhitungan hidrostatis untuk semua varian	39
Tabel 3.7	Hasil perhitungan hambatan untuk semua varian	40
Tabel 3.8	Hasil perhitungan daya mesin untuk semua varian.....	40
Tabel 3.9	Hasil perhitungan hambatan dan daya untuk semua varian	41
Tabel 3.10	Hasil perhitungan berat instalasi tenaga penggerak untuk semua varian	42
Tabel 3.11	Pemilihan instalasi tenaga penggerak untuk semua varian	42
Tabel 3.12	Hasil perhitungan berat untuk semua varian.....	43
Tabel 3.13	Hasil perhitungan biaya pengadaan spesifik untuk semua varian .	45
Tabel 3.14	Hasil perhitungan total biaya pengadaan untuk semua varian	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Dimensi utama kapal	6
Gambar 2.2	Perbandingan luas tengah kapal pada perbandingan B/T dan B/H tetap	20
Gambar 2.3	Pengaruh variasi panjang terhadap lambung timbul	20
Gambar 2.4	Ketergantungan biaya baja spesifik pada koefisien blok	29
Gambar 3.1	Rencana garis untuk varian 0	31
Gambar 3.2	Kurva stabilitas untuk varian 0	34
Gambar 3.3	Rencana garis untuk varian 1	37
Gambar 3.4	Rencana garis untuk varian 2	37
Gambar 3.5	Rencana garis untuk varian 3	38
Gambar 3.6	Rencana garis untuk varian 4	38
Gambar 3.7	Grafik hambatan dengan metode Holtrop	40
Gambar 3.8	Grafik daya mesin maksimum dengan metode Holtrop	41
Gambar 3.9	Grafik perubahan biaya terhadap perubahan C_b	46
Gambar 3.10	Grafik biaya pengadaan instalasi tenaga penggerak	46
Gambar 3.11	Grafik biaya pengadaan total untuk semua varian	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal laut merupakan alat transportasi yang murah untuk menghubungkan masyarakat, barang dan jasa dari suatu negara ke negara yang lain, dari pulau yang satu ke pulau yang lainnya. Di negara-negara yang sudah maju dalam perindustriannya, industri perkapalan sangatlah dibutuhkan untuk membuat kapal-kapal barang dan tanker untuk membawa hasil-hasil industri yang tidak biasa dibawa oleh transportasi lain, karena biaya yang sangat besar dan membutuhkan ruang yang sangat besar. Semuanya itu dapat dipermudah dengan menggunakan kapal laut.

Memasuki abad ke-21 ini dan menghadapi AFTA serta era globalisasi, pemerintah memprioritaskan pembangunan di bidang industri agar dapat menjajarkan diri dengan negara-negara yang sudah maju dalam bidang industri, beberapa contoh pembangunan industri tersebut yang didukung pemerintah adalah proyek IPTN, PAL, dan sebagainya yang merupakan perwujudan dari keinginan bangsa Indonesia untuk dapat seperti negara maju didunia dalam bidang perindustrian sebagai bidang yang biasa menjadi tulang punggung devisa bagi bangsa Indonesia. Berdasarkan hal tersebut industri perkapalan merupakan industri yang sangat penting untuk menunjang pembangunan. Oleh karena itu sangatlah penting untuk adanya perusahaan-perusahaan galangan kapal yang melakukan proses pembangunan dan perawatan atau perbaikan kapal-kapal baik dalam maupun luar negeri. Salah satu perusahaan yang menangani pembangunan dan perawatan atau perbaikan, merupakan salah satu perusahaan yang terbaik dalam perawatan dan perbaikan didalam negeri adalah PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari (persero) yang bertempat di Tanjung Priok, Jakarta Utara. Dengan bertambahnya jumlah kapal maka akan meningkatnya jumlah devisa negara. Dalam membangun kapal sendiri diperlukan suatu desain yang tepat dan ekonomis. Selain itu juga naiknya harga baja di dunia yang disebabkan oleh krisis global, sangat membebani perusahaan yang berbahan baku baja, salah satunya adalah perusahaan galangan kapal baja. Hal ini yang menyebabkan

perusahaan memikirkan agar penggunaan akan baja bisa dikurangi. Salah satu caranya adalah dengan melakukan optimasi dimensi utama. Optimasi dimensi utama sendiri terbagi menjadi tiga yaitu optimasi dengan variabel bebas panjang, lebar dan koefisien blok. Untuk itu perlu diadakannya suatu optimasi ukuran utama dan parameter bentuk kapal.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi suatu software yang dapat digunakan dalam menentukan suatu optimasi koefisien blok kapal, dalam hal ini menggunakan software maxsurf.
2. Menentukan desain kapal yang optimal dari segi variabel koefisien blok kapal.
3. Menentukan jumlah biaya pengadaan minimal dalam pembangunan kapal, dalam hal ini biaya pengadaan lambung kapal dan mesin utama.

Sehingga diharapkan hasil penelitian dan penulisan ini bisa menjadi masukan dan bahan rujukan dalam mendesain sebuah kapal.

1.3 Batasan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang spesifik dan terarah serta demi tercapainya tujuan penelitian, maka penelitian dibatasi oleh hal-hal berikut ini:

1. Penelitian optimasi koefisien blok kapal (C_b) hanya sampai tahap pra-rancangan (*preliminary design*).
2. Dengan syarat bahwa bangunan atas dan rumah geladak tidak terpengaruh oleh variasi, maka cukup biaya baja lambung saja yang diperhitungkan.
3. Biaya pengadaan instalasi penggerak untuk sementara dianggap kontinyu variabel dan didapatkan dari perkalian antara besarnya daya penggerak dan satuan biaya per satuan daya.
4. Peralatan dan perlengkapan kapal dianggap tidak terpengaruh oleh variasi, maka tidak diperhitungkan

1.4 Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Tahap perumusan masalah, yaitu mencari variabel-variabel yang berpengaruh dalam percobaan, sekaligus referensi yang berkaitan.
2. Tahap pengambilan dan pengolahan data, yaitu pengambilan data-data yang diperlukan di PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari (Persero), dan melakukan pengolahan data menggunakan software maxsurf.
3. Tahap penulisan skripsi, yaitu melakukan analisa terhadap data-data hasil penelitian yang didasarkan pada rumusan dan teori yang telah ada di berbagai literatur, dan selanjutnya menyajikannya dalam bentuk karya tulis skripsi.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyajian tugas akhir atau skripsi ini yang bermula dari latar belakang masalah sampai pada kesimpulan hasil penelitian maka skripsi ini 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 PENGOLAHAN DATA DAN HASIL

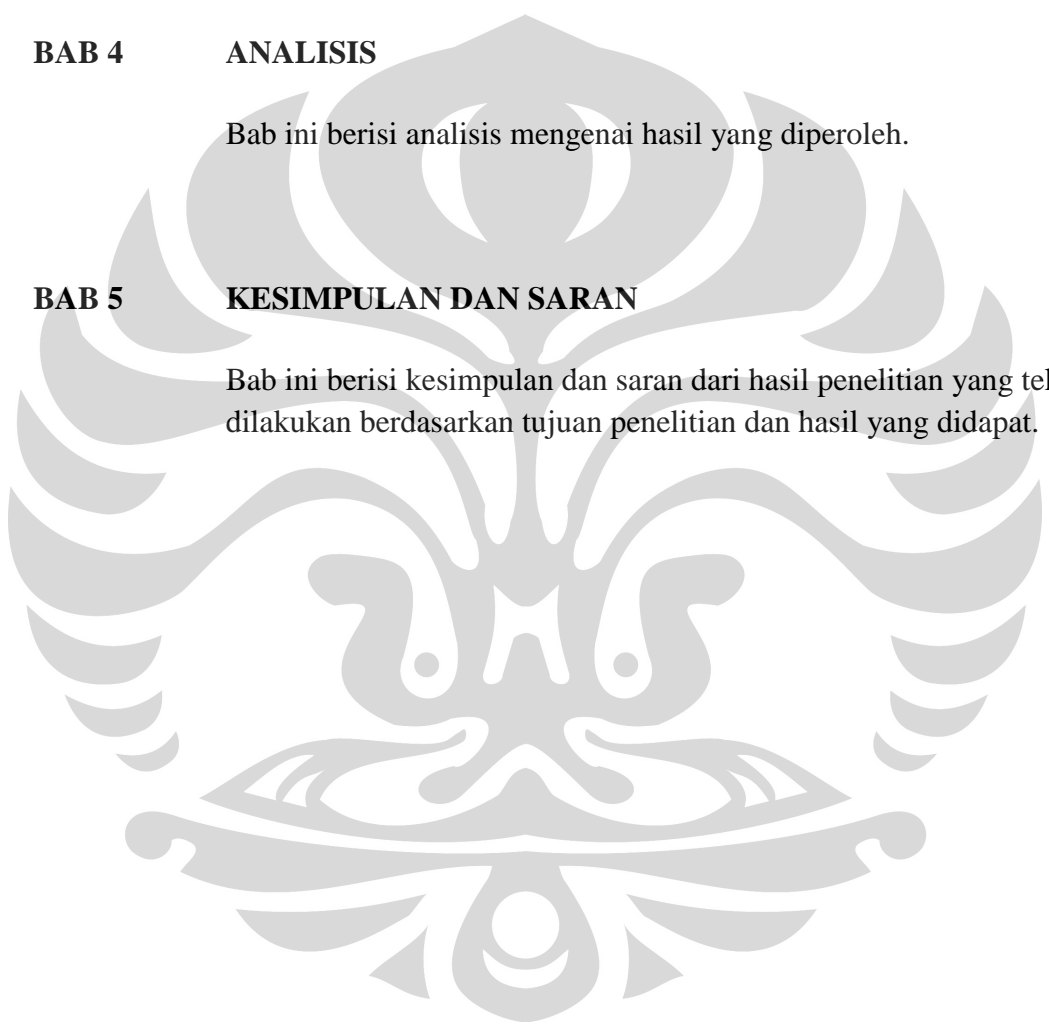
Bab ini menjelaskan tentang pengolahan data Serta data-data hasil penelitian, perhitungan data-data tersebut dan grafik, yang telah didapat dengan menggunakan bantuan software. Selain itu dijelaskan pula mengenai langkah-langkah dalam pengolahan data.

BAB 4 ANALISIS

Bab ini berisi analisis mengenai hasil yang diperoleh.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tujuan penelitian dan hasil yang didapat.



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 langsung terhadap sifat dan karakteristik kapal.

2.1.1 Dimensi Utama Kapal

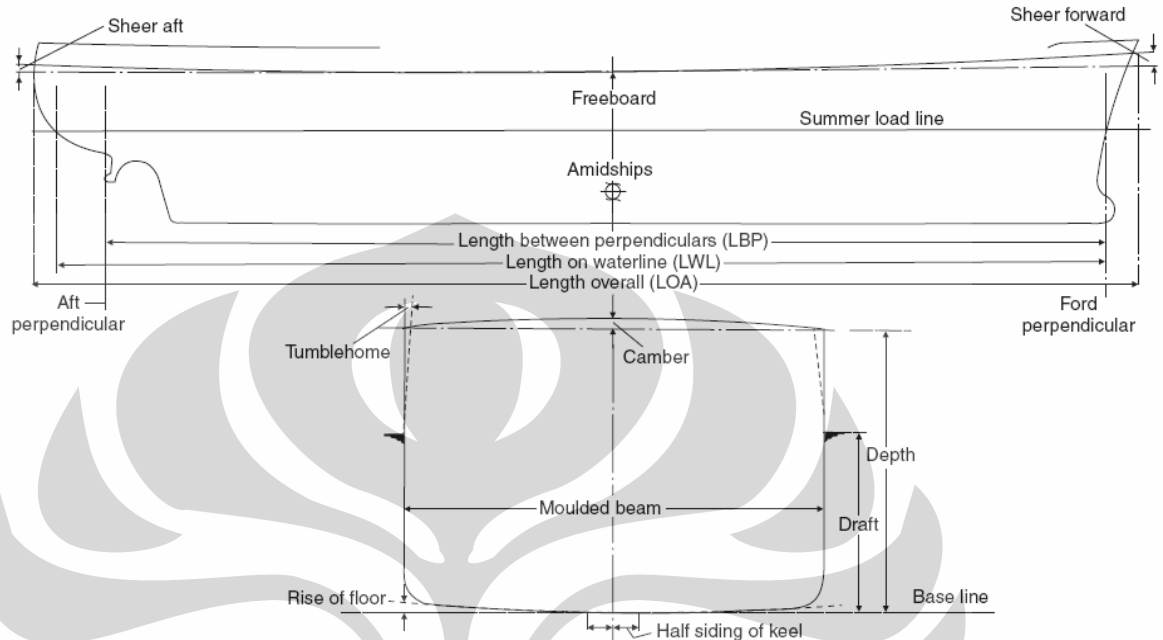
Dimensi utama kapal merupakan suatu besaran skalar yang menentukan ukuran suatu kapal. Dimensi utama kapal terdiri dari:

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 garis muat tertinggi atau garis air muatan penuh (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 (Breadth Maximum = B_{Max}) adalah jarak mendatar antara sisi-sisi luar kulit lambung kapal yang diukur pada lebar kapal terbesar.
- Lebar moulded kapal (Breadth 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 (Breadth 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.
- $L/H = 18$ untuk 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 balok 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:

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

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, perhitungan C_b kapal juga dapat dengan menggunakan rumus pendekatan dengan menggunakan kecepatan kapal, yaitu sebagai berikut:

- Metode *Kerleen*:

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

- Metode *Chirila*:

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

- Metode *Sabit, Series 60*:

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

- *Schneckluth*

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

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:

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

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*:

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

- Metode *Sabit, Series 60*:

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

- Metode *Van Lammeren*:

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

- Metode *A Schoeker*:

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

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:

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

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*:

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

- *Schneekluth*

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

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:

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

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 :

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

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.

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:

$$\Delta = Lwl \times Bwl \times d \times Cb \times \rho_{air} \dots\dots\dots(2.16)$$

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

ρ_{air} = berat jenis air, untuk air tawar (1,000 ton/m³) dan air laut (1,025-1,030 ton/m³)

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

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

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 skema/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:

1. Optimasi bentuk kapal dipandang dari segi pandang pelayaran, dan
2. Optimasi bentuk kapal yang dipandang dari segi pandang galangan.

Bagi perusahaan pelayaran, 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, minimasi biaya pembuatan adalah 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. Ini berarti bahwa ukuran-ukuran yang optimal untuk galangan juga berlaku bagi perusahaan pelayaran.

2.2.1 Variasi 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 prismatik 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.

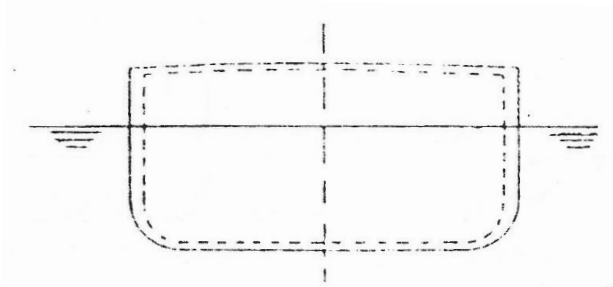
3. Koefisien blok

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 Variasi 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 seras 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

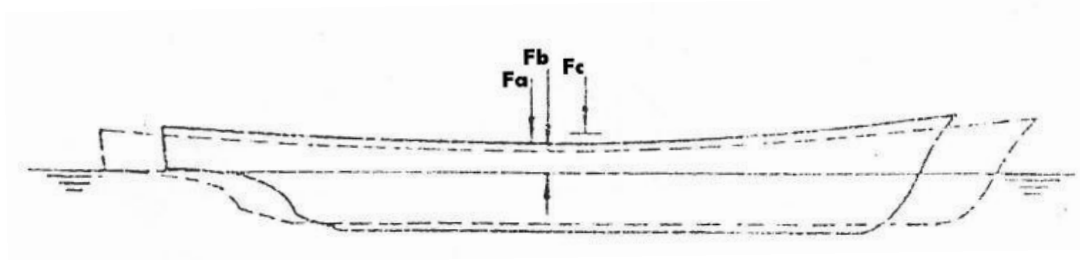
Bila seandainya panjang diperbesar 10% maka luas tengah kapal perlu dikurangi 10%, sedangkan tinggi, lebar, dan sarat perlu masing-masing dikurangi sebesar 5%. Yang akan tetap konstan adalah perbandingan-perbandingan B/T dan H/T serta koefisien blok C_b . Perbandingan-perbandingan L/B dan L/H meningkat 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: F_a = 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 rangka ini, tinggi kapal dapat diperbesar tanpa akibat yang merugikan. Selain itu pada *full-scantling ship*, menambahkan panjang dapat dilakukan bila perubahan-perubahan ukuran dan lambung timbul yang diakibatkannya dapat ditampung dengan pengurangan koefisien blok Cb.

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 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 Variasi Koefisien Blok Kapal

Seperti pada variasi panjang kapal, maka persyaratan desain kapal tetap harus dipertahankan. Untuk memvariasikan koefisien blok (C_b) berlaku hal sebagai berikut :

- Volume bawah geladak kontinue teratas $\nabla_u = \text{konstan}$
- Volume pemindahan air ∇ untuk sementara diusahakan konstan, baru kemudian bila diperlukan dapat dikoreksi sesuai perubahan berat.
- Panjang kapal (LBP) = konstan
- Lebar kapal (B) divariasikan, hingga stabilitas awal konstan.
- Sarat air (T) di hitung dari persamaan :

$$T = \frac{\nabla}{L.B.C_b} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana: T = tinggi sarat air

L = panjang kapal

B = lebar kapal

C_b = koefisien blok kapal

∇ = displacement kapal

Isi ruang muat yang diminta kira-kira dapat diusahakan konstan sesuai dengan tidak bervariasinya ruang bawah geladak. Bagi kapal-kapal container dan Ro-Ro yang diperlukan adalah konstannya kemungkinan untuk menempatkan muatan. Bila C_b kecil, “ruang mati” akan bertambah dan oleh karenanya memerlukan ruang muat yang lebih besar. Pada kapal – kapal tipe ini berarti kebutuhan ruang muat meningkat dengan mengecilnya C_b . Untuk mengonstankan ruang bawah geladak, maka $L.B.H.\delta d = \nabla d$ harus konstan (δd = koefisien blok sampai tinggi kapal).

Perbedaan yang disebabkan oleh lengkung dan busur geladak dianggap tidak ada atau dianggap konstan bagi semua variasi C_b .

δd dapat dihitung dengan persamaan pendekatan:

$$\delta d = C_b + c \frac{H - T}{T} \left(- C_b \right) \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana: δd = koefisien blok sampai tinggi kapal

C_b = koefisien blok sampai sarat

H = tinggi kapal

T = sarat air

c = 0,3 untuk bentuk gading U

c = 0,4 untuk bentuk gading V

Dengan anggapan sementara bahwa ruang bawah geladak tetap konstan, maka perubahan ruang mesin dan ruangan – ruangan mati di ujung-ujung kapal dianggap tidak ada. Perbedaan dimensi ruang mesin dapat disebabkan karena perbedaan ukuran / bentuk alas ganda yang tersedia bagi pondasi mesin.

Pada variasi koefisien blok (C_b), stabilitas awal dapat diusahakan konstan dengan memvariasikan lebar kapal (B) menurut formula yang dikembangkan oleh *Muhlbradt*:

$$B = \frac{Bo}{c \left[\left(\frac{Cb}{Cbo} \right)^2 - 1 \right] + 1} \dots\dots\dots(2.20)$$

- Dimana: B = lebar kapal yang di variasikan
 Bo = lebar kapal varian nol (indeks 0)
 c \cong 0,12 untuk kapal-kapal penumpang dan kontain
 c \cong 0,16 untuk kapal-kapal barang dan tanker
 Cb = koefisien blok yang divariasikan
 Cbo = koefisien blok varian nol

2.3 Perubahan Sifat Variasi

Bila variasi Cb dilakukan dengan cara tersebut diatas, maka sifat-sifat kapal akan berubah. Dengan memperkecil Cb akan terjadi perubahan – perubahan sebagai berikut ini :

1. Bila Cb menjadi lebih kecil dari 0,68 maka lambung timbul akan lebih kecil dari lambung timbul yang ditentukan oleh peraturan.
2. Luas bidang dibawah kurva stabilitas (lengan momen) akan berkurang, bila stabilitas awal dipertahankan.
3. Berat lambung akan sedikit bertambah.
4. Dibandingkan dengan kapal-kapal barang normal, diperlukan daya mesin yang lebih kecil dan demikian pula berat instalasi mesin menjadi lebih kecil. Hambatan, arus ikut dan wave factor lebih baik.
5. Penggunaan bahan bakar berkurang.
6. Hambatan karena gelombang lebih kecil.
7. Gerak pada gelombang lebih baik, efek slamming berkurang.
8. Parallel midle body lebih kecil dan “spantausfall” di ujung-ujung kapal lebih besar, hingga kenyamanan sandar pada dermaga berkurang.
9. Lubang palka mungkin sekali menjadi besar, bila dengan bertambahnya lebar kapal, lebar lubang palka juga harus bertambah. Dengan demikian

tutup palka menjadi lebih berat dan lebih mahal. Luas geladak atas lebih besar.

10. Penampang ruang muat tidak menguntungkan. Spantaufall lebih besar, bidang dasar bersudut siku lebih sedikit.
11. Lebih cepat sampai pada batas-batas ukuran helling, dok dan pintu air.
12. Batang Pemuat lebih panjang, bila pengaruh lebar kapal lebih menentukan daripada panjangnya.

2.4 Macam 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 koefisien blok (C_b) dengan panjang konstan, maka terdapat perubahan biaya hal ini karena perubahan dari nilai koefisien blok (C_b), perubahan dapat di hitung dengan pendekatan rumus:

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 tidak terpengaruh oleh variasi, maka tidak diperhitungkan. 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 dan tutup palka, hal ini dikarenakan pada optimasi koefisien blok panjang kapal tetap dijaga konstan.
- 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.

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.

2.5 Formula Interpolasi Untuk Biaya Lambung

Biaya spesifik baja lambung yang lebih besar, karena pengecilan koefisien blok (C_b) dapat dihitung dengan interpolasi. terlebih dahulu harus ditentukan biaya spesifik (satuan) baja lambung, misalnya untuk $C_b = 0,5$ dan $C_b = 0,8$ (gambar .). Biaya di antara dua nilai tersebut kemudian dapat diinterpolir dengan formula sebagai berikut:

Biaya untuk baja terpasang:

$$Kst = Kst_{0,8} + \frac{Kst_{0,5} - Kst_{0,8}}{0,8 - 0,5} \cdot (0,8 - C_b) \dots\dots\dots(3.2)$$

Kst adalah biaya baja terpasang untuk C_b antara 0,5-0,8.

$Kst_{0,5}$ dan $Kst_{0,8}$ ditentukan dari pengalaman masing-masing galangan. Biasanya ini tergantung dari tipe kapal, dimensi kapal dan produktifitas galangan.

Biaya total baja lambung menjadi:

$$Kst_{Rp} = Kst_{Rp/t} \cdot St \dots\dots\dots(3.3)$$

Ketergantungan biaya baja spesifik terhadap dimensi kapal menurut Danckwardt:

$$Kst = x \cdot St^{-0,125} \dots\dots\dots(3.4)$$

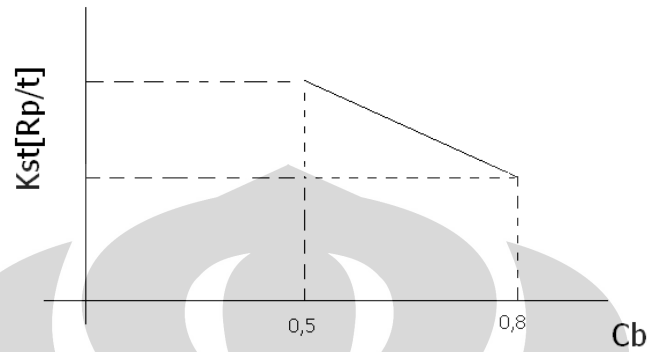
x = suatu faktor, tergantung dari nilai uang, tipe kapal, situasi biaya galangan dan lain sebagainya.

St = berat baja lambung [t]

Tidak termasuk dalam biaya-biaya ini adalah biaya-biaya untuk:

- ⊗ Disain dan konstruksi
- ⊗ Peralatan dan sablon
- ⊗ Transpor
- ⊗ Energi
- ⊗ Peluncuran, pengedokan
- ⊗ Asuransi, klasifikasi

Menurut formula ini bagi kapal-kapal barang dengan berat baja lambung 10,000 ton, biaya baja spesifiknya akan bertambah 1,2% bila berat baja lambung bertambah 10%. Perubahan-perubahan kecil berat baja dalam deret variasi, tidak banyak mempengaruhi harga keseluruhan baja lambung.



Gambar 2. 4 . Ketergantungan biaya baja spesifik pada koefisien blok.

BAB 3

PENGOLAHAN DATA DAN HASIL

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 pemesan kapal:

Nama Kapal : KM Fajarindo 7

Jenis Kapal : Kapal Cargo Semi-Container

Kecepatan : 11 knot (5.66 m/s)

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

Tabel 3.1 Stabilitas awal varian nol menurut peraturan IMO

Data kapal KM FAJARINDO 7			
No	Ukuran utama	Satuan	Nilai
1	Length Between Perpendicular (LBP)	m	70.08

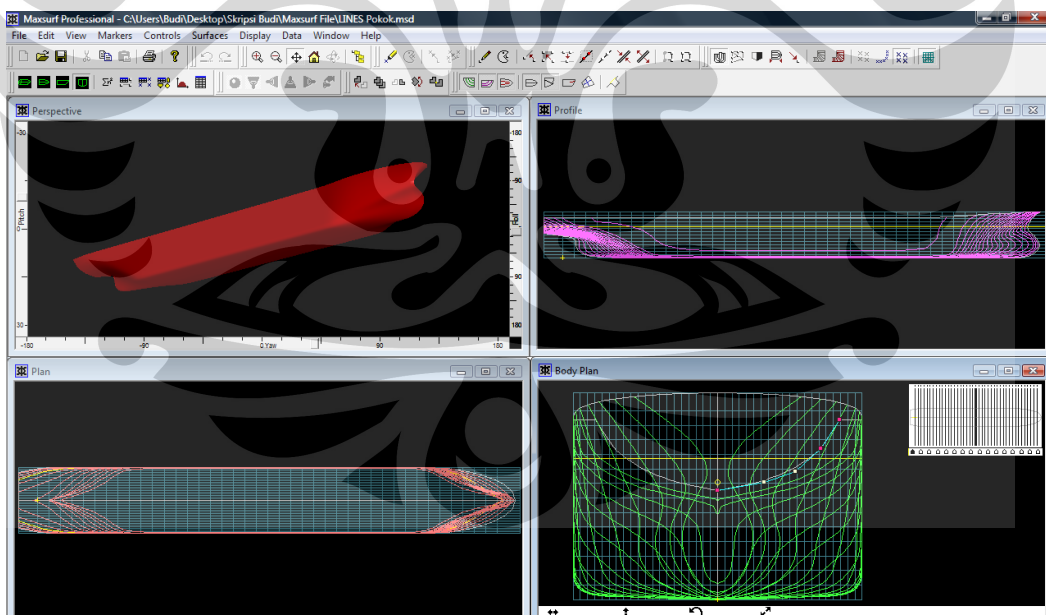
2	Length Over All (LOA)	m	75.017
3	Length Water Line (LWL)	m	73.081
4	Beam (B)	m	10
5	Sarat (T)	m	4.862
6	Height (H)	m	6.5
7	Koefisien block (Cb)		0.8
8	Koefisien block sampai tinggi kapal (δd)		0.820

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

Tabel 3.2 koreksi ukuran utama untuk kapal barang

	Batasan
L/B	6,2 - 7,8
T/B	0,4 - 0,5
L/H	10,7 - 14,6
Cb	0,75 - 0,82

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 6DZC720-181

DWT: 2266 ton

RPM Mesin : 720 rpm

LWT : 642 ton

Daya Mesin : 1032 kW

Berat : 1062 kg

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.

Menurut IMO kurva stabilitas awal sebuah kapal harus memenuhi syarat syarat sebagai berikut:

1. $MG \geq 0.15 \text{ m}$
2. $h_{30^\circ} \geq 0.20 \text{ m}$
3. $\phi \text{ h max} \geq 25^\circ$
4. $\phi \text{ range} \geq 60^\circ$
5. $A_{30^\circ} > 0.055 \text{ m rad}$
6. $A_{40^\circ} \geq 0.090 \text{ m rad}$
7. $A_{30^\circ} - A_{40^\circ} \geq 0.03 \text{ m rad}$

Hasil tabel perhitungan serta gambar kurva stabilitas awal untuk varian nol dapat dilihat seperti dibawah ini:

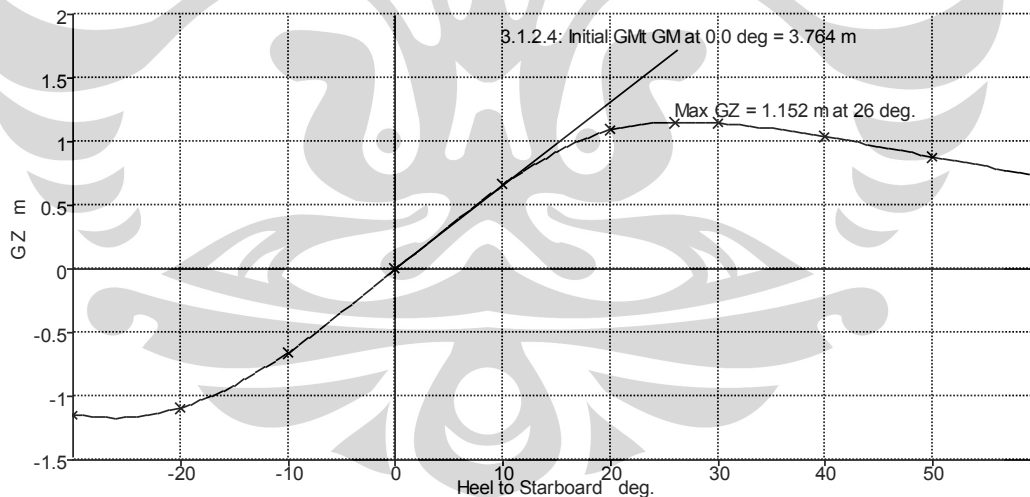
Tabel 3.3 Perhitungan stabilitas awal varian nol

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	3.151	m.de	23.783	Pass

	(\geq)		g		
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.de g	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.de g	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 memenuhi peraturan IMO (*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 Koefisien Blok Kapal

Untuk melakukan variasi koefisien blok kapal ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi yaitu:

1. Panjang kapal (LBP) konstan.

2. Displacement di jaga tetap konstan, walaupun terdapat perubahan tidak lebih dari 1%.
3. Perbandingan lebar kapal (B) terhadap sarat air (T) tetap konstan, hal ini dilakukan untuk menjaga ataupun mempertahankan stabilitas awal.

Ada beberapa tahap dalam mengoptimasi dimensi utama dari segi koefisien blok kapal (C_b) diantaranya adalah:

1. Menentukan variasi koefisien blok (C_b).

0.78	0.79	0.8	0.805	0.81	0.815	0.82
------	------	-----	-------	------	-------	------

2. Menentukan lebar kapal (B) dengan masing-masing varian, dengan menggunakan persamaan (2.20):

$$B = \frac{Bo}{c \left[\left(\frac{Cb}{Cbo} \right)^2 - 1 \right] + 1}$$

Dimana: B = lebar kapal yang di variasikan

Bo = lebar kapal varian nol

c \cong 0,12 untuk kapal-kapal penumpang dan kontain

c \cong 0,16 untuk kapal-kapal barang dan tanker

C_b = koefisien blok yang divariasikan

C_{bo} = koefisien blok varian nol

3. Menentukan sarat air (T) dengan masing-masing varian, dengan menggunakan persamaan (2.18):

$$T = \frac{\nabla}{L.B.C_b}$$

Dimana: T = tinggi sarat air

L = panjang kapal

B = lebar kapal

C_b = koefisien blok kapal

∇ = displacement kapal

4. Untuk mengonstankan ruang bawah geladak, maka :

$$\delta d = Cb + c \frac{H - T}{T} \left(-Cb \right)$$

Dimana: δd = koefisien blok sampai tinggi kapal

Cb = koefisien blok sampai sarat

H = tinggi kapal

T = sarat air

c = 0,3 untuk bentuk gading U

c = 0,4 untuk bentuk gading V

Sehingga di dapat ukuran utama kapal untuk semua varian:

Tabel 3.4 Ukuran utama kapal untuk variasi koefisien blok (Cb)

No	Ukuran	Satuan	Optimasi Cb					
			0.78	0.79	0.805	0.81	0.815	0.82
1	LBP	m	70.08	70.08	70.08	70.08	70.08	70.08
			2841.70	2841.70	2841.70	2841.70	2841.70	2841.70
2	Δ	m ³	3	3	3	3	3	3
3	B	m	10.080	10.040	9.980	9.960	9.940	9.920
4	T	m	4.946	4.902	4.840	4.820	4.800	4.780
5	H	m	6.7	6.6	6.45	6.4	6.35	6.3
6	δd		0.803	0.812	0.824	0.829	0.833	0.837
7	ΔCb		1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
8	$\Delta \delta d$		1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01

5. Mengoreksi ukuran utama yang telah di dapat untuk masing-masing varian.

Tabel 3.5 Koreksi terhadap ukuran utama kapal

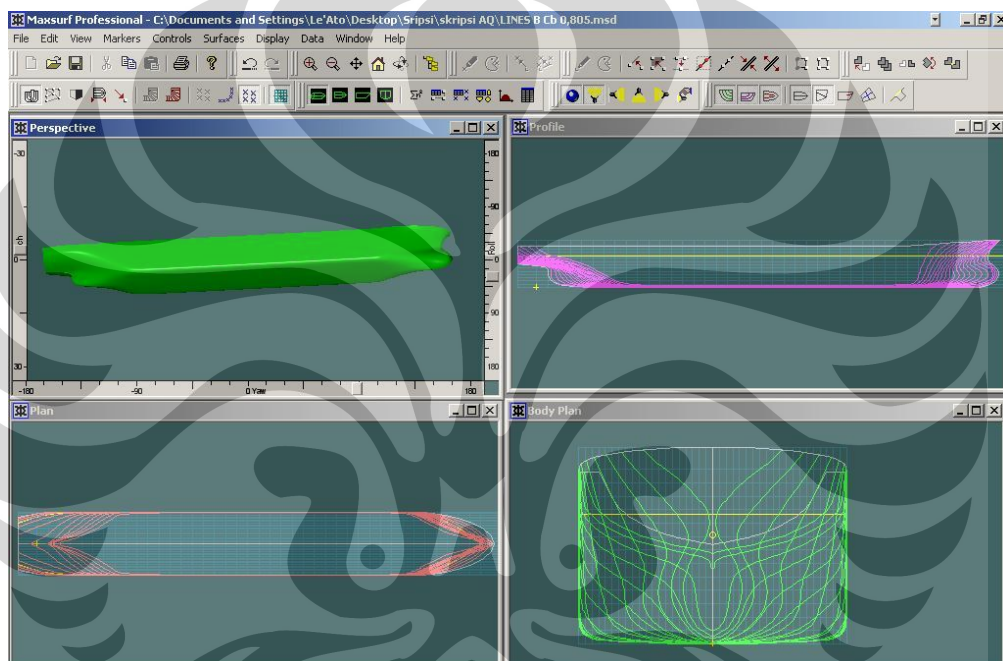
	Batasan	Koreksi						
B/T	konstan	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
L/B	6,2 - 7,8	6.953	6.980	7.008	7.022	7.036	7.050	7.065
T/B	0,4 - 0,5	0.491	0.488	0.486	0.485	0.484	0.483	0.482
L/H	10,7 - 14,6	10.460	10.618	10.782	10.865	10.950	11.036	11.124
Cb	0,75 - 0,82	0.780	0.790	0.800	0.805	0.810	0.815	0.820

Ket

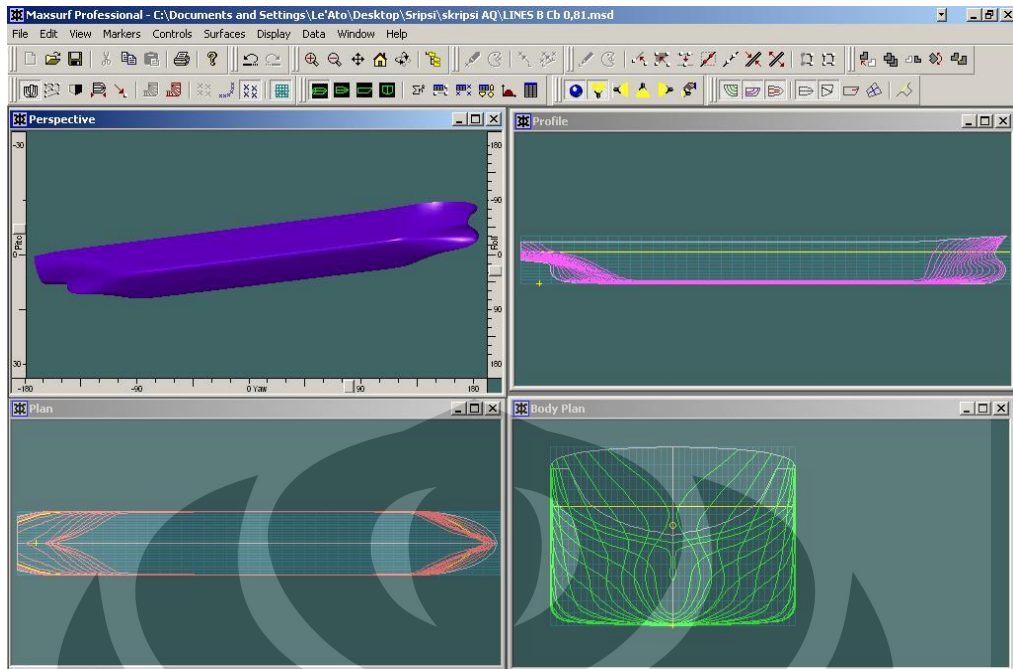
 tidak memenuhi koreksi
memenuhi koreksi

Jika suatu varian yang tidak memenuhi koreksi maka varian tersebut tidak bisa digunakan untuk proses berikutnya. Sebagai contoh di sini adalah koreksi L/H terdapat dua varian yang tidak memenuhi, karena nilai perbandingan L/H mempengaruhi kekuatan memanjang kapal. Jika 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.

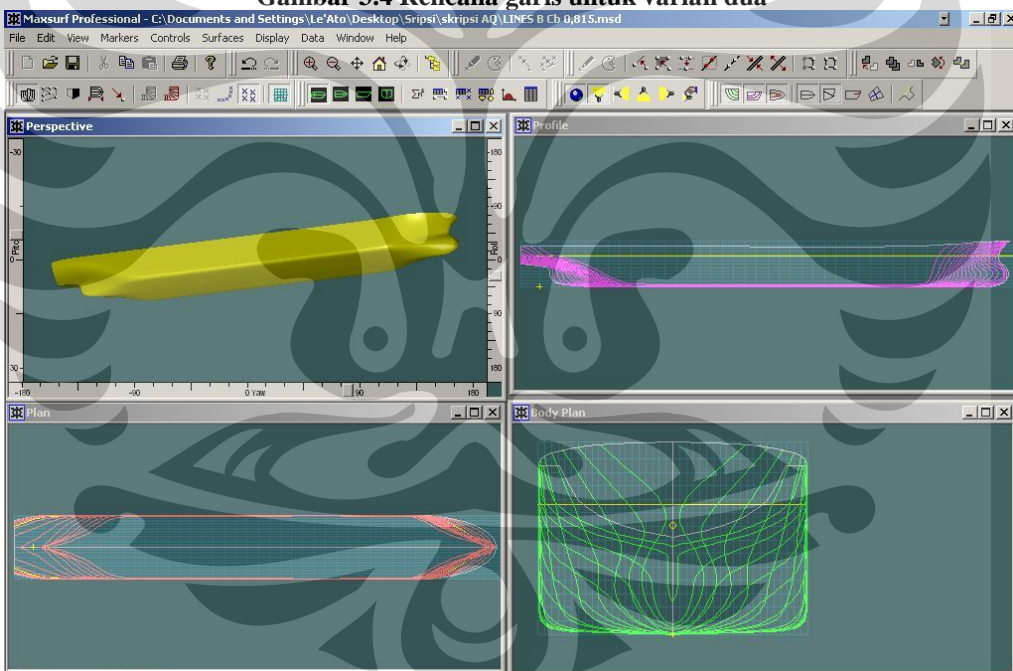
Setelah semua proses dilakukan maka akan didapat rencana garis dari semua varian yang telah memenuhi aspek rasio.



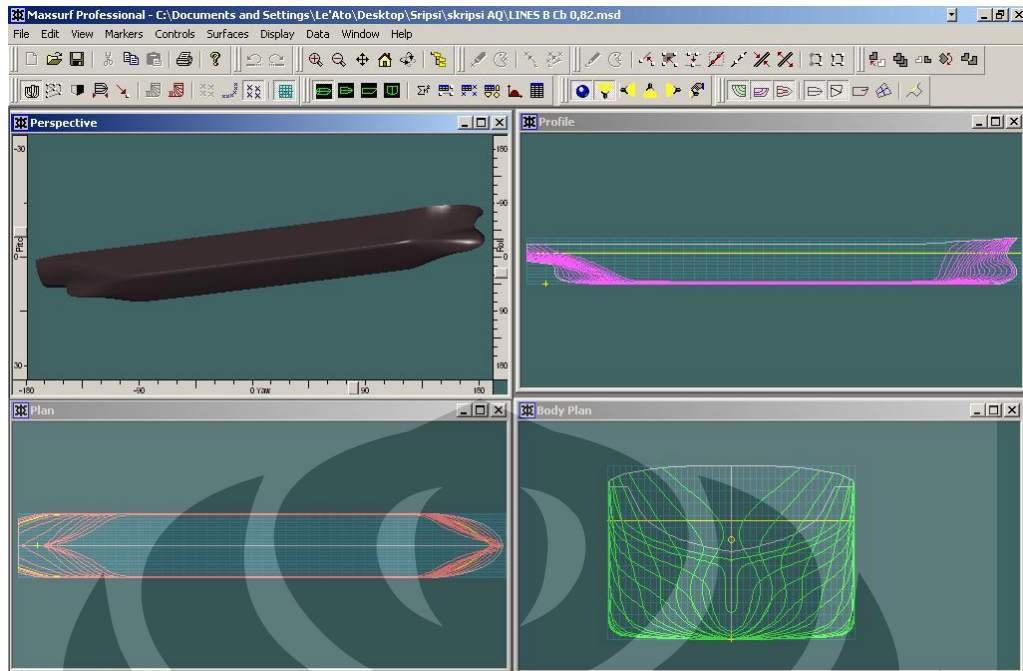
Gambar.3.3 Rencana garis untuk varian satu



Gambar 3.4 Rencana garis untuk varian dua



Gambar 3.5 Rencana garis untuk varian tiga



Gambar 3.6 Rencana garis untuk varian empat

6. Koreksi displacement dari perhitungan hidrostatis

Untuk menentukan karakteristik kapal di bawah air maka dilakukan perhitungan hidrostatis dengan bantuan software maxsurf. Maka di dapat hasil sebagai berikut:

Tabel 3.6 Hasil perhitungan hidrostatis untuk semua varian.

No	Ukuran	Satuan	Variasi Cb				
			Varian 0	Varian 1	Varian 2	Varian 3	Varian 4
1	Displacement	tonne	2912.745	2917.22	2920.709	2927.528	2929.558
2	Volume	m ³	2841.703	2846.068	2849.472	2856.125	2858.105
3	Draft to Baseline	m	4.862	4.84	4.82	4.8	4.78
4	Immersed depth	m	4.862	4.84	4.82	4.8	4.78
5	Lwl	m	73.081	73.163	73.268	73.4	73.508
6	Beam wl	m	10	9.98	9.96	9.94	9.92
7	WSA	m ²	1248.493	1250.845	1252.378	1254.928	1256.084
8	Max cross sect area	m ²	47.669	47.389	47.095	46.806	46.517
9	Waterplane area	m ²	674.017	676.292	678.092	680.343	682.04
10	Cp		0.816	0.821	0.826	0.831	0.836
11	Cb		0.8	0.805	0.81	0.815	0.82
12	Cm		0.98	0.981	0.981	0.981	0.981
13	Cwp		0.922	0.926	0.929	0.932	0.935
14	LCB from zero pt	m	35.016	35	34.984	34.984	34.957
15	LCF from zero pt	m	32.112	32.164	32.229	32.315	32.382
16	KB	m	2.571	2.557	2.546	2.534	2.522

17	KG	m	3.628	3.528	3.428	3.328	3.228
18	BMt	m	1.85	1.852	1.853	1.853	1.853
19	BMI	m	91.399	92.422	93.309	94.279	95.223
20	Gmt	m	4.42	4.409	4.398	4.387	4.376
21	GMI	m	93.969	94.98	95.855	96.812	97.746
22	KMt	m	4.42	4.409	4.398	4.387	4.376
23	KMI	m	93.969	94.98	95.855	96.812	97.746
24	Immersion (TPc)	tonne/cm	6.909	6.932	6.95	6.974	6.991
25	MTc	tonne.m	39.057	39.537	39.949	40.442	40.861
26	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	tonne.m	224.696	224.473	224.201	224.129	223.72
27	Precision	50 stations	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
	koreksi displacement ≤ 1%	%	-	0.154	0.273	0.508	0.577

7. Menentukan besarnya hambatan kapal dan daya instalasi penggerak utama.

Perhitungan hambatan dan tenaga penggerak dilakukan dengan tiga metode, yaitu Holtrop, Compton, dan 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 diambil pada saat kapal bergerak dengan kecepatan dinas, yaitu 11 knot. Adapun besar hambatan dan grafik untuk setiap varian adalah sebagai berikut:

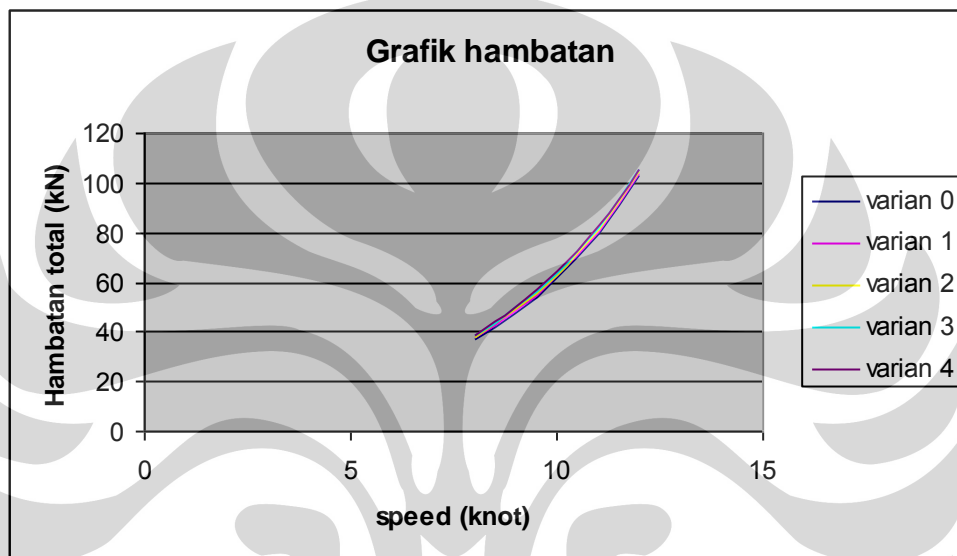
Tabel 3.7 Hasil perhitungan hambatan untuk semua varian.

speed	varian 0	varian 1	varian 2	vaian 3	varian 4
knot	hambatan metode Holtrop (kN)				
8	37.1	37.65	38.06	38.55	38.98
8.5	42.17	42.78	43.23	43.78	44.25
9	47.87	48.55	49.05	49.65	50.15
9.5	54.34	55.09	55.62	56.27	56.8
10	61.71	62.53	63.1	63.78	64.33
10.5	70.14	71.02	71.61	72.33	72.88
11	79.81	80.76	81.37	82.1	82.63
11.5	90.7	91.73	92.34	93.09	93.6
12	103.11	104.14	104.7	105.39	105.82

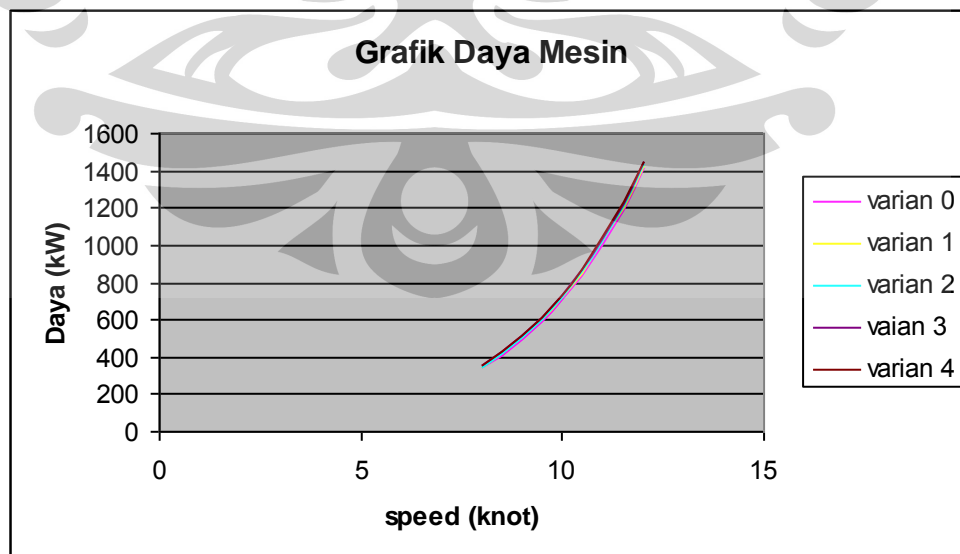
Tabel 3.8 Hasil perhitungan daya mesin untuk semua varian.

speed	varian 0	varian 1	varian 2	vaian 3	varian 4
knot	Daya metode Holtrop (kW)				

8	339.33	344.34	348.07	352.61	356.5
8.5	409.75	415.71	420.11	425.45	429.98
9	492.51	499.53	504.63	510.81	515.97
9.5	590.11	598.26	604.07	611.11	616.86
10	705.43	714.81	721.31	729.18	735.45
10.5	841.89	852.53	859.61	868.19	874.79
11	1003.62	1015.62	1023.22	1032.42	1039.11
11.5	1192.49	1205.95	1214.05	1223.88	1230.58
12	1414.5	1428.67	1436.33	1445.82	1451.64



Gambar 3.7 Grafik hambatan dengan metode Holtrop



Gambar 3.8 Grafik daya mesin maksimum dengan metode Holtrop

Karena kecepatan yang diinginkan oleh 11 knot, maka dapat di sederhanakan menjadi:

Tabel 3.9 Hasil perhitungan hambatan dan daya untuk semua varian.

Variasi Cb	Kecepatan knot	Metode Holtrop		Daya HP
		Hambatan kN	Daya kW	
0,8	11	79.81	1004	1345
0,805	11	80.76	1016	1361
0,81	11	81.37	1023	1372
0,815	11	82.1	1032	1384
0,82	11	82.63	1039	1393

3.3 Optimasi Berat Baja dan Instalasi Tenaga Penggerak

Menentukan berat baja dari masing-masing varian. Dari data yang sudah ada, di dapat pendekatan untuk menghitung berat baja yaitu dengan menggunakan metode *Watson*:

$$W_{st} = k \cdot E \cdot 1,36 + 0,5 (Cb - 0,7) \quad \text{Ton} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana :

k = konstanta; 0,033 – 0,040 ; untuk kapal cargo semi container

diambil nilai k = 0.039

$$E = L (B + T) + 0,85L(H - T) + 0,85 \sum (l_1 h_1) + 0,75 \sum (l_2 h_2)$$

L = Lpp, panjang antara garis tegak (m)

B = Lebar kapal (m)

T = Sarat air (m)

H = Tinggi kapal (m)

$\sum (l_1 h_1)$ = jumlah (Panjang dan tinggi bangunan atas/super structure =
11,85 m dan 7,85 m

$\sum (l_2 h_2)$ = jumlah (Panjang dan tinggi rumah geladak/ deck house =
5,62 m dan 5,69

Tabel 3.10 Hasil perhitungan berat instalasi tenaga penggerak untuk semua varian.

Variasi Cb	Kecepatan knot	Metode Holtrop		Berat ME ton	power HP
		Hambatan kN	Power kW		
0,8	11	79.81	1004	10.62	1345
0,805	11	80.76	1016	10.62	1361
0,81	11	81.37	1023	10.62	1372
0,815	11	82.1	1032	10.62	1384
0,82	11	82.63	1039	10.62	1393

Tabel 3.11 Pemilihan instalasi tenaga penggerak untuk semua varian.

Variasi Cb	Kecepatan knot	Metode Holtrop		Berat ME ton	Daya HP	Merk Mesin Tipe Mesin
		Hambatan kN	Daya max kW			
0,8	11	79.81	1032	10.62	1383	ABC 6DZC-720-181
0,805	11	80.76	1032	10.62	1383	ABC 6DZC-720-181
0,81	11	81.37	1032	10.62	1383	ABC 6DZC-720-181
0,815	11	82.1	1032	10.62	1383	ABC 6DZC-720-181
0,82	11	82.63	1065	10.62	1428	ABC 6DZC-750-179

Maka di dapat untuk masing-masing varian

Tabel 3.12 Hasil perhitungan berat untuk semua varian.

	varian 0	varian 1	varian 2	varian 3	varian 4
E	1242.08	1237.47	1232.87	1228.27	1223.68
Wst (ton)	629.712	626.537	623.376	620.220	617.069
Wbulbows (ton)	3.149	3.133	3.117	3.101	3.085
Wme (ton)	10.62	10.62	10.62	10.62	10.62
Wtotal (ton)	643	640	637	634	631

3.4 Optimasi Biaya Pengadaan

3.4.1 Macam 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 koefisien blok (C_b) dengan panjang konstan, maka terdapat perubahan biaya hal ini karena perubahan dari nilai koefisien blok (C_b), perubahan dapat di hitung dengan pendekatan rumus:

$$\Delta St_{r \text{ GEKR}} \approx 0,33 St_r (C_{b0} - C_b) \dots \dots \dots (3.2)$$

2. Biaya instalasi penggerak.

Biaya pengadaan instalasi penggerak untuk sementara dianggap kontinu 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 tidak terpengaruh oleh variasi, maka tidak diperhitungkan. 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 dan tutup palka, hal ini dikarenakan pada optimasi koefisien blok panjang kapal tetap dijaga konstan.

- 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.

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.

3.4.2 Biaya Pengadaan untuk Semua Varian Disain

Biaya spesifik baja lambung yang lebih besar, karena pengecilan koefisien blok (C_b) dapat dihitung dengan interpolasi. terlebih dahulu harus ditentukan

biaya spesifik (satuan) baja lambung, misalnya untuk $C_b = 0,5$ dan $C_b = 0,8$ (gambar 2.4). Biaya di antara dua nilai tersebut kemudian dapat diinterpolir dengan formula sebagai berikut:

Biaya untuk baja terpasang:

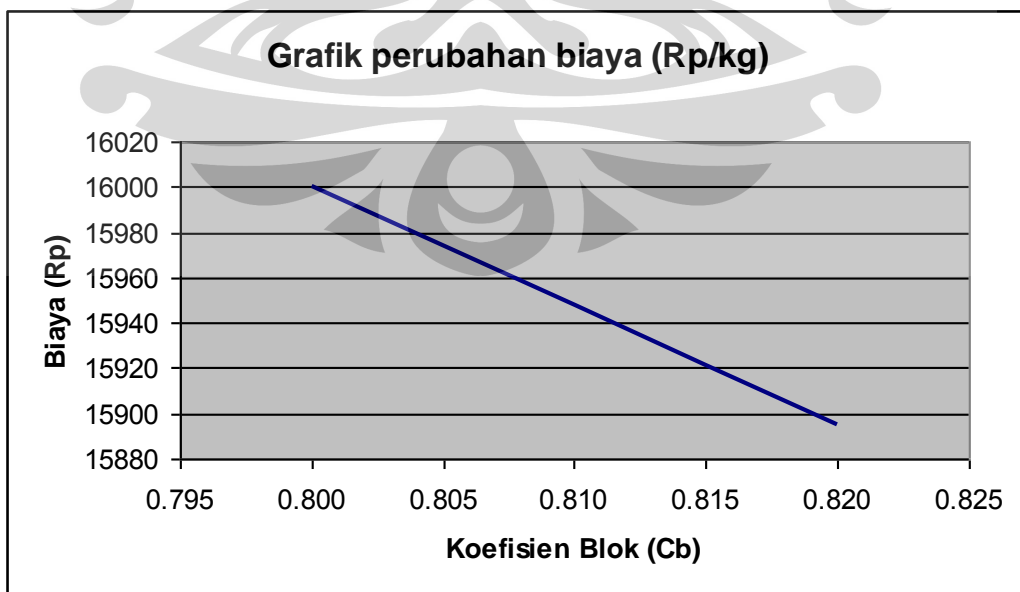
$$Kst = Kst_{0,8} + \frac{Kst_{0,5} - Kst_{0,8}}{0,8 - 0,5} \cdot (0,8 - C_b) \dots\dots\dots(3.2)$$

Kst adalah biaya baja terpasang untuk C_b antara 0,5-0,8.

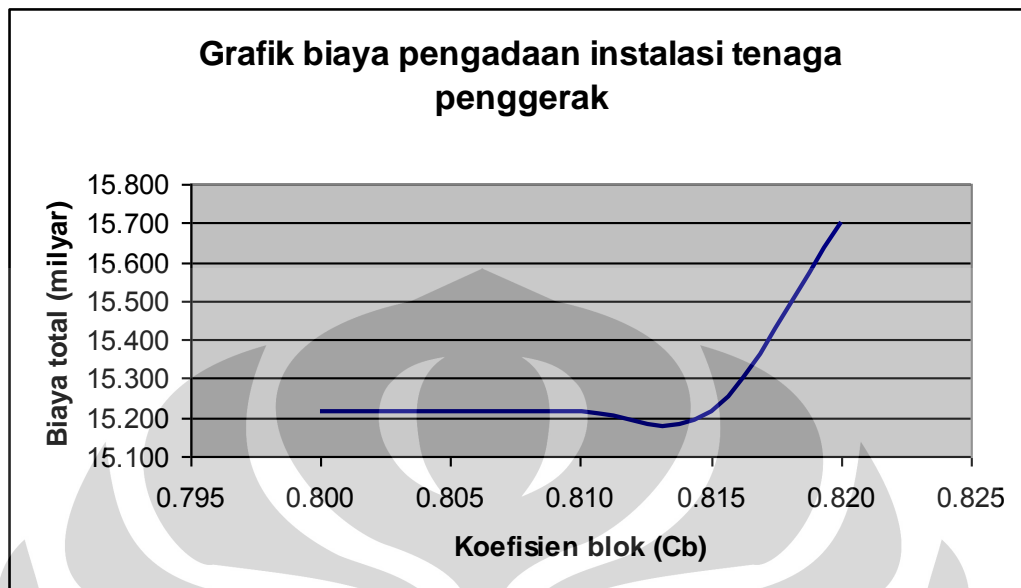
$Kst_{0,5}$ dan $Kst_{0,8}$ ditentukan dari pengalaman masing-masing galangan. Biasanya ini tergantung dari tipe kapal, dimensi kapal dan produktifitas galangan. Namun dalam kasus ini hanya terdapat satu buah data dalam penentuan biaya pengadaan. Jika itu terjadi maka dari pengalaman galangan adanya perubahan biaya yaitu sebesar 3%. Jika koefisien blok diperbesar maka biaya akan berkurang sebesar 3%, hal ini dikarenakan tingkat kerumitan dalam pengerjaan semakin rendah dibanding dengan koefisien blok yang diperkecil. Maka dalam perhitungan ini terdapat pengurangan biaya sebesar 3% dari biaya awal.

Tabel 3.13 Hasil perhitungan biaya pengadaan spesifik untuk semua varian.

Biaya pengadaan spesifik	satuan	varian 0	varian 1	varian 2	varian 3	varian 4
Lambung	Rupiah/kg	16000	15974	15947	15921	15895
Tenaga penggerak	Juta rupiah/Hp	11	11	11	11	11



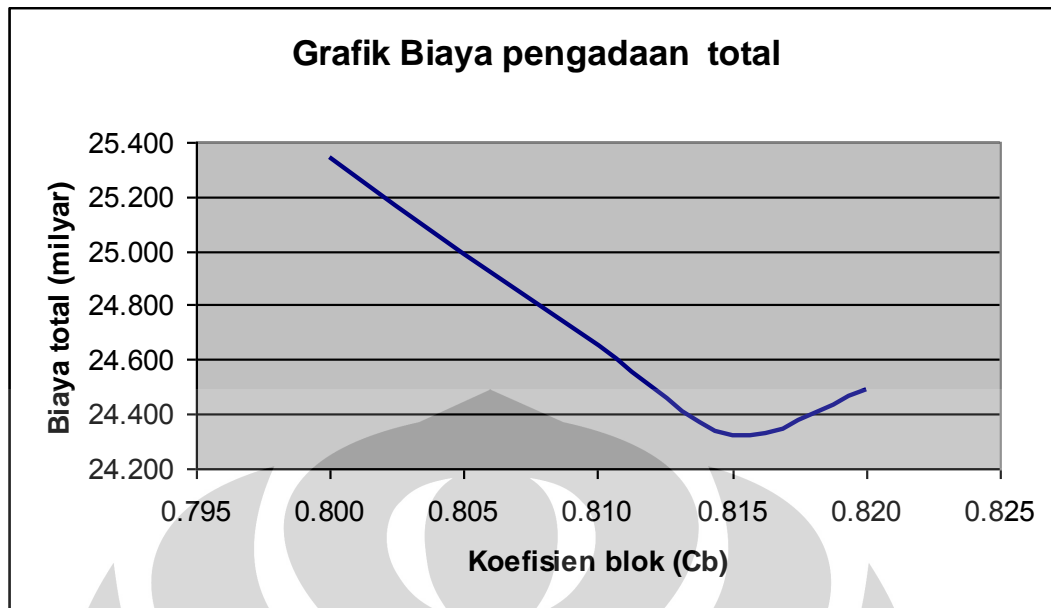
Gambar 3.9 Grafik perubahan biaya terhadap perubahan C_b (Rp/kg)



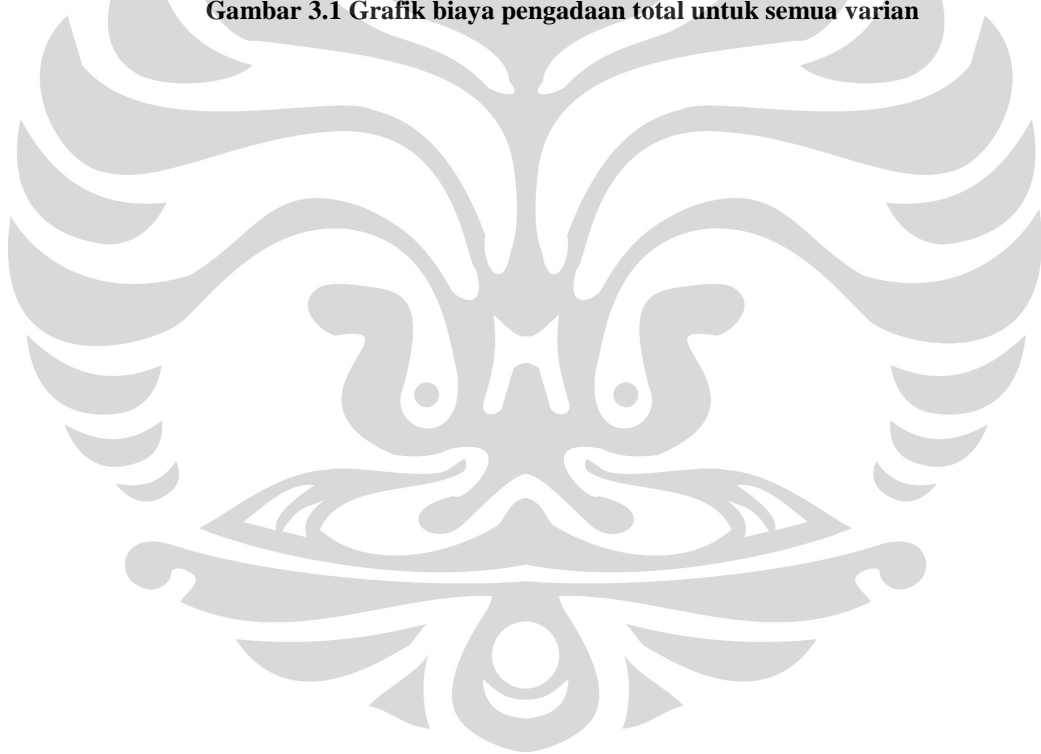
Gambar 3.10 Grafik biaya pengadaan instalasi tenaga penggerak

Tabel 3.14 Tabel hasil perhitungan total biaya pengadaan untuk semua varian.

Biaya pengadaan	Satuan	varian 0	varian 1	varian 2	varian 3	varian 4
Lambung	Milyar rupiah	10.126	9.772	9.431	9.102	8.784
Tenaga penggerak	Milyar rupiah	15.217	15.217	15.217	15.217	15.704
Biaya pengadaan total	Milyar rupiah	25.343	24.990	24.649	24.319	24.488
selisih optimasi		0.000	0.353	0.694	1.024	0.855
Daerah optimasi						



Gambar 3.1 Grafik biaya pengadaan total untuk semua varian



BAB 4

ANALISIS

4.1 Analisis Data

Dari data di ketahui bahwa besarnya nilai koefisien blok 0,8, sedangkan batasan koefisien blok untuk kapal barang yaitu 0,75-0,82. Selisih koefisien blok antara varian nol dan varian lainnya hanya sebesar 0,2. Tentu saja dengan dengan selisih nilai sebesar 0,2 untuk membuat variasi lainnya menjadi lebih sedikit. Jika ingin mendapatkan varian yang lebih banyak dengan selisih hanya sebesar 0,2 maka yang terjadi adalah selisih antar varian menjadi semakin rendah, dalam hal ini yaitu sebesar 0,05.

4.2 Analisis Pegolahan Data

Dari pengolahan data terdapat beberapa hal yang tidak diperhitungkan diantaranya adalah:

- Stabilitas pada varian yang dioptimasi. Karena perbandingan B/T di jaga konstan.
- Bagian-bagian peralatan dan perlengkapan yang sama sekali tidak terpengaruh variasi, seperti alat-alat elektronik di dalam kapal dan tutup palka, hal ini dikarenakan pada optimasi koefisien blok panjang kapal tetap dijaga konstan.
- 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.

4.3 Analisis Hasil

Dari hasil yang telah di dapatkan terdapat perubahan displacement kapal antara varian 0 dengan yang lainnya, hal ini sudah dapat dipastikan karena perubahan dari koefisien blok kapal itu sendiri, akan tetapi perbedaan displacement antara varian 0 dengan varian lainnya tidak melebihi 1%. Maka varian tersebut masih dapat dilakukan optimasi.

Dalam menentukan hambatan dan daya maksimum mesin pada kecepatan servis yaitu 11 knot, dengan mengasumsikan bahwa efisiensi mesin sebesar 45%. Karena tidak ada efisiensi mesin pada kapal sebesar 100%, hal ini dikarenakan adanya energi yang terbuang pada poros baling-baling. Untuk menentukan daya mesin dalam horse power (HP) maka dilakukan konversi satuan dari kilo Watt (kW) ke horse power. Dimana $1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$, sehingga $1 \text{ kW} = 1/0,746 = 1,34 \text{ HP}$.

Adanya perubahan pada koefisien blok kapal maka terdapat perubahan berat pada lambung kapal, kisaran perubahannya sebesar $\pm 3\%$. Jika koefisien blok kapal diperkecil maka penambahan berat lambung kapal menjadi bertambah $\pm 3\%$, dan sebaliknya jika koefisien blok kapal diperbesar maka berat lambung kapal akan berkurang sebesar $\pm 3\%$. Ternyata adanya perubahan koefisien blok kapal juga terjadi perubahan biaya pengerjaan di tiap galangan, hal ini dikarenakan koefisien blok kapal memberikan bentuk kapal. Jika koefisien blok kapal kecil maka tingkat kerumitan dalam pembentukan profil atau pelat semakin tinggi dan sebaliknya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan penelitian ini dapat dikatakan bahwa software maxsurf dapat digunakan dalam melakukan optimasi koefisien blok kapal (C_b), dengan tetap memperhatikan beberapa syarat untuk optimasi.
2. Disain yang sudah ada dapat dikembangkan untuk menentukan ukuran yang lebih optimal dari kapal sebelumnya.
3. Berdasarkan hasil penelitian dari beberapa varian yang ada, membuktikan daerah optimal terletak pada koefisien blok (C_b) yang bernilai 0,815. Sehingga dengan melakukan optimasi koefisien blok kapal (C_b) perusahaan galangan dapat menghemat biaya pengadaan baja dan instalasi tenaga penggerak, yaitu dengan total biaya awal pengadaan sebesar Rp 25,343 milyar untuk koefisien blok 0,800 dan setelah dilakukan optimasi biaya awal pengadaan menjadi Rp 24,319 milyar pada koefisien blok 0,815. Hal ini berarti terjadi pengurangan biaya sampai sebesar Rp 1,024 milyar.

5.2 Saran

Untuk kemajuan dalam penelitian yang lebih lanjut, maka perlu dilakukan perbaikan-perbaikan yaitu menggunakan data yang memiliki nilai koefisien blok yang lebih kecil dari batasan koreksi, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan beberapa variasi yang dapat mengidentifikasi daerah optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Kelautan dan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan, Pengertian Dasar Besaran-Besaran Kapal, Semarang 2006.
- Holtrop, J dan Mennen, G.G.J. (1982), An approximate Power Prediction Method, Publication No. 689 of the NSMB-Wageningen International Shipbuilding Progress, Rotterdam.
- Istopo. 1972. Stabilitas Untuk Perwira Kapal Niaga.
- Santanelli, Mario, FC. Santarelli, Preliminary Determination Of Main Characteristic Of Fishing Vessel, Lecture Notes for sixth Wegemt School, Fishing Vessel Technology, Politechnical University of Madrid, May, 1982.
- Santoso, IGM. Dan Sudjono, YJ, Teori Bangunan Kapal, Bagian Proyek Pengadaan Buku Kejuwan Teknologi, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta Utara, PT. Indah Kalam Karya, Januari 1983.
- Stokoe, E. A. 1975. Ship Construction For Marine Students. Principle Lecture in Naval Architecture at South Shields Marine and Technical College. Published by Thomas Reed Publications Limited Sunderland and London.
- Talahatu, M.A. (1978). *Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin FTUI.
- Teguh Sastrodiwongso (1966). Tahanan dan Propulsi Kapal, C.V. Pantja Usaha, Jakarta.
- Triwitono. *Merancang Kapal Lanjutan*. Departemen Teknik Mesin FT UI.
- Wakidjo, P. 1972. Stabilitas Kapal Jilid II. Penuntun Dalam Menyelesaikan Masalah.
- Wicaksono, T. (2004). *Diktat Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin FT