

30166/H/07



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RSPe
623.8207
Kad
9-1
2007

TUGAS AKHIR - LK 1347

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN ALUMINIUM UNTUK KOMPONEN KONSTRUKSI KAPAL KAYU TRADISIONAL

KADAPI
NRP. 4102 109 012

Dosen Pembimbing
Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	28-8-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	228324

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN
ALUMINIUM UNTUK KOMPONEN KONSTRUKSI
KAPAL KAYU TRADISIONAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Perkapalan
Pada
Bidang Studi Produksi
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

KADAPI
Nrp. 4102 109 012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc.



Surabaya, Juli 2007

LEMBAR PENGESAHAN REVISI**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN ALUMINIUM
UNTUK KOMPONEN KONSTRUKSI KAPAL KAYU TRADISIONAL****TUGAS AKHIR**

Telah Direvisi Sesuai Dengan Ujian Sidang Tugas akhir

Bidang Studi Produksi

Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

K A D A P I

4102.109.012

Surabaya, Juli 2007

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



H. Tri Maswandio W.P., M.Sc.

NIP. 131 652 050

SURABAYA

2007

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS
PENGUNAAN ALUMINIUM UNTUK KOMPONEN KONSTRUKSI
KAPAL KAYU TRADISIONAL**

Nama Mahaiswa : Kadapi
NRP : 4102.109.012
Jurusan : Teknik Perkapalan FTK-ITS
Dosen pemb : Ir. Triwilaswandio W.P, M.Sc.

Abstrak

Keterbatasan persediaan kayu di Indonesia membuat aluminium dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pembuatan komponen konstruksi kapal kayu tradisional. Bahan ini memiliki perbandingan kekuatan dan berat yang lebih kecil daripada kayu. Akan tetapi, proses pengerjaan konstruksi bermaterial aluminium membutuhkan teknik yang lebih rumit daripada konstruksi kayu. Selain itu harganya relatif lebih mahal.

Penelitian ini bermaksud untuk menganalisis keunggulan dari konstruksi berbahan aluminium jika dibandingkan dengan kayu, baik bila ditinjau secara teknis maupun ekonomis. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan sumbangan teknologi alternatif pembangunan kapal kayu tradisional karena keterbatasan persediaan kayu.

Hal yang ditinjau dalam penelitian ini adalah penggunaan aluminium sebagai bahan gading dan balok geladak. Perhitungan berat menunjukkan bahwa LWT dapat dikurangi sedangkan DWT dapat ditingkatkan. Perhitungan stabilitas menunjukkan bahwa kapal dengan konstruksi seperti ini lebih stabil karena MG bertambah. Secara ekonomis, biaya pembangunan kapal dengan konstruksi kombinasi ini relatif lebih rendah dari kapal yang sepenuhnya kayu.

Kata kunci : Kapal Kayu

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Saya sebagai penyusun dan penulis tugas akhir ini berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang baik bagi dunia Perkapalan khususnya dan dunia pendidikan secara umum.

Dilain hal, penelitian yang telah saya lakukan ini merupakan salah satu dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan oleh ilmuwan – ilmuwan lain dari seluruh penjuru dunia khususnya dalam hal penggunaan aluminium sebagai material alternatif untuk bangunan konstruksi kapal.

Saya dengan bangga mempersembahkan salah satu karya saya guna memperkaya koleksi karya ilmiah di almamater tercinta sebagai sumbangan saya yang telah sekian tahun belajar dan mendalami ilmu tentang dunia Perkapalan dan semoga manfaatnya dapat dirasakan oleh generasi penerus dimasa yang akan datang.

Untuk itu segala upaya dan kerja keras serta konsentrasi saya curahkan disini, juga tidak terlepas dari bantuan dan dukungan serta bimbingan yang begitu berharga dari sangat banyak orang, akhir kata semoga amal baik mereka akan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT, Amin.

Surabaya, Juli 2007

Penulis

Terima Kasih kepada :

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Mama dan Babak Tercinta kakakku (*Lets we fight together*) dan adikku yang telah memberikan dukungan moral dan material serta spiritual.
2. Keluarga besar Uwakku tercinta DR. H.Mohammad Sehat, SH yang senantiasa memberikan saya semangat berupa subsidi bulanan.
3. Pihak "keluarga besar om Bahtiar Hasan.SH.Spec.PPAT" di Perumahan Mayjen Sungkono (Om dan Cicik serta osa).
4. Dyah Rismawati. ST dan Blackyku tersayang, yang selalu ada disamping baik suka maupun duka.
5. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS dan juga selaku dosen pembimbing sekaligus dosen waliku yang memberikan bimbingan, saran, dan waktunya sampai terselesainya Tugas Akhir ini (*thank sir you are my inspiration*).
6. Keluarga besar Bapak Dr. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. selaku sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS Surabaya (*Thank a lot to Mam Tita*)
7. Semua dosen-dosen yang ada di Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS (pak Yit, pak Djaouhar, pak Mahardjo, pak Buana, Pak IKAP Utama, pak Yayuk, pak Yoyok, pak Wing, pak Wefi, pak Eko, pak Cin, pak Ashar, pak Syarif, pak Heri, pak Budi.S, pak Zubaidi, pak Firmanto Hadi, Mr.Tri Achmadi, Ibu Uki, pak yanto labkons, semua staff TU kapal, semua orang di rektorat semua dosen siskal dan kelautan) atas segala ilmu yang diberikan kepada saya baik itu secara langsung maupun tidak langsung berkaitan dengan Tugas Akhir ini.
8. Semua Staff Ruang Baca FTK- ITS Surabaya (Mbak Arum (*Donatnya enak*), Mas Dwi (*kapan mau belajar renang...?*)).
9. Semua jajaran PT.PAL Indonesia khususnya divisi Kapal Perang (pak Teguh, pak Suntoro, Pak Iriyanto, kapala bengkel kapal aluminium, mas Dewo, mas Denny, Ula, putri, Fitri dan lain-lain}yang tidak bisa say sebutkan satu persatu..
10. Semua teman-teman di Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS (Bowo, PM, To2k, Rudy, Denny, Dedi (abah), Mahen, Ari, Eriek, Ony, Fahmi, Adit (*ayo bro....*)), semua crew labkomp (*laler ljo*) dan lain-lain) yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
11. Seluruh jajaran National Ship Design and Engineering Center (NaSDEC). (mas Nano, mbak Indah, Cicilan panci (*he...he..*), mas Yayan, Mas Didik, mas Bagas, mas Habibie, Giyanta, *and all crew (Let's we build the our nation asset's)*).
12. Teman seperjuangan baik di partai (politik), sosial, dakwah bahkan sampai mem"BONEK" .
13. Sahabat-sahabat yang juga telah memberikan bantuan spiritual.
14. Pihak-pihak lain yang tak mungkin disebutkan satu demi satu yang telah membantu pelaksanaan tugas akhir ini.

Sebagai ungkapan kata terakhir dalam Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis mohon saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis serta semua pihak yang ingin membawa tentang masalah yang diambil dalam Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2007
Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang Penelitian.....	I - 1
I.2. Perumusan Masalah.....	I - 1
I.3. Batasan Masalah.....	I - 1
I.4. Tujuan Penelitian.....	I - 2
I.5. Manfaat.....	I - 2
I.6. Metodologi Dan Model Analisis.....	I - 2
BAB II. DASAR TEORI	
II.1. Praperencanaan Kapal Kayu.....	II-1
II.1.1 Kualitas Kayu.....	II-1
II.1.2 Kelas Kuat Kayu untuk Pembuatan Kapal Tradisional.....	II-1
II.1.3. Kelas Keawetan Kayu untuk Pembuatan Kapal Tradisional.....	II-1
II.1.4. Kekuatan Tarik dan Tekan kayu untuk pembuatan kapal tradisional	II-2
II.1.5. Modulus Elastisitas dan Kekuatan Geser Kayu	II-2
II.2. Tinjauan Umum Aluminium.....	II-3
II.2.1. Kualitas aluminium.....	II-3
II.2.2. Komposisi Unsur Kimia.....	II-3
II.2.3. Pengujian Aluminum.....	II-4
II.3. Perencanaan Kapal Kayu.....	II-5
II.3.1. Tinjauan Umum kapal kayu Tradisional.....	II-5
II.3.2. Pembuatan Centre <i>Line Construction</i>	II-6
II.3.3. Pembuatan Gading Kapal.....	II-6
II.4. Pemasangan Kulit Kapal / Planking.....	II-10
II.5. Joining Kayu dan Aluminium.....	II-11
II.6. Pemasangan Deck kapal.....	II-13
II.6. Formulasi perhitungan konstruksi menurut Dave Gerr.....	II-13
II.7. Teori Berat dan Titik Berat Kapal.....	II-15
II.8. Stabilitas Suatu Kapal.....	II-20
II.8.1 Perhitungan Stabilitas Kapal Dengan Maxsurf.....	II-22
BAB III DESAIN KAPAL KAYU TRADISIONAL	
III.1 Tinjauan Konstruksi.....	III-1
III.2 Rencana Umum.....	III-5
III.2.1. Perencanaan jaak gading (a).....	III-5
III.2.2. Perencanaan Ruangan.....	III-5
III.2.3. Perencanaan Tangki – Tangki.....	III-5
III.2.4. Perencanaan Mesin Induk.....	III-5
III.2.5. Perencanaan Sistem Bantu.....	III-5
III.3. Berat dan Titik Berat Kapal Kosong (LWT).....	III-6
III.4 Berat dan Titik Berat Muatan Kapal (DWT).....	III-11
III.4.1. Volume ruang kapal.....	III-11

III.4.2 Perhitungan Berat dan titik berat Anak buah kapal	III-11
BAB IV PERENCANAAN KAPAL KAYU DENGAN KONSTRUKSI ALUMINIUM	
IV.1 Perhitungan Konstruksi Gading aluminium.....	IV-1
IV.1.1 Perhitungan <i>Scantling Number</i>	IV-1
IV.1.2. Perhitungan konstruksi Bottom.....	IV-1
IV.1.3. Perhitungan konstruksi Gading.....	IV-2
IV.1.4 Perhitungan konstruksi Deck beam.....	IV-3
IV.1.5 Perhitungan konstruksi Cabin.....	IV-3
IV.2. Perhitungan berat konstruksi gading Aluminium.....	IV-4
IV.3.1 Berat konstruksi gading.....	IV-4
IV.3.2 Berat deck beam dan 2 nd deck beam.....	IV-5
BAB V ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS	
V.1. Analisa Berat dan Titik Berat Kapal	V-1
VI.1. Berat dan Titik Berat Kapal Dengan Konstruksi Lambung Kayu	V-1
VI.2. Berat dan Titik Berat Kapal Dengan Konstruksi Lambung Aluminium.....	V-1
V.2. Pemeriksaan Stabilitas.....	V-2
V.2.1 Kondisi kapal 0 % (kosong).....	V-2
V.2.1.1 Kapal dengan Konstruksi lambung kayu.....	V-2
V.2.2 Kapal dengan Konstruksi lambung Aluminium.....	V-2
V.2.3 Kondisi kapal berangkat.....	V-3
V.2.3.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-3
V.2.3.2 Kapal dengan konstruksi lambung Aluminium.....	V-3
V.2.4 Kondisi kapal 25 %	V-4
V.2.4.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-4
V.2.4.2 Kapal dengan konstruksi lambung Aluminium.....	V-4
V.2.5 Kondisi kapal 50 %.....	V-5
V.2.5.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-5
V.2.5.2 Kapal dengan konstruksi lambung Aluminium.....	V-5
V.3 Analisa Periode Oling.....	V-6
V.3.1 Kondisi Kapal Kosong.....	V-6
V.3.1.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-6
V.3.2 Kondisi kapal berangkat.....	V-6
V.3.2.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-6
V.3.2.2 Kapal dengan konstruksi lambung aluminium.....	V-7
V.3.3 Kondisi kapal 25%.....	V-7
V.3.3.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-7
V.3.4 Kondisi kapal 50 %.....	V-7
V.3.4.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-7
V.3.4.2 Kapal dengan konstruksi lambung aluminium.....	V-8
V.4 Analisa Sifat Material.....	V-8
V.4.1 Sifat Mekanis Material.....	V-8
V.4.2 Sifat fisika Material.....	V-8
V.4.2.1 Sifat fisis material kayu.....	V-8
V.4.2.2 Klasifikasi Aluminium.....	V-9
V.5. Analisa Ekonomis.....	V-11
BAB VI PEMBAHASAN	
VI.1 Tinjauan Berat Konstruksi.....	VI-1
VI.2 Tinjauan Stabilitas Kapal.....	VI-1
VI.3 Tinjauan Aspek Material.....	VI-2
VI.4 Tinjauan Ekonomis.....	VI-2

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1 Kesimpulan..... VI.1

VII.2 Saran..... VI.1

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.	Struktur tengah kapal kayu.....	II-6
Gambar II.2.	<i>Body plan</i> lambung tipe <i>round bilge</i>	II-7
Gambar II.3.	Penampang melintang kapal kayu dengan gading kayu.....	II-8
Gambar II.4.	Penampang melintang kapal kayu dan proses pembuatannya.....	II-8
Gambar II.5.	Arah potongan serat kayu yang benar untuk bentuk lengkung.....	II-9
Gambar II.6.	Penampang melintang kapal kayu dengan gading aluminium.....	II-10
Gambar II.7.	Model sistem pemasangan kulit.....	II-11
Gambar II.8.	Bentuk – bentuk <i>deck beam</i>	II-13
Gambar II.9.	Sambungan sponing pada <i>deck beam</i>	II-14
Gambar II.10.	Kulit <i>deck double layer</i>	II-14
Gambar II.11.	Penampang profil pelintang bottom.....	II-15
Gambar II.12.	Letak komponen titik berat komponen massa dalam suatu kapal.....	II-16
Gambar II.13.	Konstruksi gading (<i>Frame</i>) dan wrang (<i>floor</i>) dalam bentuk (dua) dimensi.....	II-17
Gambar II.14.	Konstruksi gading (<i>Frame</i>) dalam bentuk 3 (tiga) dimensi.....	II-18
Gambar II.15.	Posisi komponen gading – gading pada kapal menurut koordinatnya.....	II-18
Gambar II.16.	Tampilan <i>mass property</i> dari pemodelan sebuah komponen.....	II-19
Gambar II.17.	Gaya – gaya yang bekerja pada kapal yang mengalami oleng.....	II-21
Gambar II.18.	Penentuan titik berat secara vertikal.....	II-22
Gambar II.19.	Hasil pemodelan pinisi kedalam maxsurfPro.....	II-23
Gambar III.1.	Plan View rencana umum Kapal Layar Motor Pinisi.....	III-2
Gambar III.2.	Geladak utama Kapal Layar Motor Pinisi.....	III-2
Gambar III.3.	Geladak kedua Kapal Layar Motor Pinisi.....	III-3
Gambar III.4.	Penampang melintang konstruksi kapal layar Pinisi di midship.....	III-4
Gambar III.5.	Tampilan 3 – D Penegar Kapal Layar Pinisi.....	III-9
Gambar III.6.	Tampilan 3 – D papan kulit lambung dan geladak Kapal Layar Pinisi.....	III-10
Gambar IV.1.	Penampang pofil pelintang sisi konstiksi gading bawah aluminium.....	IV-2
Gambar IV.2.	Penampang melintang konstiksi gading bawah aluminium.....	IV-2
Gambar IV.3.	Rencana pelintang konstiksi gading bawah aluminium.....	IV-3
Gambar IV.4.	Konstriksi gading gading aluminium.....	IV-4
Gambar IV.5.	Konstriksi <i>deck beam</i> dan 2 nd <i>deck beam</i> aluminium.....	IV-5



DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Kelas kekuatan kayu menurut jenisnya. (sumber : LPHH – Bogor).....	II-1
Tabel II.2	Kelas keawetan kayu menurut jenisnya. (sumber : LPHH – Bogor).....	II-2
Tabel II.3	Toleransi ketebalan. (sumber : Llyod Register – 2003).....	II-3
Tabel II.4	Komposisi kandungan unsur dari beberapa aluminium.....	II-3
Tabel II.5	Hasil pengujian stress, tensil dan elongation aluminium.....	II-5
Tabel III.1	Tabel perhitungan (<i>scantling</i>) Komponen lambung kapal Pinisi menurut peraturan konstruksi kapal kayu oleh Bureau Veritas.....	III-1
Tabel III.2	Tabel perhitungan Berat kosong (LWT) kapal layar Pinisi.....	III-6
Tabel III.3	Tabel perhitungan Titik Berat Lambung kapal layar Pinisi.....	III-7
Tabel III.4	Tabel perhitungan Berat dan Titik Berat Kulit Lambung kapal layar Pinisi....	III-9
Tabel III.5	Tabel perhitungan Berat dan Titik Berat Kulit Geladak kapal layar Pinisi.....	III-9
Tabel III.6	Rekapitulasi Tabel perhitungan Berat dan Titik Berat kapal layar Pinisi.....	III-10
Tabel V.1	Rekapitulasi Berat dan Titik Berat kapal Dengan konstruksi kayu.....	V-1
Tabel V.2	Rekapitulasi Berat dan Titik Berat kapal Dengan konstruksi aluminium.....	V-1
Tabel V.3	Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal 0% (kosong).....	V-3
Tabel V.4	Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal Berangkat.....	V-4
Tabel V.5	Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal 25 %.....	V-5
Tabel V.6	Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal 50 %.....	V-6
Tabel V.7	Tabel material.....	V-8
Tabel V.8	Berat konstruksi.....	V-11
Tabel V.9	Volume kebutuhan kayu untuk konstruksi melintang.....	V-11
Tabel V.10	Rekapitulasi berat dan titik berat kapal dengan konstruksi lambung kayu.....	V-12
Tabel V.11	Rekapitulasi berat dan titik berat kapal dengan konstruksi lambung Aluminium.....	V-12

DAFTAR GRAFIK

Grafik V.1. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 0% (kosong)...	V-2
Grafik V.2. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 0% (kosong)...	V-2
Grafik V.3. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi berangkat.....	V-3
Grafik V.4. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi berangkat.....	V-3
Grafik V.5. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 25%.....	V-4
Grafik V.6. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 25%.....	V-4
Grafik V.7. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 50%.....	V-5
Grafik V.8. Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 50%.....	V-5

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Indonesia memiliki potensi perairan laut yang sangat melimpah. Selain itu potensi bahan baku seperti kayu banyak dijumpai dan bahan penunjang lain seperti industri baja. Walaupun industri baja yang ada belum dapat dikatakan sekelas dengan produksi baja di negara lain, tetapi keberadaan sumber bahan baku tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimum terutama untuk pembuatan alat-alat transportasi, terutama transportasi laut seperti pembuatan kapal-kapal. Karena dengan semakin banyaknya alat transportasi laut diharapkan dapat memberikan pelayanan yang lebih luas dan lebih baik, artinya alat transportasi tersebut dapat berlayar sesuai dengan fungsi dan dapat menjangkau daerah-daerah dengan lebih luas.

Tetapi seiring dengan kebutuhan alat transportasi yang semakin banyak, jumlah bahan baku utama, yaitu kayu semakin sulit didapatkan dan semakin mahal. Kekuatan yang dihasilkan pun belum maksimal karena sering terjadinya retak dan patahnya bagian gading pada saat berlayar di daerah yang memiliki arus dan gelombang yang cukup besar. Hal ini terjadi karena kurang baiknya kualitas kayu yang digunakan pada konstruksi gading serta kurangnya kekuatan pada konstruksi gading kapal tersebut. Selain itu tidak semua kayu memiliki serat lengkung sehingga dapat digunakan untuk pembuatan gading kapal. Jika demikian maka kayu tersebut harus dipotong dan disambung sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai gading kapal. Untuk hal ini maka biaya yang diperlukan akan semakin tinggi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka pada tugas akhir ini akan digabungkan antara bahan kayu dan aluminium untuk konstruksi kapal kayu, khususnya pada pembuatan gading kapal sehingga selain menghasilkan konstruksi yang lebih kuat, maka biaya produksi juga bisa lebih ditekan. Karena gabungan konstruksi kayu dan aluminium ini mempunyai sifat fisis dan mekanis yang mempunyai kekuatan lebih baik dibandingkan dengan konstruksi kayu sepenuhnya.

I.2 PERUMUSAN MASALAH

Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merencanakan kapal kayu dengan konstruksi gading aluminium ?
2. Bagaimana analisa teknis penggunaan material aluminium untuk gading kapal kayu tradisional?
3. Bagaimana analisa ekonomis penggunaan material aluminium untuk gading kapal kayu tradisional?

I.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Pengambilan data teknis dilaksanakan pada tipe kapal Phinisi 44 meter milik salah seorang owner yang dipesan dari New York yang dibangun oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

2. Peninjauan ekonomis dikalkulasi dengan menghitung kebutuhan material yang digunakan untuk membuat gading pada lambung kapal untuk kedua tipe gading kapal kayu.
3. Perhitungan perbandingan hanya dilaksanakan pada biaya pembuatan konstruksi gading tidak termasuk deck covering, *shell*, *outfitting* dan perlengkapannya.

I.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Memperoleh alternatif material lain untuk konstruksi kapal kayu tersebut.
2. Mendapatkan informasi tentang analisa teknis penggunaan material aluminium untuk gading kapal kayu tradisional.
3. Mendapatkan informasi tentang analisa ekonomis penggunaan material aluminium untuk gading kapal kayu tradisional.

I.5 MANFAAT

Manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Memperoleh material alternatif untuk pembuatan komponen konstruksi pada kapal kayu, terutama konstruksi gading yang membutuhkan material kayu dalam jumlah besar yang selama ini diterapkan.
2. Membantu semua pihak yang berkepentingan dalam produktifitas kapal kayu dengan tingkat keamanan yang lebih terjamin.
3. Penggunaan biaya produksi, perawatan dan pemeliharaan yang cukup ekonomis.

I.6 METODOLOGI DAN MODEL ANALISIS

Metodologi penulisan adalah salah satu cara dalam penulisan tugas akhir yang akan berguna dan memperlancar proses penyelesaiannya. Dalam metode penulisan Tugas akhir ini, maka penulis mengadakan tahapan-tahapan yang dimulai dari melakukan pengumpulan data sampai menemukan kesimpulan akhir dari penulisan tugas akhir ini.

I.6.1 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam tugas akhir ini diantaranya adalah : data ukuran kapal phinisi dengan ukuran utama sebagai berikut :

LOA	: 44.00 m
LWL	: 28.30 m
Beam	: 8.50 m
Depth	: 4.55 m
Draft	: 2.50 m (approx.)

Dari data ukuran utama tersebut dengan menggunakan *rule* dari klasifikasi maka akan didapatkan data – data lain berupa data perhitungan konstruksi kapal yang akan didesain, selanjutnya data perhitungankonstruksi yang ada digunakan untuk tahap penggambaran rencana umum, konstruksi

melintang kapal, konstruksi propil dan perhitungan berat kapal, yang akan digunakan sebagai media dalam penelitian ini.

I.6.2 Pemilihan Bahan/ Material

Material yang akan digunakan dalam pembuatan kapal ini adalah alumunium sebagai alternatif pembuatan komponen konstruksi kapal yaitu bagian gading, braket dan balok geladak utama serta penegar - penegar pada bagian lambung kapal . Sedangkan untuk bagian kulit lambung serta bagian konstruksi bangunan atas dan rumah geladak serta lunas atau *keel* tetap menggunakan kayu sebagai bahan dominan untuk pembuatan kapal kayu tradisional.

I.6.3 Analisa Teknis

Dari beberapa tipe alumunium yang telah dipilih berdasar berat jenis, kandungan unsur, hasil uji tarik, uji impak, ketebalan minimum dan sebagainya, dilakukan analisa teknis serta analisa terhadap aluminium yang biasa digunakan untuk pembangunan kapal yang bermaterial konposit seperti ini, untuk mengetahui tipe alumunium yang sesuai untuk pembuatan kapal ini.

I.6.4 Perhitungan Konstruksi Gading

Tipe alumunium yang sesuai untuk pembuatan kapal ini kemudian dihitung dengan menggunakan perhitungan dari formula yang dikemukakan oleh Dave gerr, yang telah diuji berdasarkan analisa dan eksperimen yang dipadukan dengan kondisi nyata dilapangan. Jika perhitungan tersebut telah mendapatkan output brupa tebal pelat, lebar dan tinggi pada daerah *floor, frame, flens* serta balok geladak (*deck beam*) yang ada telah memenuhi untuk kekuatan yang dibutuhkan sesuai dengan kalsifikasi dan kebutuhan kekuatan kapal tersebut, maka bisa dilanjutkan untuk langkah selanjutnya, tapi jika hasil analisa teknis tidak sesuai dengan ketentuan yang ada di regulasi, maka kembali dilakukan pemilihan material alumunium yang sesuai dengan ketentuan di regulasi.

I.6.5 Tipe Alumunium yang Memenuhi.

Dari beberapa tipe aluminium yang ada maka akan dipilih jenis aluminium yang baisesa digunakan untuk pembuatan kapal kayu komposit yaitu aluminium alloy dengan tipe w 5083 yang mengandung unsure silicon 0.40, iron 0.40, copper 0.10, manganese 0.40 – 1.0, magnesium 4.0 – 4.9, chromium 0.05 – 0.25, zine 0.25, titanium 0.15. pemilihan tipe ini dikarenakan banyak tersedia dipasaran dan seringnya dipakai untuk pembuatan kapal aluminium.

Dari hasil analisa yang dilakukan akan didapatkan tipe dan jenis serta tebal aluminium yang akan digunakan dalam hal penbuatan komponen konstruksi kapal kayu ini, dan tentunya dalam mempertimbangkan hal ini, kita harus tetap memperhatikan harga dan ketersediaan material dilapangan. Sehingga pada saat proseas produksi kita tidak mengalami penundaan dalam hal penyediaan material sehingga proses produksi tersebut dapat berlangsung dengan lancar dan mengurangi loose time para pekerja serta dapat memperkecil biaya produksi sehingga diharapkan akan menghasilkan suatu konstruksi yang baik dan dengan biaya produksi serta kebutuhan waktu yang seefisien mungkin.

I.6.6 Harga Material

Melalui analisa ekonomi, maka harga material untuk pembangunan kapal dapat diketahui dengan melakukan survei harga dilapangan,

1. Biaya Pembangunan kapal dengan menggunakan Alumunium sebagai komponen kapal tersebut.

Berdasarkan harga material yang ada, maka dapat dihitung besarnya biaya yang diperlukan untuk membuat kapal dengan bahan aluminium.

2. Biaya Pembangunan Kapal Kayu

Biaya pembuatan kapal dengan material aluminium tersebut kemudian dibandingkan dengan biaya pembuatan kapal dengan material kayu. Jika terdapat selisih yang Sangat jauh, maka perlu diadakan pemilihan jenis dan tipe aluminium yang lebih ekonomis .tapi jika selisih yang ada relatif kecil , maka dapat dilakukan proses selanjutnya.

I.6.7 Analisa Ekonomi

Setelah didapatkan tipe aluminium yang memenuhi persyaratan di regulasi atau perhitungan metode elemen hingga, maka dilakukan analisa ekonomis yaitu dengan melihat dan mengetahui harga material aluminium yang digunakan untuk komponen konstruksi kapal tersebut dipasaran dan mengkalkulasikan dengan jumlah material yang dibutuhkan untuk membangun komponen konstruksi kapal tersebut. Dimana hal ini bertujuan untuk membedakan jumlah dana yang diperlukan untuk pembangunan kapal kayu dengan menggunakan material semuanya terbuat dari kayu dengan pembuatan kapal yang sebagian komponen konstruksinya terbuat dari material lain seperti aluminium dalam hal produksi kapal tersebut. analisa ekonomis ini adalah untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dibutuhkan.

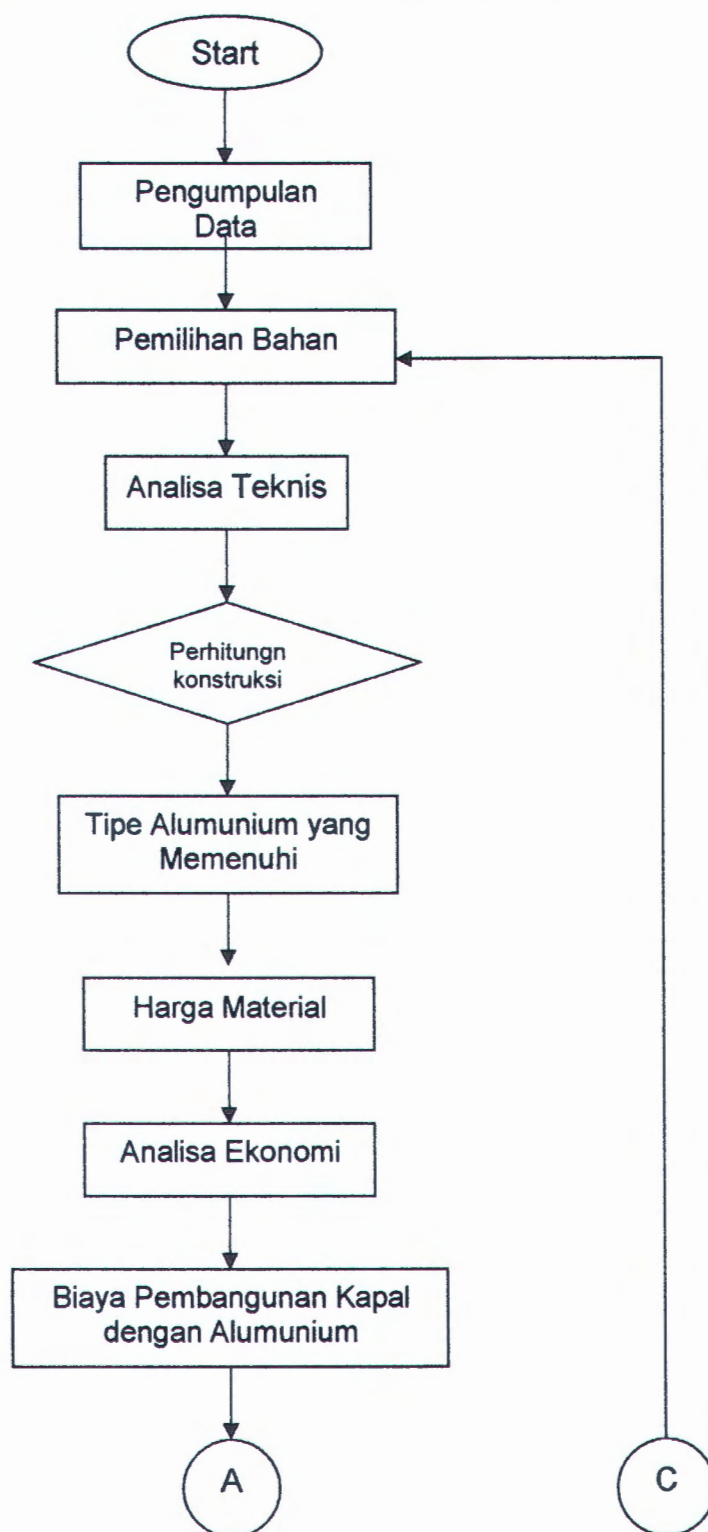
I.6.8 Analisa Hasil

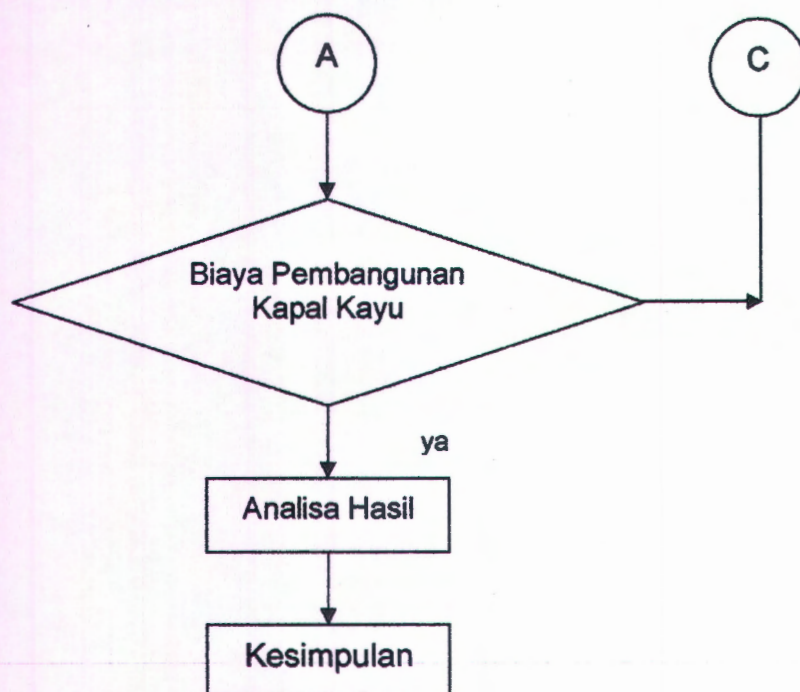
Dari segi kekuatan material terlihat bahwa penggunaan bahan aluminium sebagai konstruksi bangunan kapal memiliki sifat material yang lebih baik dibandingkan dengan sifat yang dimiliki oleh kayu (merbau). Hal ini terlihat dari hasil uji tarik, kekuatan bending, dan modulus elastisitas material yang dimiliki aluminium jauh lebih besar dari kekuatan material yang dimiliki oleh kayu (merbau) yaitu :

1. Perbandingan kekuatan tarik terhadap berat jenis :
 - a. Kayu merbau $\sigma / \gamma = 557$
 - b. Aluminium $\sigma / \gamma = 1011$
2. Perbandingan kekuatan bending terhadap berat jenis :
 - a. Kayu merbau $\sigma t / \gamma^2 = 12900$
 - b. Aluminium $\sigma t / \gamma^2 = 5410$
3. Perbandingan elastisitas terhadap berat jenis (kekakuan)
 - a. Kayu merbau $\sigma t / \gamma^3 = 1920000$
 - b. Aluminium $\sigma t / \gamma^3 = 361000$

selain itu perbandingan kekuatan terhadap berat (*strength to weight ratio*) yang dimiliki aluminium terlihat relatif lebih kecil dibandingkan dengan angka yang dimiliki oleh kayu. Hal ini memberikan indikasi bahwa material aluminium hanya membutuhkan volume material yang lebih kecil dibandingkan kayu apabila menerima suatu beban yang sama besar.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini adalah:





BAB II DASAR TEORI

II.1. Tinjauan umum Kayu

II.1.1. Kualitas kayu

Kualitas sebuah kayu dapat dinilai salah satunya dari berat jenis karena Berat jenis dapat ditentukan berdasarkan berat kayu kering udara (dimana keadaan kandungan air dalam kayu dianggap nol, dan volume kayu pada posisi kadar air tertentu. Kayu memiliki berat jenis yang berbeda – beda, berkisar antara minimum 0.20 (untuk kayu balsa) hingga berat jenis 1.28, berat jenis merupakan petunjuk penting bagi suatu jenis kayu, karena makin berat kayu tersebut umumnya makin tinggi pula kekuatannya. Berat jenis ditentukan antara lain oleh tebal dinding sel, kecilnya rongga sel membentuk pori – pori. Berat jenis diperoleh dari perbandingan antara berat suatu volume kayu tertentu dengan volume air yang sama pada suhu standar.

II.1.2 Kelas Kuat Kayu Untuk Pembuatan Kapal Tradisional.

Kelas kuat kayu pada setiap kayu akan berbeda – beda, dan berdasarkan kekuatannya, jenis – jenis kayu digolongkan kedalam 5 kelas kuat yaitu : kelas I sampai dengan kelas V. kayu kelas I memiliki kekuatan lebih dari kayu kelas kuat II, dan seterusnya, untuk penggunaan konstruksi berat dianjurkan dipakai jenis – jenis kayu dengan kelas kekuatan I, sedangkan untuk untuk konstruksi ringan dapat dipakai jenis – jenis dari kelas kuat II atau selebihnya. Dari penjelasan diatas maka tiap – tiap penggunaan kayu harus disesuaikan dengan kelas kekuatannya seperti tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel II.1 kelas kekuatan kayu menurut jenisnya. (sumber : LPHH – Bogor)

Kelas kuat	Berat jenis	Keteguha lentur mutlak	keteguhan tekan mutlak
	kering udara	Kg/cm	kg/cm
I	≥ 0.9	≥ 1100	≥ 650
II	0.90 - 0.60	1100 - 725	650 - 425
III	0.60 - 0.40	725 - 500	425 - 300
IV	0.40 - 0.30	500 - 360	300 - 215
V	≤ 0.3	< 360	< 215

II.1.3. Kelas Keawetan Kayu untuk Pembuatan Kapal Tradisional

Kelas keawetan suatu kayu, adalah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsure – unsure perusak kayu dari luar seperti : jamur, rayap, bubuk, cacing laut dan makhluk lainnya yang diukur dengan jangka waktu tahunan.

Keawetan kayu tersebut disebabkan oleh adanya suatu zat didalam kayu (zat eksraktif) yang merupakan sebagian unsur racun bagi perusak – perusak kayu, sehingga perusak tersebut tidak sampai masuk dan tinggal didalamnya serta merusak kayu. Za tini mulai terbantuk pada kayu pada saat kayu masa pertumbuhan kayu tersebut.

Tabel II.2 kelas keawetan kayu menurut jenisnya. (sumber : LPHH – Bogor)

Kelas Awet	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengan tanah yang lembab	3 tahun	5 tahun	3 tahun	Sangat pendek	sangat pendek
Hanya dipengaruhi cuaca, tetapi dijagap agar tidak terendam air dan tidak kekurangan udara	20 tahun	15 tahun	10 tahun	beberapa tahun	sangat pendek
Dibawah atap tidak berhubungan dengan lembab dan tidak kekurangan udara	tak terbatas	sangat lama	sangat lama	beberapa tahun	pendek
seperti diatas tetapi dipelihara dengan baik dan dicat	tak terbatas	tak terbatas	tak terbatas	20 tahun	20 tahun
serangan rayap tanah	tidak	jarang	cepat	sangat cepat	sangat cepat
Serangan bubuk kayu kering	tidak	tidak	hampir tidak	tidak berarti	sangat cepat

II.1.4. Kekuatan Tarik dan Tekan kayu untuk pembuatan kapal tradisional

Kekuatan tarik suatu kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan gaya – gaya yang berusaha menarik kayu itu, kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah sejajar arah seratnya. Kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil dari pada kekuatan tarik sejajar arah serat dan kekuatan tarik ini mempunyai hubungan dengan kekuatan kayu terhadap pembelahan. Kekuatan tekan suatu kayu adalah kekuatan kayu tersebut untuk menahan muatan jika kayu itu dipergunakan untuk penggunaan konstruksi kapal. Dalam hal ini dibedakan menjadi dua macam kompresi yaitu kompresi tegak lurus arah serat dan kompresi sejajar arah serat. Keteguhan kompresi tegak lurus arah serat menentukan ketahanan kayu terhadap beban, seperti halnya lunas kapal. Kekuatan ini mempunyai hubungan juga dengan kekerasan kayu dan kekuatan geser, kekuatan kompresi tegak lurus arah serat pada semua kayu lebih kecil dari pada kekuatan kompresi sejajar arah serat.

II.1.5. Modulus Elastisitas dan Kekuatan Geser Kayu

Kekakuan kayu baik yang dipergunakan sebagai lunas maupun sebagai topang, dalam suatu ukuran kekuatannya untuk mampu menahan perubahan bentuk atau lengkungan kayu. Kekakuan tersebut berasal dari pengujian – pengujian keteguhan lengkung statis.

Kekuatan geser adalah suatu ukuran kekuatan kayu dalam kemampuannya menahan gaya – gaya, yang membuat suatu bagian kayu tersebut bergeser atau bergelingsir dari bagian lain didekatnya. Dalam hubungan ini dibedakan 3 (tiga) macam kekuatan geser yaitu :

- kekuatan geser sejajar arah serat
- kekuatan geser tegak lurus arah serat
- kekuatan geser miring

Pada hasil percobaan, biasanya percobaan geser arah sejajar serat jauh lebih kecil dari pada kekuatan geser arah tegak lurus serat.

II.2. Tinjauan Umum Aluminium

II.2.1. Kualitas aluminium

Aluminium alloy yang digunakan untuk konstruksi kapal yaitu aluminium yang memiliki standar *marine use* dan yang di *approve* oleh klasifikasi campuran logam untuk material aluminium yang akan digunakan harus melalui proses pembakaran yang sempurna dan telah diuji dengan beberapa pengujian diantaranya uji tarik, uji tekan, uji korosi dan pengujian lain. Kualitas material yang digunakan yaitu material harus bebas dari cacat permukaan atau kerusakan yang disebabkan oleh kondisi alam yang dapat mengakibatkan bahaya pada saat penggunaannya.

Toleransi ketebalan untuk produk material kualitas konstruksi marine disampaikan dalam tabel berikut :

Tabel II.3 Toleransi ketebalan. (sumber : Llyod Register – 2003)

Nominal thickness range	Underthickness tolerances for rolled products for marine construction		
mm	mm		
	≤ 1500	> 1500 ≤ 2000	> 2000 ≤ 3500
≥ 3.0 < 4.0	0.1	0.15	0.15
≥ 4.0 < 8.0	0.2	0.2	0.25
≥ 8.0 < 12	0.25	0.25	0.25
≥ 12 < 20	0.35	0.4	0.5
≥ 20 < 50	0.45	0.5	0.65

Toleransi ukuran selain dari ketebalan yang diijinkan dapat mematuhi suatu standar yang bisa diterima secara nasional atau standard Internasional.

II.2.2. Komposisi Unsur Kimia

untuk analisa komposisi unsur kimia dapat diambil contoh masing-masing material, atau masih dalam satu proses pembuatan. Komposisi kandungan unsur dari beberapa jenis aluminium diberikan pada tabel berikut :

Tabel II.4 Komposisi kandungan unsur dari beberapa aluminium (sumber : Llyod Register – 2003)

Unsur	5083	5086	5754	6005-A	6061	6082
Copper	0.10 max	0.10 max	0.10 max	0.30 max	0.15-0.40	0.10 max
magnesium	4.0-4.9	3.5-4.5	2.6-3.6	0.40-0.70	0.80-1.20	0.60-1.20
silicon	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.50-0.90	0.40-0.80	0.70-1.30
iron	0.40 max	0.50 max	0.40 max	0.35 max	0.70 max	0.50 max
manganese	0.40-1.00	0.20-0.70	0.50 max	0.5 max	0.15 max	0.40-1.00
Zinc	0.25 max	0.25 max	0.20 max	0.20 max	0.25 max	0.20 max
Chromium	0.05-0.25	0.05-0.25	0.30 max	0.30 max	0.04-0.35	0.25 max
Titanium	0.15 max	0.15 max	0.15 max	0.10 max	0.15 max	0.10 max

unsur lain						
ketentuan	0.05 max	0.05 max	0.05 max	0.05 max	0.05 max	0.05 max
total	0.15 max	0.15 max	0.15 max	0.15 max	0.15 max	0.15 max

II.2.3. Pengujian Aluminum

Untuk aluminum alloy seri 5000 mampu untuk menerima tegangan yang diperbesar, dapat digunakan ada beberapa kondisi sebagai berikut :

- 0 anneled
- H 111 anneled dengan ketegangan sedikit diperbesar
- H112 Tegangan diperbesar dan temperatur dinaikan
- H116 Tegangan diperbesar dan dengan perlawanan terhadap korosidan memiliki campuran logam kandungan magnesiumnya 4 % atau lebih .
- H321 ketegangan yang herdened dan distabilkan

H116 pada temperature khusus dapat digunakan pada *marine environment*

Untuk aluminum alloy yang memilki seri 6000 dan mamiliki kemampuan untuk digunakan dalam jangka waktu yang lama diberikan di dalam dalam kondisi-kondisi berikut :

- T5 pengerjaan panas
- T6 solusi perlakuan

Material dari produksi yang sama pembentukan dan ketebalannya dan dari satu cetakan diberikan pengujian pada material batangan yang sama dan diberikan beban tidak lebih dari 2 ton.

untuk *single plaet* atau coil dibebankan lebih dari 2 ton, hanya diambil satu spesimen setiap plat yang akan digunakan.

Suatu *tensile test specimen* diperlukan dari masing-masing plat yang akan digunakan di dalam konstruksi tangki muatan, diberikan proses tekanan dengan desain suhu dibawah -55°C . Pada bagian dan bars kurang dari 1 kg/m pada beban nominal diuji pada material tersebut 1 ton. dimana beban yang normal adalah lebih besar dibanding 5 kg/m, satu *tensile test* yang d dilaksanakan untuk tiap-tiap tiga ton. jika material disediakan pada beberapa perlakuan kondisi temperatur, masing-masing batch harus diperlakukan sama proses akhir yang sama dengan suhu tungku perapian yang digunakan, untuk plat yang memiliki lebar di atas 300 mm, *tensile test specimens* yang memotong dengan konstruksi melintang panjangnya ke arah utama penggulangan material. untuk plat yang kecil dan untuk bagian section dan bars spesimen testharu menerobos langsung pembujur . *Longitudinal tensile test specimens* yang dapat diteriam untuk digunakan adalah ketegangan yang memiliki seri 5000 untuk logam paduan. *Longitudinal tensile test specimens* dari suatu plat diambil 1/2 luasan dari tepi pembujur tersebut . *Longitudinal tensile test specimens* yang diambil dari bagian diextrud harus diambil padadaerah sekitar 1/3 sampai 1/2 dari jarak tepi ke pusat daerah ketebalan. Pada test satu tensile test specimen agar diambil dari masing-masing material yagn akan digunakan sebagai material konstruksi.

sifat mekanis minimum untuk tujuan penerimaan tentang paduan *rolled aluminium* terpilih dan kombinasi beberapa hasil pengujian aluminium dengan kombinasi temperature atau suhu dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel II.5 Hasil pengujian stress, tensil dan elongation aluminium (sumber : Llyod Register – 2003)

Alloy dan kondisi suhu	0.20%	Tensile strength	Elongation
	proof stress		pada 5.65
	N/mm	N/mm	%
5083 - 0/H111	125	275	15
5083 - H112	125	275	10
5083 - H116	215	305	10
5083 - H321	215	305	10
5086 - 0/H111	100	240	16
5086-H112	125	250	9
5086-H116	195	275	9
5086-H321	195	275	10
5754-0/H111	80	190	17
6061-T5/T6	240	290	10
6082-T5/T6	240	280	8

II.3. PERENCANAAN KAPAL KAYU

Pembangunan sebuah kapal merupakan suatu pekerjaan yang sangat kompleks, karena dalam hal ini banyak hal yang harus diperhatikan, diantaranya:

1. Dari segi teknis, yaitu berkaitan dengan jaminan keselamatan selama pelayaran, maka harus memenuhi peraturan-peraturan klasifikasi yang ditentukan sehingga kapal kayu yang direncanakan layak laut.
2. Dari segi ekonomis, yaitu perencanaan kapal kayu ini tujuan utamanya adalah investasi minimum dan profit oriented atau mendapat keuntungan yang sebesar-besarnya.

II.3.1. Tinjauan Umum kapal kayu Tradisional.

Kapal kayu adalah Apabila dilihat dari bilah papan yang dipergunakan sebagai bahan utama penyusun lambung kapal, maka terdapat 2 jenis kapal kayu, yaitu dibedakan menurut metode dan teknik pembangunannya. Kedua jenis kapal tersebut adalah kapal kayu konvensional dan kapal kayu laminasi [Tarkono, 2005].

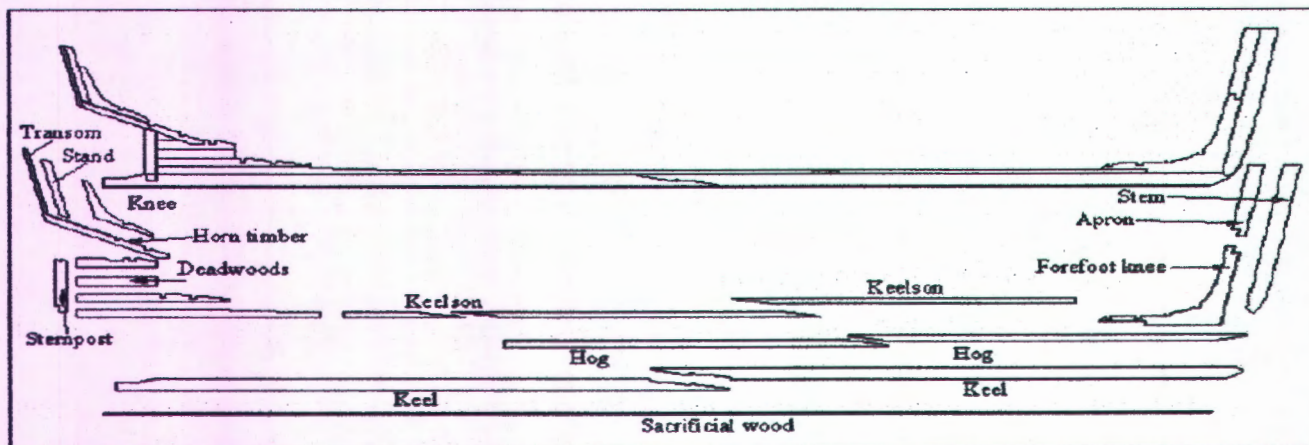
Proses produksi kapal kayu yang dijelaskan pada tugas akhir ini mengacu pada pembangunan kapal pinisi *yacht* yang akan dikerjakan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, pada proses pembangunan lambung kapal ini menggunakan metode kombinasi antara metode tradisional dan metode modern dimana pembentukan konstruksi lengkungan gading tidak menggunakan system laminasi melainkan dengan metode menggergaji kayu utuh menjadi bentuk lengkungan gading yang dikehendaki, namun dengan perencanaan dan penggunaan gambar kerja yang merupakan salah satu ciri dalam pembangunan kapal dengan cara modern.

Penjadwalan proses produksi dalam pembangunan kapal ini mengacu pada fungsi hasil pencapaian kerja berupa pembentukan bagian – bagian konstruksi secara berurutan mulai dari pembuatan *Keel / Lunas* kapal sampai pada tahap finishing, pekerjaan – pekerjaan yang dilakukan untuk menghasilkan konstruksi yang dimaksud menjadi bagian proses pembangunan bagian konstruksi yang

bersangkutan, adapun secara detail proses pembangunan lambung kapal dapat dilihat pada sub bab berikut.

II.3.2. Pembuatan Centre Line Construction

Struktur tengah kapal / *Centreline Construction* merupakan bagian pertama yang dibangun untuk membentuk sebuah lambung kapal, konstruksi inilah yang nantinya akan menopang bagian – bagian konstruksi yang lain sehingga pada saat berlayar bagian tengah kapal akan kuat pada saat menerima beban dari berbagai macam jenis gelombang sehingga sedapat mungkin konstruksi ini menggunakan kayu keras yang dalam hal ini digunakan kayu bengkirai. Karena kayu bengkirai merupakan salah satu jenis kayu keras dan sangat cocok untuk pemakaian bagian konstruksi tengah kapal tersebut, tetapi jika kayu bengkirai sulit didapatkan maka untuk konstruksi bagian tengah kapal dapat digunakan kayu jenis lain yang juga merupakan kayu jenis keras. Gambar rencana umum untuk *centre line* ini tampak pada gambar berikut :



Gambar II.1. Struktur tengah kapal kayu

Proses pembangunan struktur tengah kapal ini dimulai dengan pembuatan lunas kapal dengan menyambung dua balok dengan sambungan *Hooked scarphs* dengan ukuran yang disesuaikan dengan peraturan dari *Sea fish industry authority 2004* , pada bagian tengah *scarph* di pasang paku segitiga dua buah untuk mengencangkan sambungan serta mengurangi kemungkinan adanya lubang pada sambungan untuk mencegah rembesan air pada jangka panjangnya.

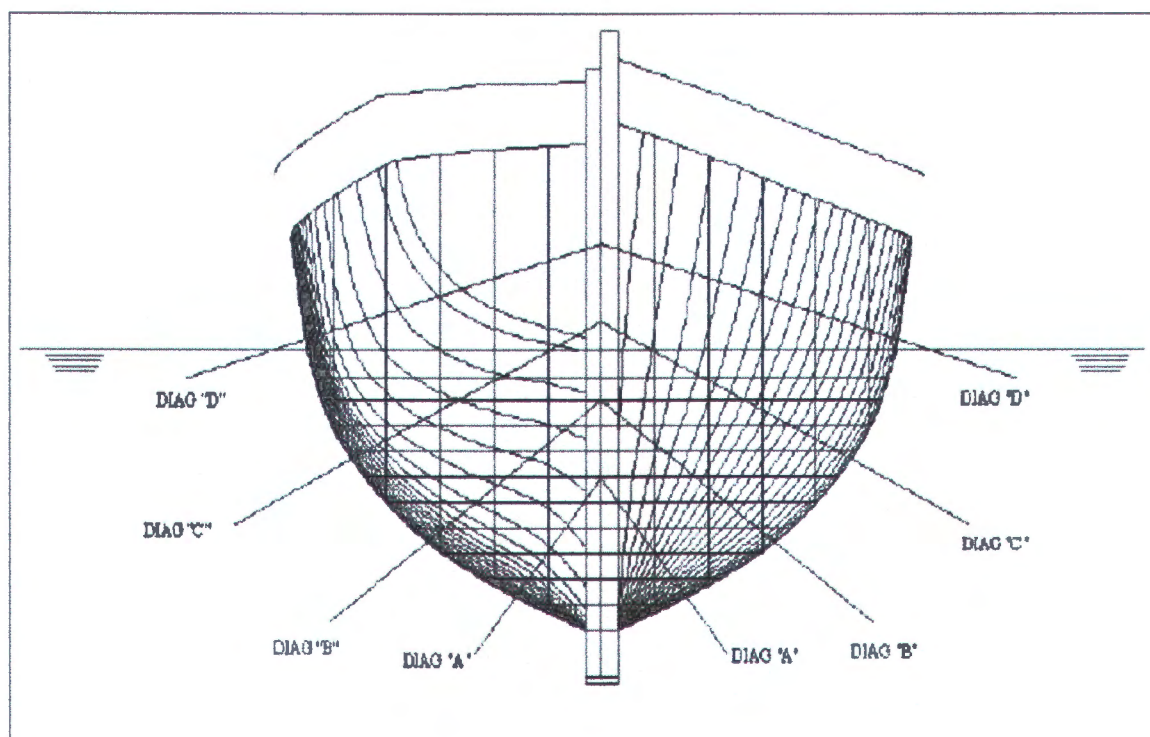
II.3.3. Pembuatan Gading Kapal

Pembuatan gading kapal yang menggunakan bahan baku kayu dan aluminium mempunyai kesamaan dari segi proses namun mempunyai perbedaan dari segi bentuk dan ukuran serta ketebalan materialnya, sesuai dengan fungsinya sebagai *body fairing* selain untuk kekuatan melintang, maka bentuk gading akan menyesuaikan dengan bentuk *lines plan* atau rencana garis dari kapal yang akan dibangun. Data dasar yang digunakan untuk menentukan lengkungan gading adalah dari gambar *body plan* yang jarak dan posisi *station*-nya telah disesuaikan dengan jarak dan posisi gading – gading yang akan dipasang. Pada pengerjaan tugas akhir ini gambar rencana garis untuk kapal phinisi *yacht* diambil dari data teknis pada pembangunan kapal phinisi oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

1. Pembuatan Gading Kapal kayu Dengan Material Kayu

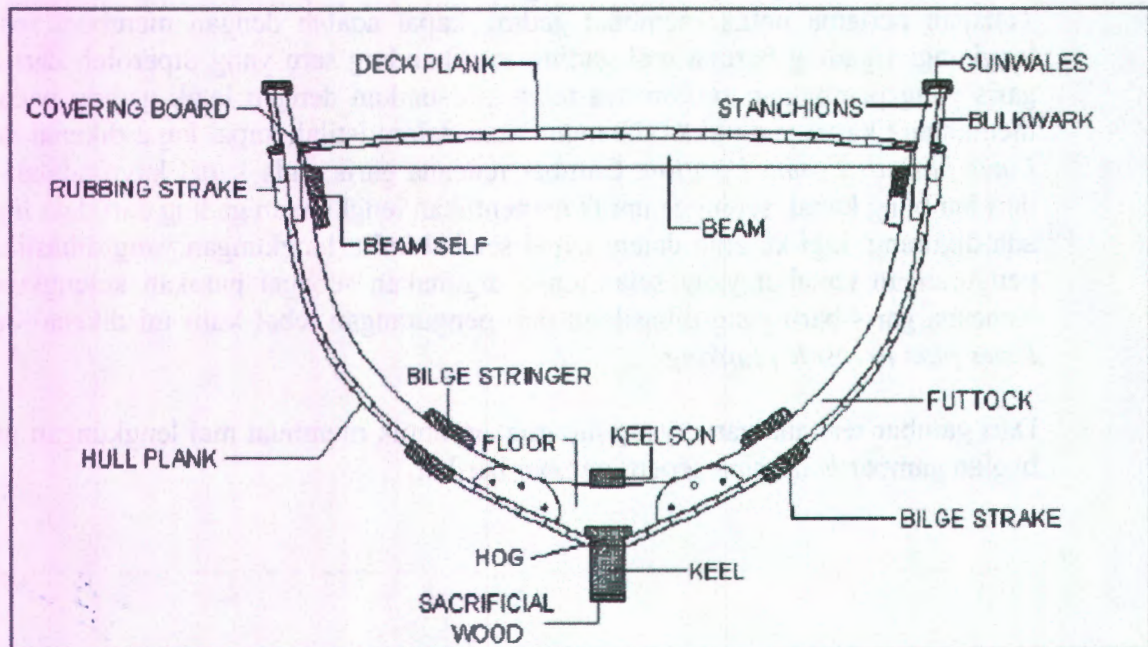
Tahapan pertama untuk membuat gading kapal adalah dengan membuat rencana bentuk lengkungan gading berupa mal gading satu banding satu yang diperoleh dari data rencana garis yang pembagian *station*-nya telah disesuaikan dengan letak gading pada penampang memanjang kapal yang akan dibangun atau dalam istilah kapal kayu dikenal dengan istilah *Lines plan to Frame Position*. Gambar rencana garis pada kapal kayu adalah garis terluar dari lambung kapal, sehingga untuk menentukan lengkungan gading dari data *lines plan* yang ada dikurangi lagi ke arah dalam kapal setebal kulit, lengkungan yang dihasilkan dari hasil pengurangan tersebut yang selanjutnya digunakan sebagai patokan kelengkungan gading. Rencana garis baru yang dihasilkan dari pengurangan tebal kulit ini dikenal dengan istilah *Lines plan to inside planking*.

Dari gambar rencana garis, yang dibutuhkan untuk membuat mal lengkungan gading adalah bagian gambar *body plan* seperti gambar berikut.



Gambar II.2. *Body plan* lambung tipe *round bilge*

Berdasarkan gambar *body plan* di atas maka dapat digambarkan bentuk gading serta penampang melintang untuk semua posisi- posisi gading sesuai dengan bentuk dan posisi yang ada pada *body plan* jenis kapal tersebut., berikut diberikan contoh gambar salah satu bentuk penampang melintang kapal pada daerah tengah kapal.

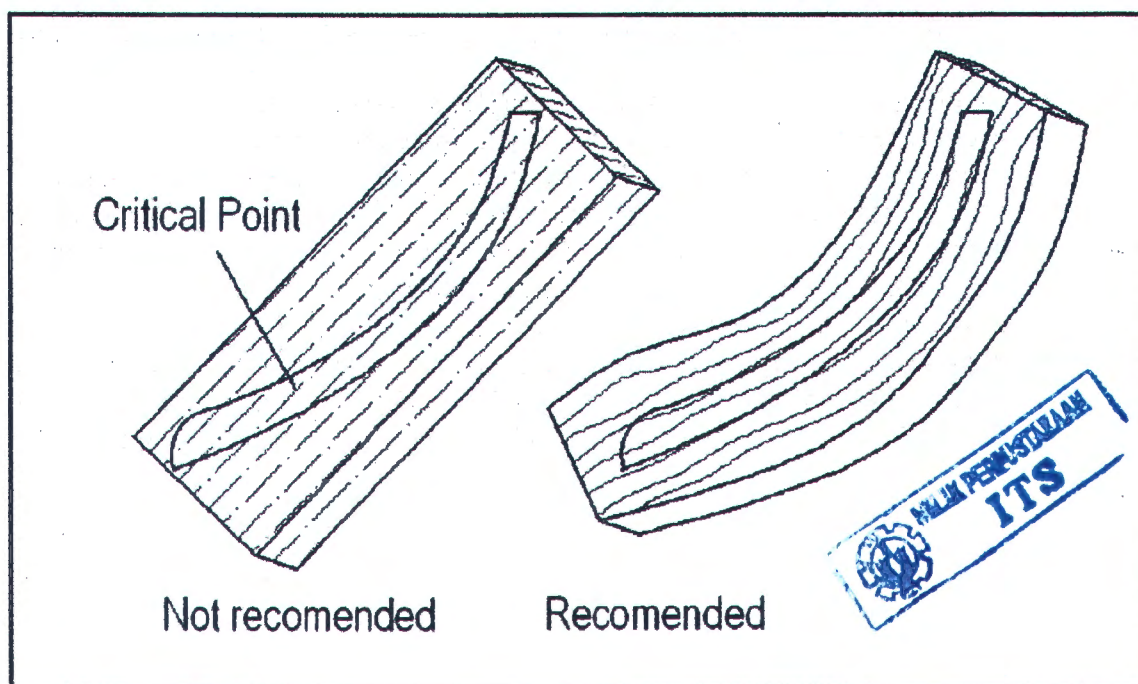


Gambar II.3. Penampang melintang kapal kayu dengan gading kayu

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa bentuk gading dari kapal kayu yang dijadikan model analisa dalam pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari dua komponen pokok yaitu bagian *futtock* dan *floor* yang disambung menjadi satu rangkaian antara bagian *portside* dan *starboard*, bagian *futtock* terdiri dari satu kayu utuh yang digergaji sesuai dengan kelengkungan yang diinginkan. Proses pembuatan gading dengan menggergaji kayu utuh untuk mendapatkan kelengkungan yang diinginkan seperti ini dinamakan dengan metode *sawn frame*.I sedangkan proses pembuatan gading juga dapat dilakukan secara manual seperti gambar dibawah. Hal yang perlu diperhatikan adalah arah serat kayu, bentuk yang dipotongkan dari kayu utuh sedapat mungkin arah potongannya tidak memotong arah serat kayu, karena hal ini akan menyebabkan berkurangnya kekuatan dan akan dapat menimbulkan kemungkinan patahan pada arah serat.



Gambar II.4. Penampang melintang kapal kayu dan proses pembuatannya.



Gambar II.5. Arah potongan serat kayu yang benar untuk bentuk lengkung

Dengan kondisi demikian maka untuk membentuk lengkungan gading yang sesuai dengan kebutuhan bentuk lengkungan lambung kapal, maka dibutuhkan kayu yang secara alamiahnya berbentuk melengkung seperti dijumpai pada kayu Camplong atau kayu biti, yang arah seratnya rata – rata melengkung, jenis kayu ini telah umum digunakan untuk konstruksi gading oleh sebagian besar pengrajin kapal tradisional di berbagai penjuru nusantara, antara lain di daerah Madura, Mandar, Pasuruan, Sulawesi dan lain - lain.

Hal kedua yang harus diperhatikan adalah kondisi kekeringan kayu, ketika kayu dipotong dalam kondisi yang masih basah maka akan besar kemungkinan terjadinya deformasi bentuk dan akibat fatal lain adalah terjadinya pergerakan deformasi kedua arah sumbu / puntiran atau *twist*. Terjadinya deformasi ini akan menyebabkan lambung yang nantinya dihasilkan tidak *Stream line* dan pada proses pemasangan kulit akan menjadi semakin sulit. Jika hal tersebut masih saja dilakukan, dan terus dibiarkan menjadi suatu kebiasaan, maka kemungkinan akan terjadinay pemasangan kulit yang dipaksakan , yang akan berakibat kulit kpal tidak tertata atau tersusun dengan rapi, sehingga akan berdampak pada proses *planking* yang tidak sempurna yang akan mengakibatkan kebocoran pada lambung kapal, dimana berpeluangnya air untuk masuk kedalam lambung kapal tersebut. Kejadian seperti ini tentunya sangatlah tidak diharapkan pada saat pelayaran, karena akan menimbulkan bahaya paada saat pelayaran kapal tersebut dan cepatnya komponen konstruksi kapal yang lain menjadi aus atau rusak.

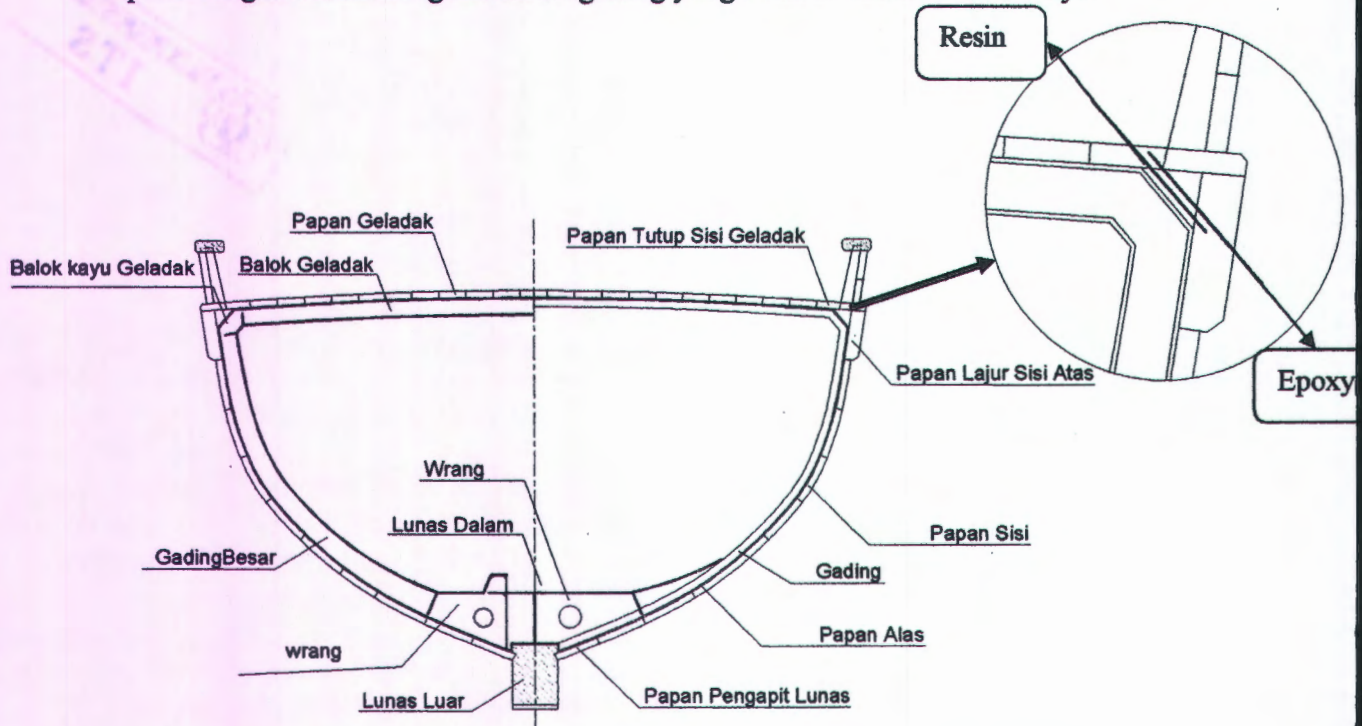
Kearsan dan kerusakan yang terjadi akan berdampak kepada besarnya biaya perawatan kapal dan tingginya frekuensi kapal tersebut untuk melakukan perbaikan.

Dari serangkaian akibat yang sebabkan oleh kurang telitinya dalam pengerjaan kayu yang digunakan sebagai bahan pembuat konstruksi kapal diatas maka diperlukannya suatu perhitungan yang, cermat dan teliti dalam perhitungan konstruksi serta penentuan material

sebagai bahan pembuat kapal, serta pemilihan material alternative yang dapat meminimalisasi kejadian yang tidak diinginkan pada saat sebuah kapal melakukan pelayaran. Oleh karena itu aluminium merupakan salah satu alternatif yang dipertimbangkan dalam tugas akhir ini.

2. Pembuatan Gading Kapal Kayu Dengan Material Aluminium

Proses pembuatan gading kapal untuk material aluminium tidak jauh berbeda dengan pembuatan gading kapal untuk material kayu. Tahapan pertama untuk membuat gading kapal adalah dengan membuat rencana bentuk lengkungan gading berupa mal gading satu banding satu yang diperoleh dari data rencana garis yang pembagian *station*-nya telah disesuaikan dengan letak gading pada penampang memanjang kapal yang akan dibangun atau dalam istilah kapal kayu dikenal dengan istilah *Lines plan to Frame Position*, atau dengan cara menggambar desain gading dengan skala satu banding satu atau yang sering disebut dengan *gambar kerja* kemudian dengan menggunakan mesin CNC dilakukan pemotongan sesuai dengan bentuk gading yang telah di desain sebelumnya.

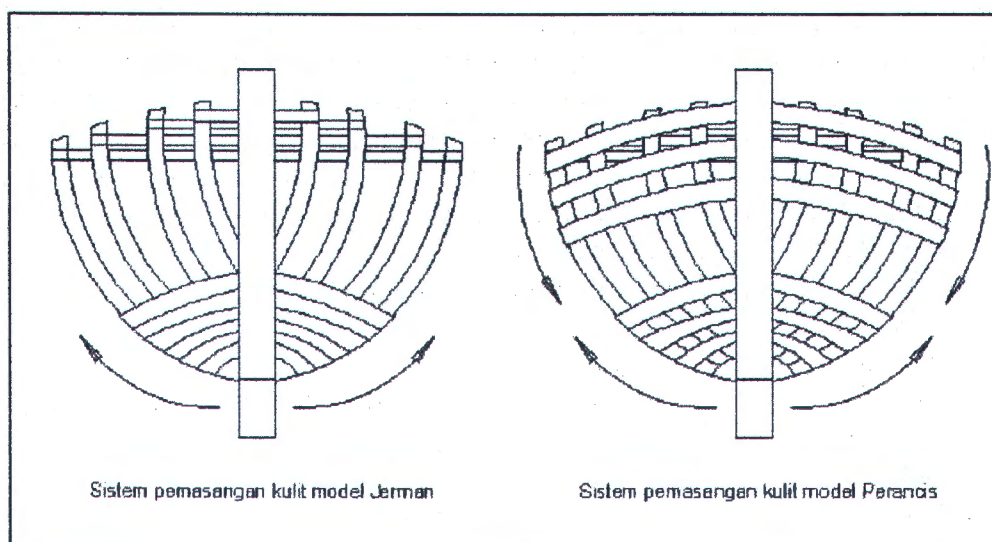


Gambar II.6. Penampang melintang kapal kayu dengan gading aluminium

II.4. Pemasangan Kulit Kapal / Planking

Metode pemasangan kulit kapal kayu atau yang biasa dikenal dengan proses *planking* biasanya dilakukan setelah proses pembentukan gading kapal dan deck beam hal ini dilakukan agar bagian kulit dapat terpasang dengan baik dan mempermudah proses pemasangan kulit kapal tersebut.

Dalam pembangunan kapal kayu dikenal dua system urutan pemasangan kulit, yaitu menggunakan model Jerman dan model Perancis. Pada pemasangan kulit model Jerman, kulit dipasang secara berurutan dari bagian lunas kapal merambat naik keatas hingga bagian kulit paling atas, sedangkan pada pemasangan kulit model Perancis, kulit dipasang secara bergantian antara kulit paling bawah dan kemudian kulit paling atas, sehingga pemasangan kulit terakhir nantinya akan berada pada daerah bilga kapal, untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut:



Gambar II.7. Model sistem pemasangan kulit

Dalam pemasangan kulit lambung kapal pada kapal kayu baik yang menggunakan model pemasangan Jerman maupun model Perancis bagian pertama yang dipasang adalah pada bagian kulit lambung paling bawah atau yang sering disebut dengan *Garboard*. Bagian ini merupakan bagian yang paling penting untuk diperhatikan ketelitian pemasangannya karena pada daerah inilah paling rawan terjadinya kebocoran maupun rembesan air dari seluruh bagian kulit kapal.

II.5. Joining Kayu dan Aluminium

Untuk proses joining kayu dengan konstruksi gading aluminium, apabila dihubungkan langsung maka akan sangat besar kemungkinan terjadinya korosi pada material aluminium yang digunakan sebagai konstruksi gading pada kapal tersebut, oleh karena itu penggunaan marine plywood sangat berperan untuk mencegah semua kejadian tersebut diatas. Sedangkan untuk proses penggabungan marine plywood dengan konstruksi gading maka digunakan baut sebagai pengikat, dan untuk proses penggabungan kayu dengan marine plywood akan digunakan sistem pengeleman dengan menggunakan suatu jenis lem yang sudah diuji serta disertifikasi tentang kekuatan rekatnya, selain daripada itu agar proses pengeleman tersebut dapat menghasilkan suatu produk kayu olahan yang baik maka proses pengolahan kayu sebagai material terluar juga harus baik. Untuk menghasilkan kualitas kayu yang baik maka tahapan berikut sangatlah penting untuk dilakukan.

Papan – papan yang baru saja dipotong – potong sebelumnya dijadikan bahan komponen badan kapal, maka langkah pertama yang dilakukan adalah pengeringan kayu terlebih dahulu sampai pada tingkat kadar air tertentu. Seperti halnya sebagai bahan komponen badan kapal pinisi, diusahakan kadar air yang dikandung berkisar antara 12% s/d 16% dan untuk mengeringkan dengan metode pengeringan buatan atau disebut "kiln Drying".

Apa bila dikeringkan secara alami dengan udara kering, maka hasil pengeringan papan- papan kayu tersebut hanya diperoleh kadar air 17% s/d 23% saja.

Selain itu waktu yang digunakan untuk mengeringkan adalah kurang lebih 1 tahun lamanya untuk papan dengan ketebalan 25 mm. Bila menggunakan proses Kiln Drying, maka waktu pengeringan dapat diperpendek dari dalam tahun beberapa minggu saja.

Prinsip kerja dari pada kiln Drying dengan kombinasi uap air panas dan udara kering adalah :

Pemasukan uap air panas kedalam tabung kiln Drying, dengan maksud untuk menaikkan kandungan air pada papan-papan kayu. Hal ini berlangsung sampai pada titik lembab jenuh yang dikandung pada kayu tersebut. Kemudian setelah sampai pada titik tersebut, pemasukan uap air panas dihentikan, dan selanjutnya pemasukan udara kering panas dimulai. Maksud pemasukan udara kering panas adalah pengurangan kandungan air didalam kayu sampai batas-batas yang diharapkan. Dengan metode Kiln Drying, pengeringan kayu dapat diatur sedemikian rupa sehingga dapat diperoleh kandungan air yang diinginkan.

Pemakaian metode ini dapat diperoleh beberapa keuntungan meliputi :

- Memberikan daya rekat yang maksimum
- Menurunkan pengerutan berikutnya.
- Memberikan daya tahan/ keawetan terhadap serangga dan serangan jamur-jamur.
- Menambah kekuatan kayu.
- Mudah pengerjaannya.

Sesuai dengan British standart, RS 1204 (OZELTON AND BAIRD,1976), Struktur dari perekat kayu dapat digolongkan menjadi 4 tipe :

1. Tipe WBP (Weater proof and Boil Proof)
2. Tipe BR (Boil Resistance)
3. Tipe MR (Moisture Resistance and Moderately Weather resistance).
4. Tipe INT (Interior).

Pada Konstruksi badan kapal, dipakai lem Recorcinol Phenol Formaldehyde dengan tipe WBP. Dengan kata lain lem yang dipakai mempunyai ketahanan terhadap cuaca, micro organisme, udara dingin, udara panas, dan air panas. Tipe ini dapat digunakan baik sekali pada, komponen- komponen kau untuk konstruksi bangunan yang berhubungan langsung dengan media lain seperti air, udara dan lain sebagainya, perekat jenis Recorcinol Phenol Formaldehyde dipasaran sering dikenal dengan nama AERODUC 185 dibuat oleh pabrik CIBA GEYGY.

Apabila Aerodux dicampur dengan HRP 1650 atau HRP 155 sebagai pengeras lem. Akan dapat memeberikan pengisian lem pada celah-celah kayu.

Berkenaan dengan penggunaan Aerodux pada konstruksi badan kapal, maka sebagai campuran aerodux 185 yang sesuai adalah HRP 150 atau HRP 155.

Meskipun lambung kapal Pinisi dipasang dari penggabungan komponen- komponen kayu, dimana pembuatan komponen tersebut dari papan yang diolah dengan tungku pengeringan dan quarter sawn. Bila komponen – komponen kayu tersebut, dimasukkan kedalam air tanpa adanya zat pelindung, maka kayu akan mengalami penambahan kandungan airdidalamnya, hal ini akan menyebabkan berkurangnya kekuatan konstruksi badan kapal, dan kayu sangat mudah terserang oleh jamur-jamur. Pelapisan badan kapal dengan cat yang paling baik apapunjuga, tidak akan dapat menjamin kekedapan air dan sel – sel kayu akan menyerap air.

Pada saat ini telah diketahui mengenai cara melapis maaterial kayu yang baik, maka dipakai Epoxy Resin untu melindungi badan kapal kayu terhadap air dan kelembaban udara. Epoxy Resin merupakan gabungan dari beberapa campuran bahan kimia, dengan ciri-ciri nyatasifat yang tahan panas. Apabila Epoxy Resin bereaksi dengan unsur pengeras, maka kedua hasil reaksi tersebut mengeras.

Pencampuran Epoxy Resin dan unsur pengeras yang sesuai, dan kemudian dipoleskan pada permukaan kayu kering seperti halnya melapis, maka unsur tersebut akan meresap pada dinding sel permukaan kayu.

Lapsan-lapsan tipis yang merupakan komposisi Epoxy, akan memberikan kedekatan air pada semua permukaan kayu. Lapisan – lapisan tipis yang merupakan komposisi Epoxy, akan memberikan kedekatan air pada semua permukaan kayu. Campuran Epoxy Resin dan unsur pengeras dapat bermanfaat apabila kedua campuran tersebut telah membeku atau mengeras. Pada konstruksi lambung kapal dalam penggunaan Epoxy Resin, tidak hanya sebagai pelapis material saja, tetapi juga sebagai pengisi celah-celah pada permukaan material. Biasanya setelah pemasangan kulit lambung selesai maka akan terdapat celah-celah yang belum rapat betul. Jikalau celah-celah yang belum rapat tersebut tidak ditanggulangi, hal ini merupakan kelemahan yang akan mengakibatkan kebocoran pada lambung kapal. Hal semacam ini dapat diatasi dengan digunakannya Epoxy Resin sebagai penutup celah-celah tersebut., karena larutan Epoxy akan lebih mampu menutup celah-celah yang relatif lebar dari pada digunakan *recorcinol-Phenol-Formaldehyde*.

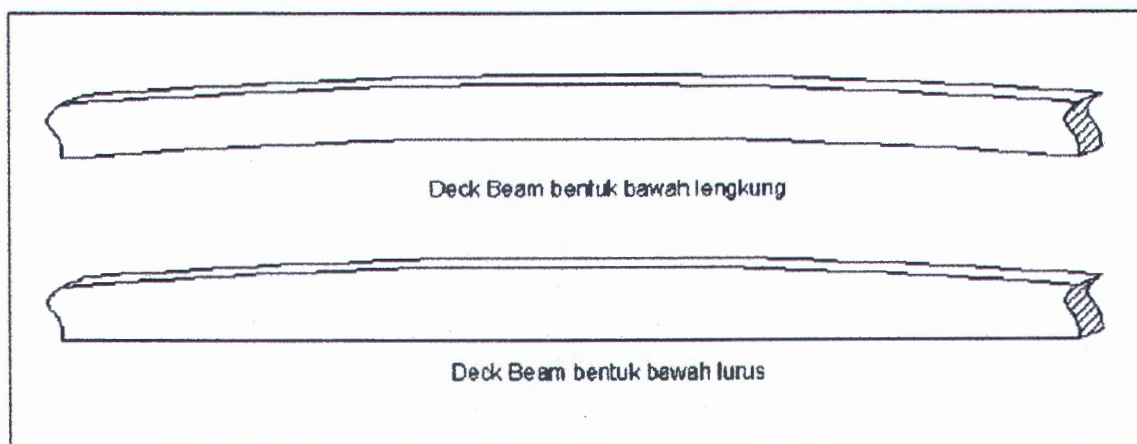
Pada titik lemah yang terdapat peresapan air seperti pada tempat penyambungan antara keel (lunas) dan kulit lambung, maka pengelemannya dipakai epoxy resin dan selain itu juga dapat sebagai pelapis kedap air.

Selain berfungsi sebagai lem maupun pengisi dari celah- celah kayu pada kulit lambung kapal, tetapi juga dapat sebagai pelapis kulit lambung kapal sehingga dapat mengurangi tahanan gesek sekaligus dapat menambah kecepatan maksimum kapal.

II.6. Pemasangan Deck kapal

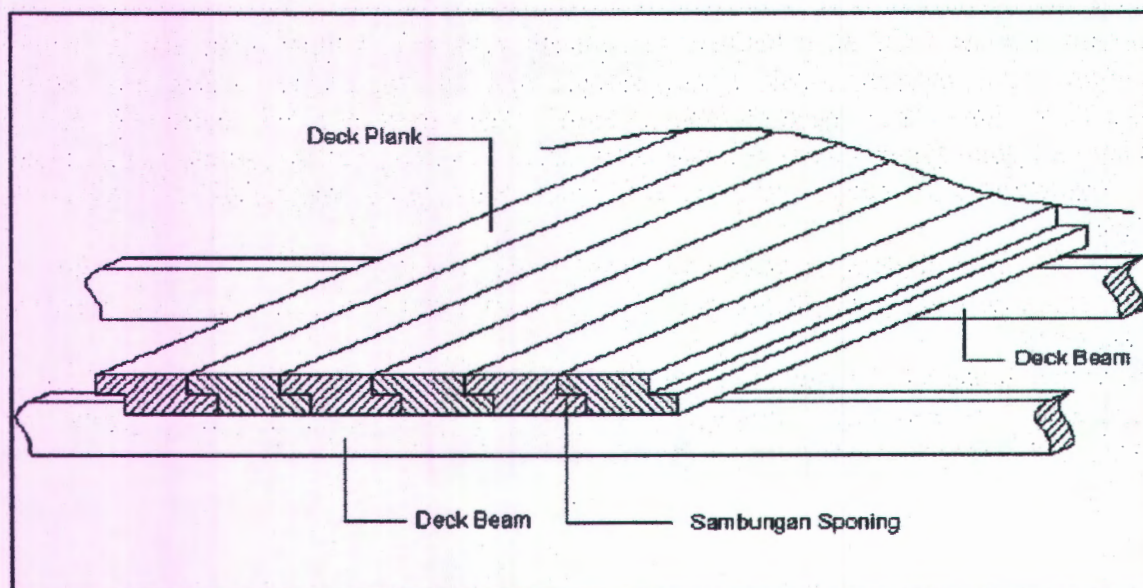
Bagian terakhir yang dibangun untuk membentuk lambung kapal kayu adalah pemasangan deck kapal, pada kapal yang menjadi obyek penelitian pembuatan tugas akhir ini hanya mempunyai satu lapisan deck atau *single deck*.

Sebelum melaksanakan pemasangan kulit deck bagian yang harus terlebih dahulu dipasang adalah bagian *deck beam*. Peraturan klasifikasi tidak membedakan ukuran konstruksi antara kapal dengan tipe lambung *hard chine* maupun kapal dengan tipe lambung *round bilge* untuk konstruksi *deck beam* ini. Ada dua pilihan bentuk *deck beam* seperti nampak pada gambar berikut.



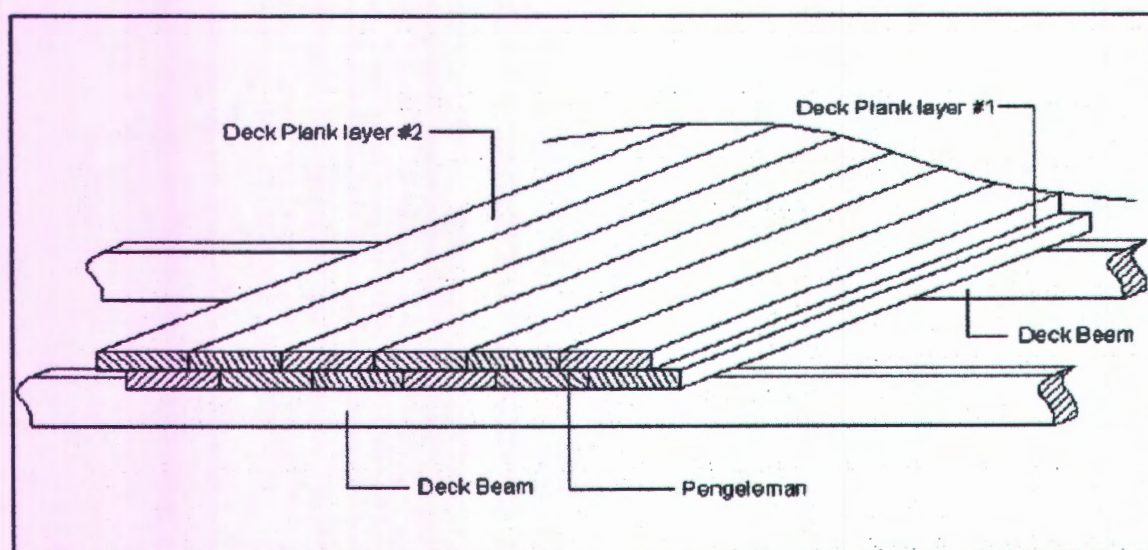
Gambar II.8. Bentuk – bentuk *deck beam*

Setelah semua *deck beam* terpasang langkah selanjutnya adalah memasang papan deck, dalam pembangunan kapal kayu dikenal dua metode pemasangan kulit deck, yaitu dengan system *single layer* dan *double layer*. Pada pemasangan kulit deck dengan metode *single layer* papan geladak hanya terdiri dari satu lapisan papan yang disambung antara papan yang satu dengan yang lainnya dengan menggunakan bentuk sambungan sponing seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar II.9. Sambungan sponing pada *deck beam*

Tipe pemasangan kulit geladak yang kedua adalah dengan menggunakan metode *double layer*, metode ini lebih mudah dari segi pengerjaannya dan relative lebih sedikit menghasilkan material sisa daripada dengan menggunakan metode *single layer*, namun dilain pihak metode dengan dua lapisan kulit deck ini akan membutuhkan pengeleman antara satu lapisan dengan lapisan yang kedua sehingga dibutuhkan lebih banyak lem daripada penggunaan metode satu lapis kulit deck.



Gambar II.10. Kulit deck *double layer*

II.7. Formulasi perhitungan konstruksi menurut Dave Gerr

Perhitungan konstruksi suatu bangunan kapal kayu yang dikombinasikan dengan aluminium sangat jarang dikeluarkan oleh suatu lembaga klasifikasi didunia perkapalan. Hal ini dibuktikan dalam beberapa aturan klasifikasi yang ada yang mengeluarkan panduan konstruksi kapal kayu tidak pernah memberikan dasar perhitungan untuk penentuan konstruksi alternative pada gading, penegar, balok geladak, bracket dan lain- lain untuk material lain seperti aluminium. Namun demikian ada beberapa buku yang memberikan formulasidan pendekatan sederhana dalam perhitungan penentuan ukuran konstruksi gading, penegar, balok geladak, bracket dan lain sebagainya pada kapal kayu .

Dave Gerr, melalui buku yang ditulisnya berjudul “ The Elements of Boat Strength” (Gerr,2000) mengemukakan beberapa formula – formula sederhana dalam merencanakan sebuah konstruksi tersebut yang berbahan aluminium.Dasar perhitungan dari formula yang dikemukakan oleh Dave Gerr ini merupakan analisa dan hasil eksperimen yang dipadukan dengan kondisi nyata dilapangan. Dalam rumusan tersebut cenderung kepada perhitungan yang lebih sederhana dan mudah untuk digunakan terutama berdasarkan variable ukuran utama sebagai angka penunjuk. Angka penunjuk inilah yang menjadi acuan untuk mendapatkan perhitungan sebuah konstruksi pada kapal.

Namun demikian dalam rumusan ini telah memberikanbatasan yaitu bentuk kapal adalah berjenis lambung tunggal (*monohull*)

Dalam penentuan ukuran konstruksi kapal berbahan aluminium ini digunakan suatu indeks yaitu angka penunjuk (*scantling number*)kapal yaitu :

$$Sn = \frac{[Lo \times B \times H]}{28.32} \quad (\text{metric})$$

Koreksi Loa yaitu $Loa / Lwl < 1.08$

$$Loa' = \frac{Loa + Lwl}{2}$$

a. Jarak gading dengan kekuatan memanjang

$$a = 259 \times 8.71^{0.24}$$

$$a = 259 \times Sn^{0.24}$$

b. Bottom

a. Tinggi Bottom frame web

$$h = 31.24 \times Sn^{0.46}$$

b. Ketebalan Bottom frame web

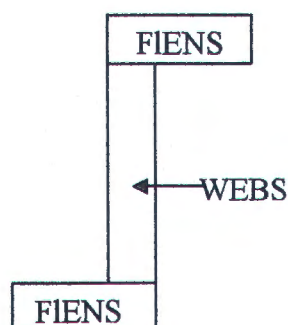
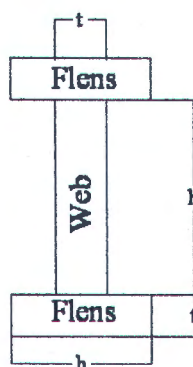
$$t_b = 5.84 \times Sn^{0.21}$$

c. Tinggi Bottom frame flens

$$l_f = 23.26 \times Sn^{0.46}$$

d. Ketebalan Bottom frame flens

$$t_f = 1.25 \times \text{tebal web}$$



Gambar II.11. Penampang profil pelintang bottom.

c. Frame

- e. tinggi gading biasa pada bilga $h_1 = 0.85 \times \text{Tinggi Bottom frame web.}$
 f. tinggi gading biasa pada bagian sheer $h_2 = 0.70 \times \text{Tinggi Bottom frame web}$
 g. Tebal plat gading $t = 3.55 \times Sn^{0.26}$

d. Deck beam

- h. Tinggi Deck beam web $h_3 = 26.67 \times Sn^{0.36}$
 i. Tebal Deck beam web = Bottom web
 j. Tebal Deck beam flens $t_2 = 1.25 \times \text{tebal web}$
 k. Lebar Deck beam flens $l_1 = 0.75 \times \text{tinggi web}$

e. Stiffener

- m. Jarak Stiffener $a_s = 101.6 + (\text{tebal pelat} \times 32)$
 n. Tingginya $h_3 = 0.45 \times \text{tinggi frame}$
 o. Tebal stiffener = tebal plat standar.

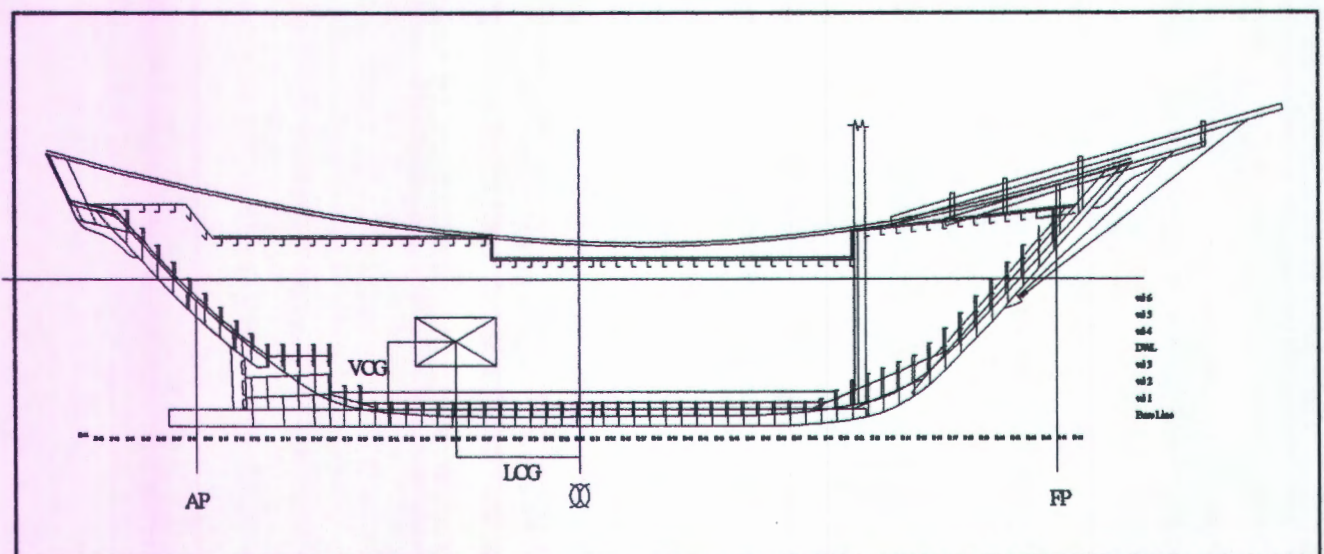
f. Cabin

- q. Tebal cabin side frame web = tebal deck beam web
 r. Tinggi cabin side frame web $= 23.62 \times Sn^{0.36}$
 s. Tebal cabin side frame flens $= 1.25 \times \text{tebal web}$
 t. Lebar cabin side frame flens $= 0.75 \times \text{tinggi web.}$

g. Untuk tebal pelata lutut (bracket) ditentukan dengan ukuran proporsional dan tebalnya disamakan dengan tebal penegar.

II.7. Teori Berat dan Titik Berat Kapal

Salah satu aspek yang berpengaruh dalam merencanakan sebuah kapal adalah aspek berat serta letak distribusi berat tersebut didalam kapal itu sendiri. Hal ini tentunya sangat berpengaruh terhadap performa suatu kapal tersebut ketika berada dalam kondisi operasi ataupun kondisi – kondisi tertentu. Posisi titik berat kapal secara umum terbagi atas 2 (dua) yaitu titik berat secara memanjang (LCG) dan secara vertikal (VCG)

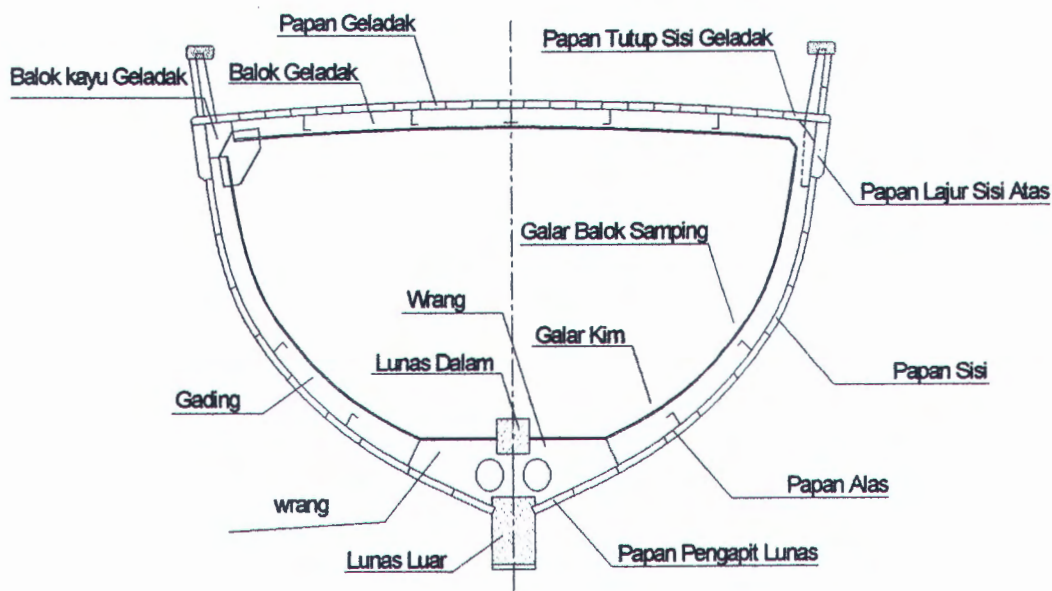


Gambar II.12. Letak komponen titik berat komponen massa dalam suatu kapal

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam menentukan berat dan posisi berat suatu kapal. Dalam tugas akhir ini salah satu metode yang digunakan untuk menentukan posisi titik berat kapal adalah dengan metode pemodelan 3(tiga) dimensi dari setiap komponen kapal. Pemodelan setiap komponen kapal ini hanya dapat dilakukan dengan bantuan komputer yang memiliki perangkat lunak tersebut juga terdapat banyak dipasaran namun yang umum digunakan adalah software AutoCAD. Disini akan digunakan software AutoCAD versi 2006 sebagai software pendukung dalam pembentukan model.

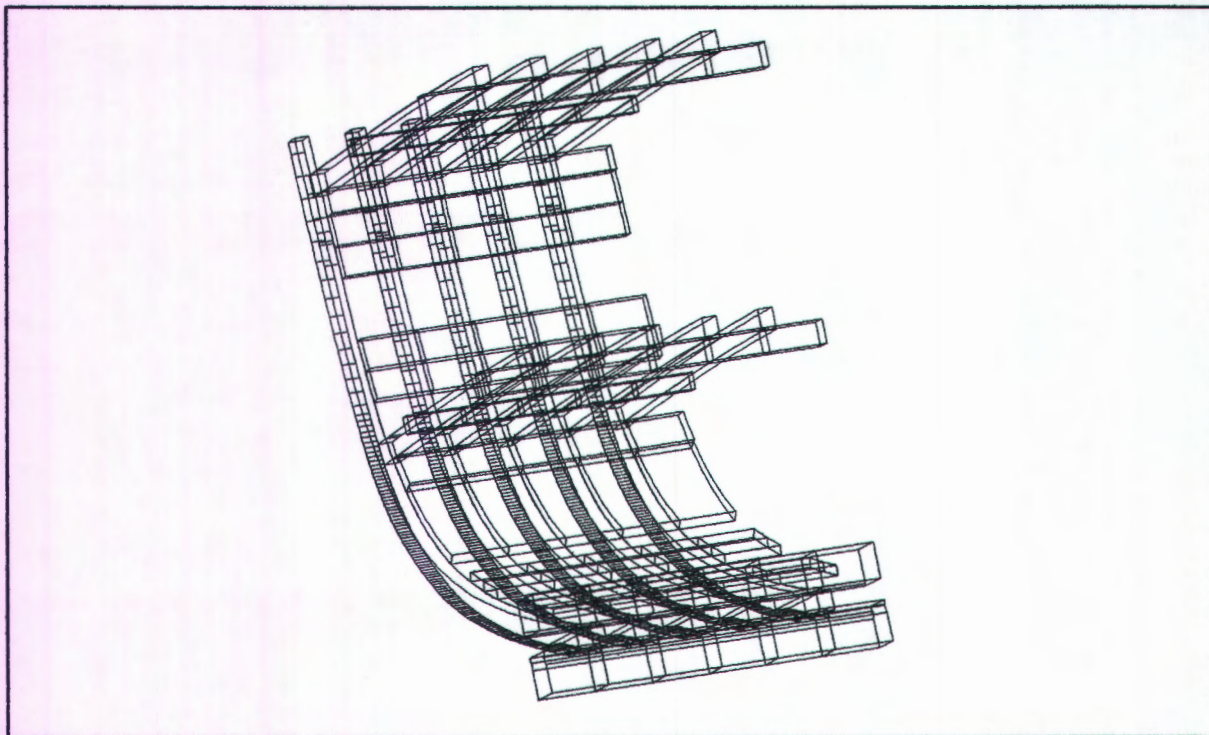
Pada dasarnya prinsip pembuatan model ke dalam bentuk 3 (tiga) dimensi ini adalah tidak lain untuk mendapatkan jumlah massa dari setiap komponen kapal juga termasuk posisi titik berat massa dan beberapa sifat dari tiap komponen dan posisi titik beratnya diketahui, maka selanjutnya adalah membuat suatu matriks untuk dapat mengetahui total massa dari sebuah kapal yang akan dibangun atau telah dibangun serta resultan gaya berat titik berat dari total massa tersebut. Dengan demikian total berat dan titik berat konstruksi suatu kapal dapat diketahui dengan lebih akurat. Adapun langkah langkah pembuatan model dan perhitungan berat adalah :

1. Setiap komponen kapal yang akan dihitung terlebih dahulu digambar dalam bentuk gambar 2 (dua) dimensi pada software autoCAD.



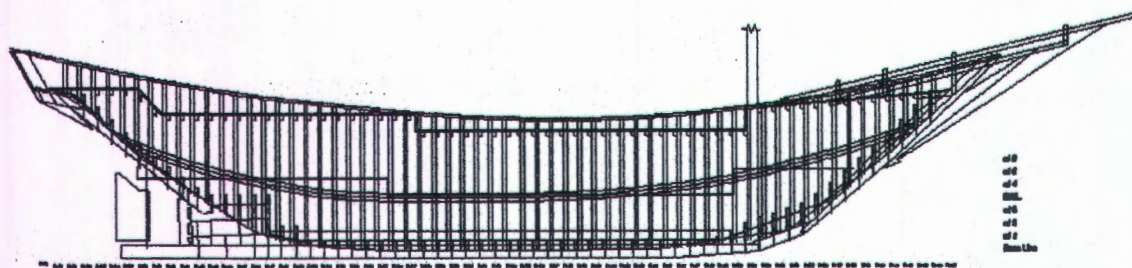
Gambar II.13. Konstruksi gading (*Frame*) dan wrang (*floor*) dalam bentuk 2 (dua) dimensi.

2. Dari setiap bagian yang telah digambar dalam bentuk 2 (dua) dimensi selanjutnya ditransformasikan kedalam bentuk 3 (tiga) dimensi dengan menggunakan perintah (command word) yang terdapat dalam software AutoCAD tersebut.



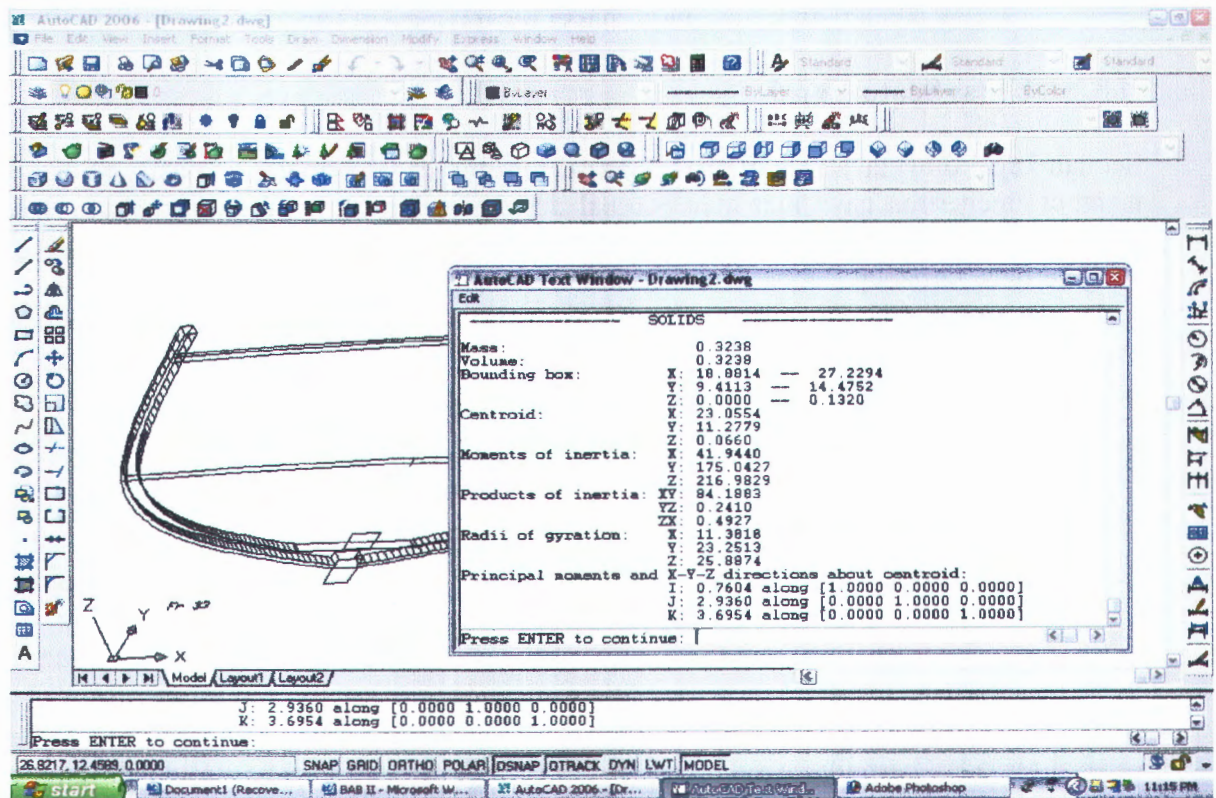
Gambar II.14. Konstruksi gading (*Frame*) dalam bentuk 3 (tiga) dimensi.

3. Setelah hal diatas dilakukan maka s pada setiap komponen yang telah dibentuk tadi diposisikan pada sistem koordinat yaitu pada posisi dimana komponen tersebut berada dalam suatu kapal.



Gambar II.15. Posisi komponen gading – gading pada kapal menurut koordinatnya

4. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengambilan data dari kapal menurut koordinat komponen kapal melalui perintah *mass properties* yang tersedia pada software AutoCAD tersebut. Dengan perintah tersebut maka data dibutuhkan dapat diperoleh.



Gambar II.16. Tampilan *mass property* dari pemodelan sebuah komponen.

5. Data yang dihasilkan adalah berupa data volume komponen berikut titik berat volume komponen tersebut. Untuk mengetahui berat (W) dari tiap komponen maka digunakan formula :

$$W = \rho V$$

Dimana :

W adalah berat komponen konstruksi kapal (kg)

ρ adalah massa jenis komponen konstruksi kapal (Kg/m^3)

V adalah volume dari komponen konstruksi kapal (m^3)

6. Selanjutnya setelah kita mendapatkan data- data diatas langkah selanjutnya adalah menyusun matriks gabungan dari seluruh komponen sehingga total massa dari titik berat konstruksi kapal tersebut dapat diketahui secara aksak

Formula untuk mengetahui titik berat komponen kapal yaitu :

$$LCG = \frac{\sum(W \cdot x)}{\sum W}$$

Dimana :

x adalah jarak titik pusat massa secara memanjang kapal

W adalah berat kapal (kg)

$$VCG = \frac{\Sigma(W \cdot y)}{\Sigma W}$$

Dimana :

y adalah jarak titik pusat massa secara vertikal kapal.

II.8. Stabilitas Suatu Kapal

Sebuah kapal dinyatakan stabil apabila kapal tersebut dapat kembali ke posisi semula setelah kapal tersebut menerima gaya luar atau dikenal dengan istilah olengan. Olengan atau *heel* selanjutnya dalam teori gerak kapal lebih dikenal dengan *Rolling Motion*, Yaitu salah satu kondisi gerakan kapal yang berotasi terhadap sumbu lateral secara melintang.

Pada peninjauan stabilitas suatu kapal, pertama-tama harus kita perhatikan tiga buah titik yang memegang peranan penting yaitu :

1. Titik G (*gravity*)
2. Titik B (*Buoyancy*)
3. Titik M (*Metecenter*)

- Titik G adalah titik berat dari pada kapal dan hal tersebut dipengaruhi oleh konstruksi kapal.
- Titik B adalah titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang ada dalam air dipengaruhi oleh bentuk kapal di permukaan air.
- Titik M adalah titik perpotongan vector gaya tekan keatas (γV) pada keadaan tetap dengan vector gaya tekan keatas pada sudut yang kecil.

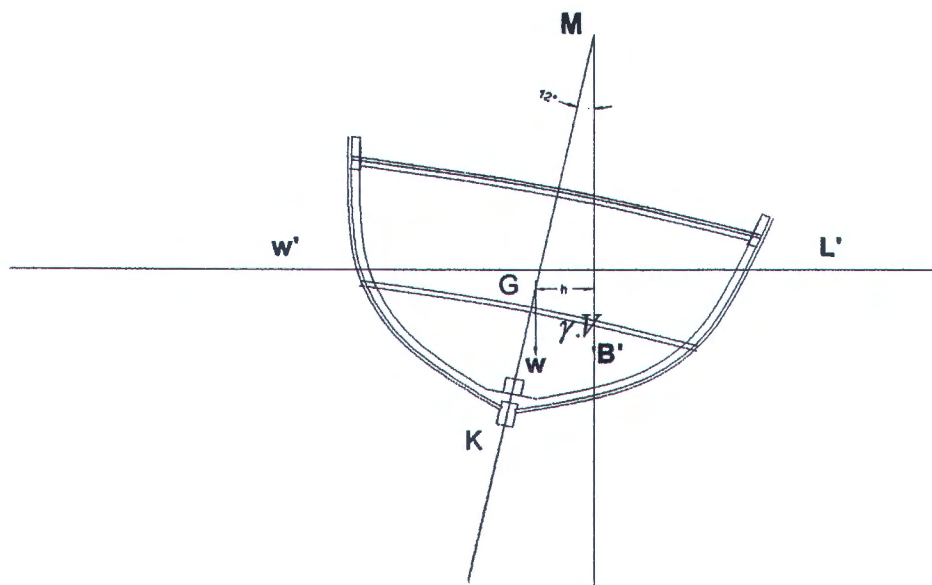
Untuk kapal – kapal yang dalam keadaan seimbang, titik G dan B harus berada pada satu garis vertical terhadap permukaan zat cair dan besarnya gaya berat kapal (W) adalah sama dengan gaya tekan keatas.

Untuk kapal – kapal yang mengalami kemiringan baik oleng maupun trim yang disebabkan oleh gaya – gaya dari luar dengan anggapan bahwa titik G tidak mengalami perubahan (muatan kapal tidak bergeser/ditambah, dikurangi), maka titik B akan berpindah letaknya. Sedangkan dengan terjadinya kemiringan kapal, maka bentuk bagian kapal yang berada dibawah permukaan air juga berubah, sehingga titik tekan keatas B ini juga akan berubah sesuai dengan perubahan bentuk bagian kapal yang tercelup. Jadi untuk kapal yang oleng, titik B akan berubah menjadi B' pada bidang melintang kapal.

Dilihat dari kedudukan letak berat kapal G terhadap titik metasentra M maka ada beberapa kemungkinan yang akan terjadi, yaitu :

- a. Titik M berada diatas titik G, maka kapal berada pada keseimbangan mantap (*stabil*). Pada keadaan ini MG bernilai positif.
- b. Titik M berada dibawah titik G, maka kapal berada pada keseimbangan goyah (*labil*). Pada keadaan ini MG bernilai negative.
- c. Titik M berimpit dengan titik G, maka kapal berada dalam keseimbangan sembarang (*indifferent*). Pada keadaan ini MG bernilai nol.

Pada saat kapal mengalami olengan, titik B berpindah pada posisi B'. Vektor W ke bawah dan vector γV Keatas dan mempunyai jarak lengan = h.



Gambar II.17. Gaya – gaya yang bekerja pada kapal yang mengalami oleng

Dengan demikian titik G dan titik B' sudah tidak terletak pada suatu garis vertical terhadap garis air yang baru W'L';, maka kapal akan mendapat momen kopel (S) yang besarnya = $W \times h$.
Dimana :

- W = Berat kapal dalam ton
- $\gamma.V$ = Displamen kapal dalam ton
- MG = Tinggi kopel dalam meter.
- h. = $MG \sin \Phi$

maka :

$$S = W.MG \sin \Phi$$

Tinggi metasentra dapat diuraikan sebagai berikut :

$$MG = MK - KG$$

$$MG = MB + KB - KG$$

Jadi untuk dapat menghitung stabilitas awal suatu kapal, selain harga W perlu pula diketahui harga dari KG, KB dan MB.

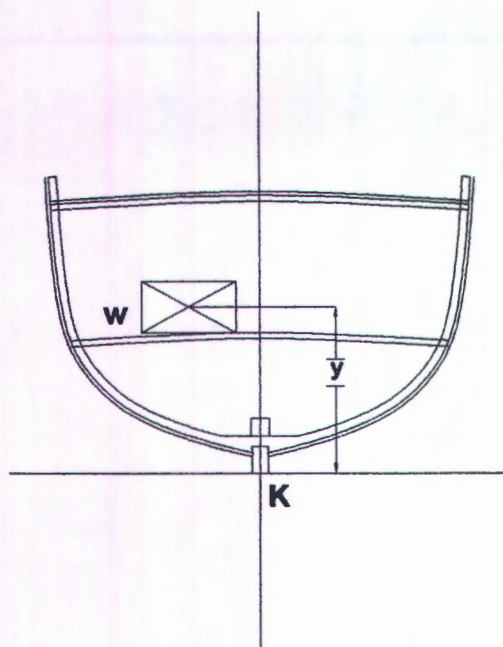
Adapun perhitungan KG, KB dan MB. Adalh sebagai berikut :

1. Letak titik berat kapal (*center Of gravity*) terhadap keel (KG)

Letak titik ini sangat dipengaruhi oleh bentuk konstruksi kapalnya. Berat kapal dan letak titik badan kapal dapat dicari dengan perhitungan yang teliti dari berat konstruksinya secara pos per pos. adapun rumus untuk mengetahui letak titik berat kapal terhadap keel (KG) adalah sebagai berikut :

$$KG = \frac{\sum \text{Momen.dari.tiap} - \text{tiap.komponen.berat.terhadap.keel}}{\sum \text{Berat.tiap} - \text{tiap.komponen}}$$

$$KG = \frac{\sum W.h}{\sum W}$$



Gambar II.18. Penentuan titik berat secara vertical.

Dimana :

W = Berat komponen

y = Jarak vertical titik berat komponen terhadap keel kapal.

2. Gaya titik tekan air (*Center of Buoyancy*) terhadap keel (KB)

Titik tekan air ini sangat dipengaruhi oleh bentuk kapal dibawah permukaan air. Letak titik tekan terhadap keel (KB) dapat dicari melalui perhitungan memakai dalil simpson dengan gambar rencana garisnya.

Saat ini untuk menentukan KB sudah dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan computer yaitu dengan menggunakan software untuk bidang perkapalan salah satunya adalah maxsurf dimana software tersebut pada prinsipnya juga menggunakan formula – formula yang telah ditemukan.

2. Jari – jari metasentra (MB).

Jari- jari metasentra terdiri atas dua yaitu metasentra melintang dan metasentra memanjang. Pada bahasan stabilitas melintang ini yang diunakan adalah jari – jari metasentra secara melintang (MB). Adapun formula untuk mengetahui besarnya nilai MB adalah :

$$MB = \frac{I}{V}$$

Dimana :

V = Volume air yang dipindahkan sampai pada garis air tersebut

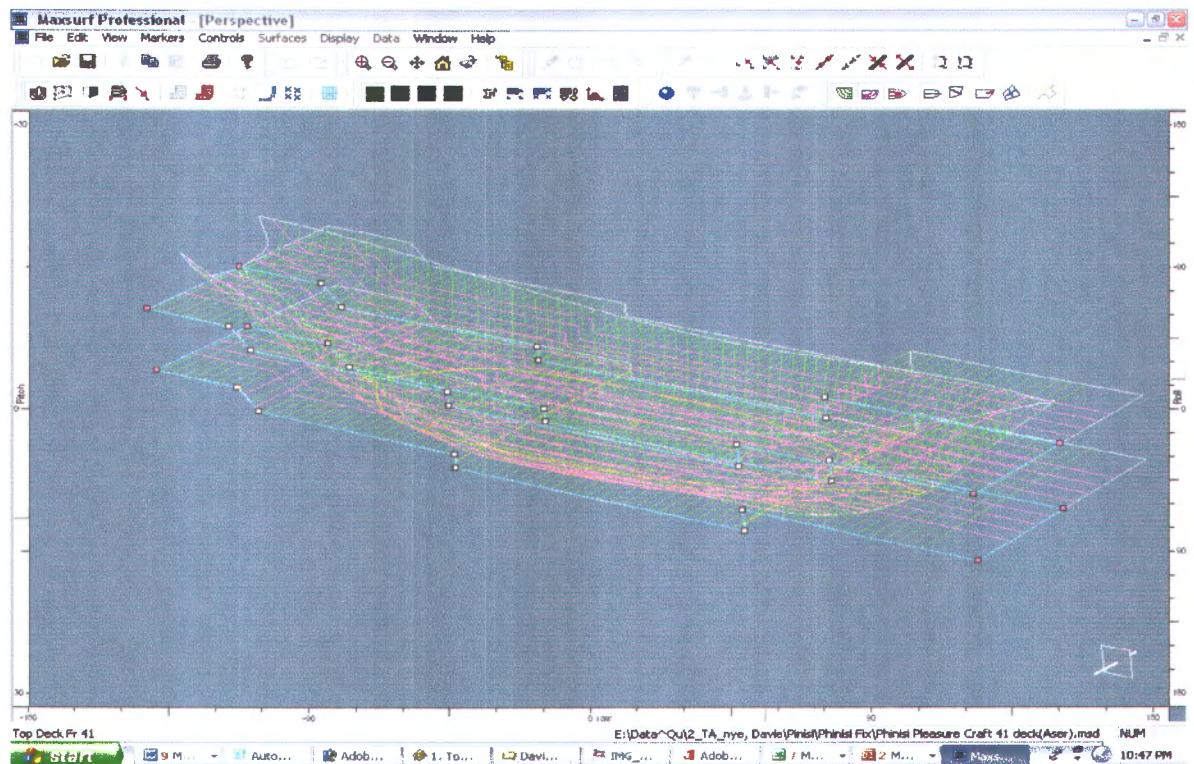
I = Momen inersia dari garis air terhadap sumbu memanjang kapal yang melalui titik berat garis airnya.

II.8.1 Perhitungan Stabilitas Kapal Dengan Maxsurf .

Perhitungan stabilitas untuk kapal ini menggunakan bantuan computer yaitu dengan adanya piranti lunak (software) dengan basis Perkapalan (Naval Architecture), Software pendukung tersebut adalah

Maxsurf. Pada prinsipnya metode yang digunakan dalam software ini adalah sama dengan prinsip dasar perhitungan stabilitas yang telah ada yaitu mengenai prinsip dasar dan metode perhitungan stabilitas. Adapun langkah – langkah perhitungan stabilitas ini adalah :

1. Pembuatan model lambung kapal sesuai dengan rencana garis kapal yang akan dianalisa dengan menggunakan Maxsurf Pro. Lihat gambar.



Gambar II.19. Hasil pemodelan pinisi kedalam maxsurfPro

2. Model kapal yang telah jadi tersebut selanjutnya disimulasikan pada software Hydromax, yaitu software yang digunakan untuk menghitung dan dapat memberikan hasil perhitungan yang cukup akurat. Dengan memberikan beberapa data inputan yaitu data berat kapal, dan titik berat kapal serta beberapa inputan lainnya yang dapat mendukung, maka model kapal tersebut dapat disimulasikan dengan berbagai variasi dan kondisi perlakuan.

Pada perhitungan stabilitas kapal disini diberikan perlakuan beberapa kondisi kapal yaitu :

1. Kondisi kapal 0 5 yaitu kondisi dimana kapal tidak berisi muatan sama sekali, tangki –tangki dalam keadaan kosong dan tidak ada perlengkapan dan anak buah kapal.
2. Kondisi kapal berangkat menuju lokasi dengan kondisi : tangki bahan bakar 100 5%, air tawar 100 %
3. Kondisi kapal 25 % perjalanan yaitu : tangki bahan bakar 75 %, air tawar 75 % dan muatan 25 %.
4. Kondisi kapal 50 % yaitu : tangki bahan bakar 50 %, air tawar 50 % dan muatan 50 %
5. Kondisi kapal 100 % yaitu : tangki bahan bakar 25 %, air tawar 25 %, dan muatan 100 %.

BAB III DESAIN KAPAL KAYU TRADISIONAL

III.1 Tinjauan Konstruksi

Kapal layar pinisi yang didesain dengan material konstruksi lambung adalah kayu. Desain ini menggunakan standar perhitungan Bureau Veritas (BV) tentang peraturan kapal kayu.

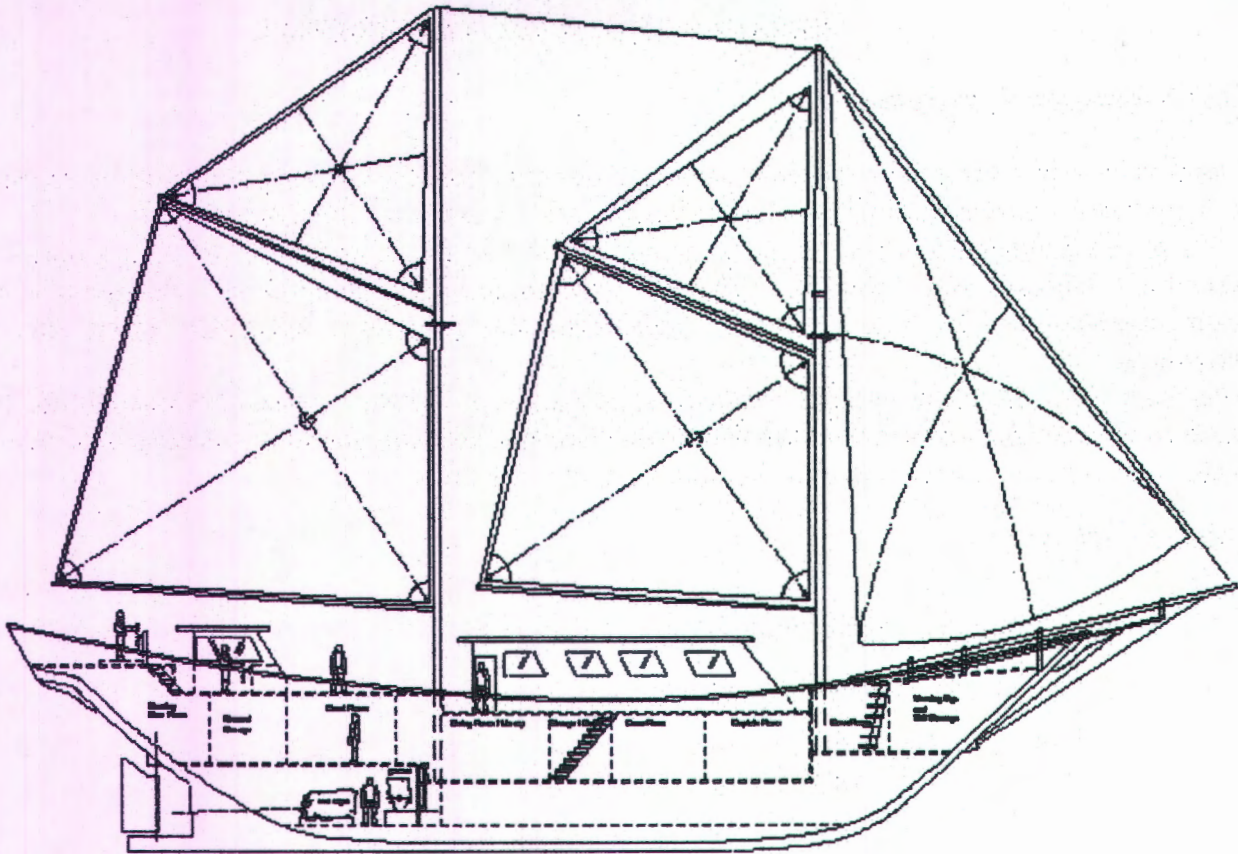
Pada proses perencanaan kapal tentunya selalu melibatkan owner requirement. Secara umum dari ketentuan batasan yang dimiliki, beberapa persyaratan yang diinginkan diantaranya perlu memperhatikan kondisi rute pelayaran, kedalaman alur pelayaran, kecepatan kapal, dan nilai ekonomis.

Dari data yang diberikan tersebut maka selanjutnya diolah sesuai dengan perhitungan klasifikasi yang akan digunakan untuk menghasilkan lines plane dan rencana umum kapal yang sesuai dengan Ketentuan pemilik (*owner requirement*) yang telah ditentukan.

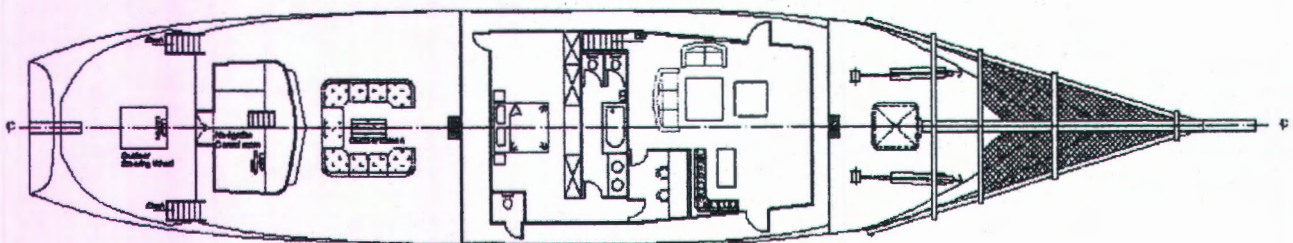
UKURAN UTAMA

Nama Kapal : KLM. PINISHI 44 m

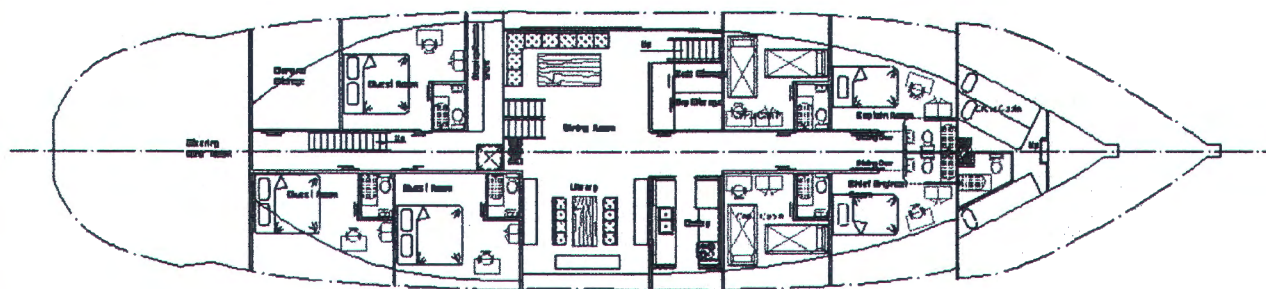
L_{WL}	=	28.3	m
L_{OA}	=	44	m
L	=	38.50	m
B	=	8.5	m
H	=	4.5	m
C	=	4.65	m
V	=	10	knots
N	=	1521.71	
L/C	=	8.28	
H/C	=	0.97	
$L_{superstructure}$	=	15.37	m
$H_{superstructure}$	=	2.45	m
EN	=	1841.79	



Gambar III.1 Plan View rwncana umum Kapal Layar Motor Pinisi



Gambar III.2 Geladak utama Kapal Layar Motor Pinisi



Gambar III.3 Geladak kedua Kapal Layar Motor Pinisi

Tabel III.1 Tabel perhitungan (*scantling*) Komponen lambung kapal Pinisi menurut peraturan konstruksi kapal kayu oleh Bureau Veritas.

I. Struktur Memanjang Kapal

No	Sub Bagian	Lebar (cm)	tinggi (cm)
1	Keel	32	38
2	Keelson	36	33
3	Stem	32	48
4	Stern	32	48
5	Fore knee	32	50
6	Apron	32	20
7	Total Deck Planking	-	9
8	Ordinary Planking		7
9	Shearstrake Planking	135	9
10	Bilge Planking	102	9
11	Total Hull Planking	-	9
12	Covering Board	19	10.5
13	Shelf	29	12.5
14	Clamp Strake	29	9
15	Dead Wood	32	60
16	Bilge Stringer	102	9

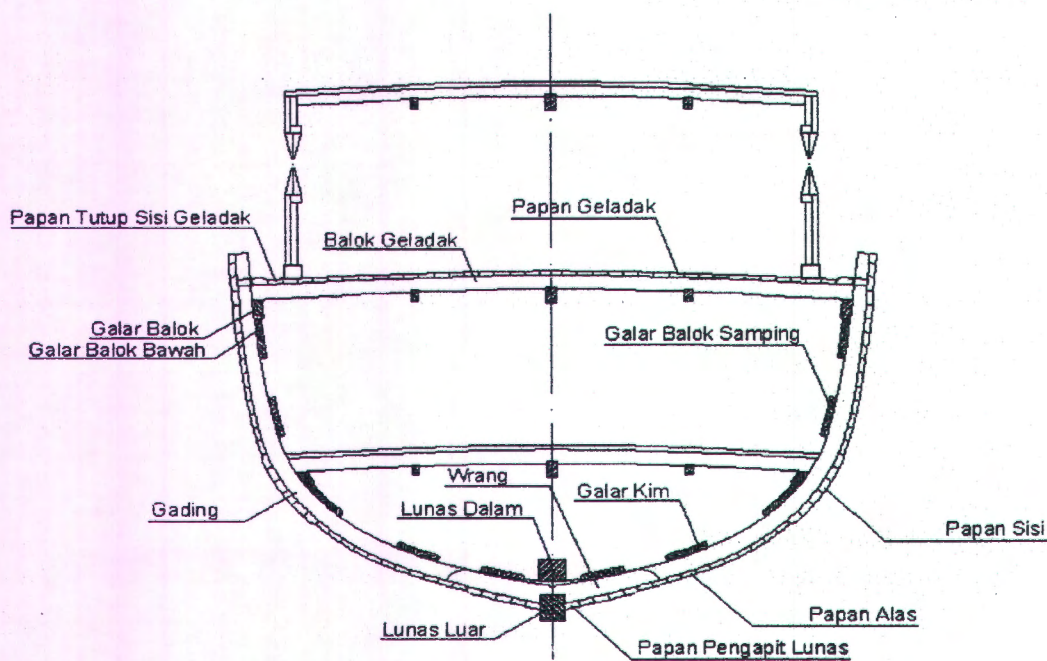
II. Struktur Bangunan Kapal.

No	Sub bagian	Lebar	Tinggi
	Wheel House		
1	Gading	8	10

2	Planking	1	-
3	Penegar Dinding	11	10
4	Deck Beam Atas	6	10
5	Planking Atas	1	-
Owner Suite Room			
1	Gading	34	10
2	Inner Planking	1	-
3	Penegar Dinding	35	10
4	Deck Beam Atas	21	10
5	Planking Atas	1	-

III. Struktur Ruang Akomodasi Kapal

No	Sub bagian	Lebar	Tinggi
1	Inner Planking	1	-
2	Penegar Dinding	138	10



Fr 32

Gambar III.4 : Penampang melintang konstruksi kapal layar Pinisi di midship

III.2 Rencana Umum

III.2.1. Perencanaan Jaak Gading (a)

Jarak gading pada kapal ini adalah ditentukan berdasarkan Klasifikasi Bureau Veritas tentang kapal kayu. 1963 Diketahui jarak gading lambung kapal ini adalah XX cm. Penomoran gading adalah dimulai dari gading pada buritan kapal (afterpeak perpendicular). Nomor gading diberi notasi angka mulai dari angka 1 dan seterusnya sampai gading terakhir.

III.2.2. Perencanaan Ruangan

- Ruang mesin kemudi (steering gear room) adalah terletak dibelakang ruang gudang yaitu terletak antara gading nomor 1 hingga gading nomor 11.
- Ruang Gudang adalah terletak antara gading nomor 11 sampai gading nomor 16
- Ruang mesin adalah terletak antara gading nomor 9 sampai gading nomor 25
- Ruang tali jangkar adalah terletak antara gading nomor 55 sampai gading nomor 65
- Ruang akomodasi ABK terbagi 3 (tiga) yaitu ruang akomodasi I dengan kapasitas 2 orang terletak antara gading 37 sampai gading nomor 43, ruang akomodasi II dengan kapasitas 1 orang terletak antara gading nomor 43 sampai gading nomor 50, sedangkan ruang akomodasi III dengan kapasitas 2 (dua) orang yaitu terletak di antara gading nomor 50 sampai dengan gading nomor 55.
- Ruang basah (WC) yaitu terletak di ruang disetiap geladak.
- Ruang Dapur (Galley) terletak antara gading nomor 33 sampai dengan gading nomor 37.

III.2.3. Perencanaan Tangki – Tangki

- Tangki bahan bakar diletakkan dibawah geladak utama dengan sistem wing tank yaitu tangki kiri dan tangki kanan dengan kapasitas masing-masing adalah 3086 liter yang masing – masing terletak antara gading nomor 26 sampai gading nomor 35.
- Tangki air tawar diletakkan bawah geladak utama, dengan kapasitas 530 liter untuk melayani semua kebutuhan ABK dan penumpang kapal

III.2.4. Perencanaan Mesin Induk

Untuk memenuhi kecepatan kapal sebesar 10 knot pada saat melakukan pelayaran, maka diberikan mesin induk dengan kapasitas 400 Hp.

III.2.5. Perencanaan Sistem Bantu

- Sistem Bantu kelistrikan kapal ini adalah menggunakan sistem listrik DC dengan menggunakan 2 (dua) buah baterai berkapasitas masing – masing 120 Ah, 24 volt dengan dilengkapi alternator (PTO) untuk keperluan pengisian baterai oleh mesin induk. Baterai ini digunakan untuk kebutuhan melayani penstartan mesin induk serta juga untuk melayani kebutuhan listrik kapal antara lain lampu – lampu, peralatan navigasi dan peralatan listrik lainnya.

- Pompa – pompa yaitu terdiri atas pompa kuras manual untuk melayani setiap kompartemene kapal dimanan kapal ini terbagi atas 3 (tiga) antara lain ruang mesin, tangki dan ruang jangkar.

III.3. Berat dan Titik Berat Kapal Kosong (LWT)

Perhitungan berat dantitik berat kapal dapat dilakukan apabila telah tersedianya gambar konstruksi melintang dan memanjang kapal. Perhitungan berat dan titik berat untuk kapal ini dilakukan dengan menggunakan metode post per post adapun langkah pengerjaannya adalah :

1. Membagi kapal menjadi bagian sejarak gading.
2. Melakukan perhitungan berat dan titik berat untuk masing – masing bagian kapal pada masing – masing gading.
3. Tiap bagian padatiap gading diidentifikasi dan dicatat pada tabel, adapun beberapa hal yang perlu dicatat adalah jenis material yang digunakan sebagai bahan pembuat kapal dan komponennya, berat jenis material, ukuran dimensi tiap bagian.
4. Langkah selanjutnya yang ditempuh adalah dilakukannya perhitungan pada masing – masing bagian.
5. Dilakukan pada pengukuran titik berat pada gambar baik ditinjau secara horisontal ataupun ditinjau secara vertikal untuk setiap bagian pada tiap konstruksi gading.
6. Setelah dilakukan perhitungan untuk masing – masing gading maka dilakukan rekap untuk mendapatkan berat dan titik berat kapal yang akurat.

Perhitungan berat dan titik berat kapal kayu trdisional yang direncanakan adalah sebagai berikut :

Tabel III.2 Tabel perhitungan Berat kosong (LWT) kapal layar Pinisi

I. Struktur Memanjang Kapal

No	Sub Bagian	Volume (V)	Berat jenis (ρ)	Berat (W)
1	Keel	3930848	0.0000008	3.1446784
2	Keelson	2103876	0.0000008	1.6831008
3	Stem	1344672	0.0000008	1.0757376
4	Stern	1092736	0.0000008	0.8741888
5	Fore knee	895104	0.0000008	0.7160832
6	Apron	381056	0.0000008	0.3048448
7	Total Deck Planking	44033670	0.0000007	30.823569
8	Ordinary Planking	0	0.0000008	0
9	Shearstrake Planking	0	0.0000008	0
10	Bilge Planking	0	0.0000008	0
11	Total Hull Plangking	42381180	0.0000008	33.904944
12	Covering Board	1642746	0.0000008	1.3141968
13	Shelf	3366000	0.0000008	2.6928
14	Clamp Strake	4847040	0.0000008	3.877632
15	Dead Wood	1606144	0.0000008	1.2849152
16	Bilge Stringer	2210634	0.0000008	1.7685072
				83.465198

II. Struktur Bangunan Atas Kapal

No	Sub Bagian	Volume (V)	Berat jenis (ρ)	Berat (W)	jumlah
	Wheel House				
1	Gading	270000.00	0.0000008	1.728	8
2	Planking	1765800	0.0000007	1.23606	1
3	Penegar Dinding	371250.00	0.0000008	0.297	11
4	Deck Beam Atas	420000.00	0.0000008	0.336	6
5	Planking Atas	884490.00	0.0000007	0.619143	1
	Owner Suite Room				
1	Gading	675000.00	0.0000008	0.54	34
2	Inner Planking	8223750.00	0.0000007	5.756625	1
3	Penegar Dinding	1237500.00	0.0000008	0.99	35
4	Deck Beam Atas	1969950.00	0.0000008	1.57596	21
5	Planking Atas	4233246.00	0.0000008	3.3865968	1
				16.465385	

III. Struktur Ruang Akomodasi Kapal

No	Sub Bagian	Volume (V)	Berat jenis (ρ)	Berat (W)
1	Inner Planking	16798250	0.0000007	11.758775
2	Penegar Dinding	5175000.00	0.0000008	4.14
				15.898775

Tabel III.3 Tabel perhitungan Titik Berat Lambung kapal layar Pinisi.

I. Struktur Memanjang

No.	Konstruksi	KG	LCG	W x KG	W x LCG
		[m]	[m]	[ton.m]	[ton.m]
1	Keel	-0.2457	16.650	-0.7726	52.3595
2	Keelson	0.7970	19.495	1.3414	32.8127
3	Stem	4.0041	35.212	4.3074	37.8790
4	Stern	3.4511	4.988	3.0169	4.3601
5	Fore Knee	0.5502	30.235	0.3940	21.6511
6	Apron	3.8365	34.578	1.1695	10.5410
7	Total Deck Planking	3.6304	18.770	111.9013	578.5529
8	Ordinary Planking			0.0000	0.0000
9	Shearstrake Planking			0.0000	0.0000
10	Bilge Planking			0.0000	0.0000
11	Total Hull Planking	2.9747	18.666	100.8559	632.8859

12	Covering Board	5.150	18.280	6.7681	24.0235
13	Shelf	5.3123	16.185	14.3050	43.5825
14	Clamp Strake	5.3123	16.185	20.5993	62.7588
15	Dead Wood	0.7209	8.850	0.9263	11.3715
16	Bilge Stringer	2.2649	19.691	4.0055	34.8242
		3.2207	18.542	268.8180	1547.6027

II. Struktur Bangunan Atas

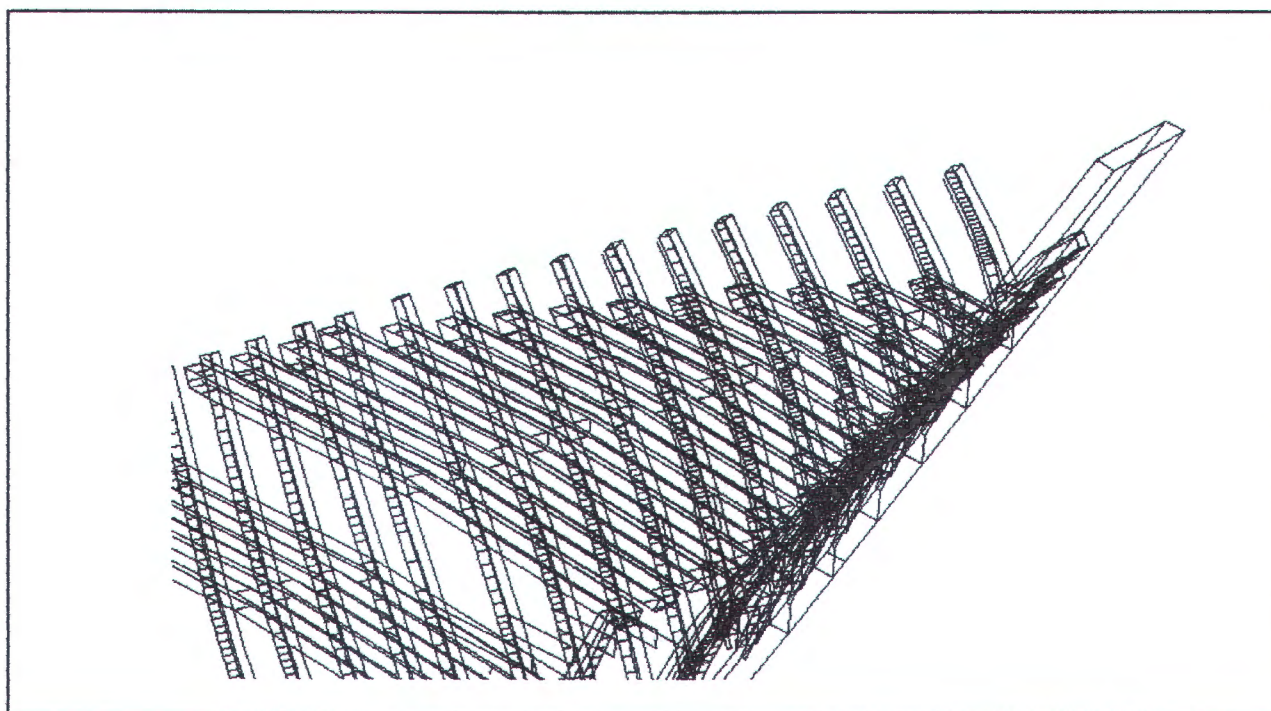
No.	Konstruksi	KG	LCG	W x KG	W x LCG
		[m]	[m]	[ton.m]	[ton.m]
	Wheel House				
1	Gading	6.42	8.05	11.0938	13.9104
2	Planking	6.42	7.97	7.9355	9.8514
3	Penegar Dinding	6.42	7.79	1.9067	2.3136
4	Deck Beam Atap	7.60	7.59	2.5536	2.5497
5	Planking Atap	7.75	7.72	4.7984	4.7768
	Owner Suite Room				
1	Gading	5.90	22.25	3.1860	12.0132
2	Inner Planking	5.90	21.97	33.9641	126.4719
3	Penegar Dinding	5.90	21.67	5.8410	21.4484
4	Deck Beam Atap	7.35	21.61	11.5833	34.0524
5	Planking Atap	7.35	21.62	24.8915	73.2128
		6.5443	18.257	107.7538	300.6006

III. Struktur Ruang Akomodasi

No.	Konstruksi	KG	LCG	W x KG	W x LCG
		[m]	[m]	[ton.m]	[ton.m]
1	Inner Planking	3.30	18.96	38.8040	222.9734
2	Penegar Dinding	3.30	18.51	13.6620	76.6302
		3.3000	18.844	52.4660	299.6036

Dari hasil perhitungan perencanaan gading kapal kayu tradisional tersebut, maka dapat di gambarkan dalam bentuk tiga dimensi yang selanjutnya dari gambar yang ada dilanjutkan dengan perhitungan luas gading dari setiap bagian komponen konstruksi kapal yang di rencanakan.

Gambar III.5 Tampilan 3 – D Penegar Kapal Layar Pinisi



Perhitungan Berat dan Titik Berat Kulit Lambung

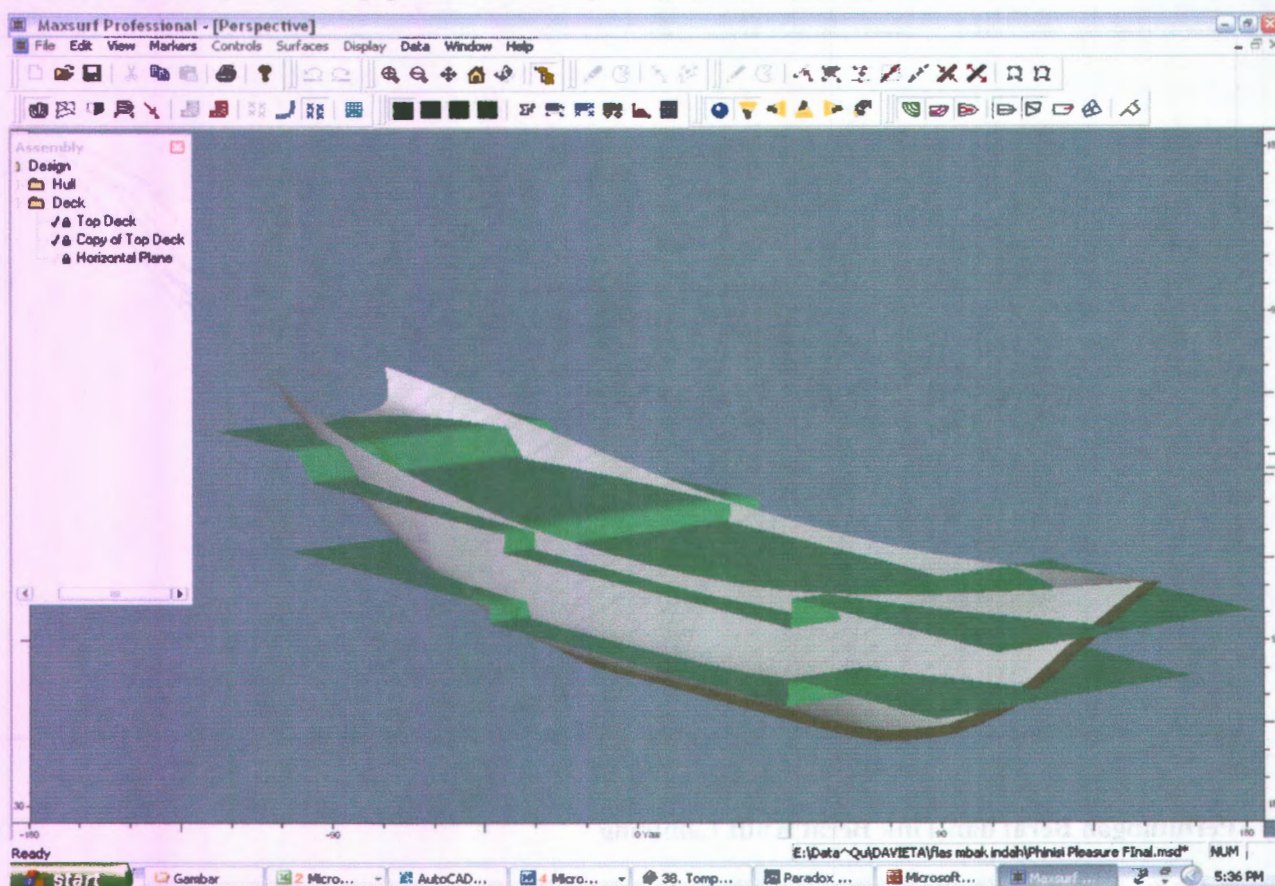
Tabel III.4 Tabel perhitungan Berat dan Titik Berat Kulit Lambung kapal layar Pinisi.

	Area	W	LCG	KG	W x LCG	W x KG
Hull Mid	303.477	21.85034	20.185	2.197	441.04919	48.005206
Hull Fore	60.404	4.349088	33.45	4.397	145.47699	19.12294
Hull Aft	93.861	6.757992	6.64	4.073	44.873067	27.525301
Hull CanPart	13.16	0.94752	1.569	6.546	1.4866589	6.2024659
	470.902	33.905	18.666	2.975	632.886	100.856

Tabel III.5 Tabel perhitungan Berat dan Titik Berat Kulit Geladak kapal layar Pinisi.

	Area	W	LCG	KG	W x LCG	W x KG
bottom floor	52.601	3.313863	19.334	0.4	64.070227	1.3255452
Middle deck	171.516	10.80551	19.32	2.275	208.76241	24.582531
Top Deck	265.146	16.7042	18.302	5.148	305.72023	85.993211
	489.263	30.824	18.770	3.630	578.553	111.901

Gambar III.6 Tampilan 3 – D papan kulit lambung dan geladak Kapal Layar Pinisi



Tabel III.6 Rekapitulasi Tabel perhitungan Berat dan Titik Berat kapal layar Pinisi.

Sub Bagian	Berat [ton]	KG [m]	LCG [m]	W x KG [ton.m]	W x LCG [ton.m]
Konstruksi Melintang	39.036	3.133	18.434	122.283	719.602
Konstruksi Memanjang	83.465	3.221	18.542	268.818	1547.603
Konstruksi Bangunan Atas	32.364	4.951	18.545	160.220	600.204
Total	154.865	3.560	18.515	551.320	2867.409

Berat Konstruksi : 154.865 Ton = $154.865 \times 0.8 = 193.5817399 \text{ m}^3$

KG : 3.560 m

LCG : 18.515 m

III.4 Berat dan Titik Berat Muatan Kapal (DWT)

III.4.1. Volume ruang kapal

- Ruangan pada kapal pinisi yang dipakai sebagai ruang akomodasi bagi anak buah kapal dan para penumpang yaitu ruangan yang, untuk ruang akomodasi ABK terbagi 3 (tiga) yaitu ruang akomodasi I dengan kapasitas 2 orang terletak antara gading 37 sampai gading nomor 43, ruang akomodasi II dengan kapasitas 1 orang terletak antara gading nomor 43 sampai gading nomor 50, sedangkan ruang akomodasi III dengan kapasitas 2 (dua) orang yaitu terletak di antara gading nomor 50 sampai dengan gading nomor 55. sedangkan untuk ruang akomodasi para penumpang disiapkan 3 (tiga) ruangan yang masing – masing kamarnya diisi oleh dua orang,

Dengan menggunakan Metode simpson maka dapat dihitung volume ruang muat yang ada pada kapal.

III.4.2 Perhitungan Berat dan titik berat Anak buah kapal

Jumlah Anak Buah kapal ini adalah sebanyak 8 (delapan) orang antara lain yaitu :

Nakhoda : 1 Orang

Kepala kamar mesin (KKM) : 1 Orang

ABK Dek : 6 Orang

Berat kru kapal rata – rata adalah 75 kg, maka total berat anak buah kapal yaitu 600 kg Tinggi ABK rata – rata adalah 180 meter

Maka titik berat kru kapal adalah :

LCG_{crew} : Asumsi berat crew merata diseluruh kapal sehingga $LCG_{crew} = 0$

VCG : Asumsi crew kapal berada setinggi geladak ditambah letak gaya berat setiap ABK yaitu :

$$\begin{aligned} VCG &= H + [h_{orang}/2] \\ &= 2.4 + [180/2] \\ &= 2.4 + 0.9 \\ &= 2.6 \text{ meter} \end{aligned}$$

BAB IV PERENCANAAN KAPAL KAYU DENGAN KONSTRUKSI ALUMINIUM

IV.1 Perhitungan Konstruksi Gading aluminium.

Dalam penentuan ukuran konstruksi kapal berbahan aluminium ini digunakan suatu indeks yaitu angka penunjuk (*scantling number*) kapal yaitu :

IV.1.1 Perhitungan Scantling Number

$$Sn = \frac{[Lo \times B \times H]}{28.32} \quad (\text{metric})$$

$$\text{Koreksi L yaitu : } \frac{Lo}{Lwl} < 1.08$$

$$\text{Dimana } \frac{Lo}{Lwl} = \frac{44}{28.3} \\ = 1.55 > 1.08, \text{ maka :}$$

$$Loa' = \frac{Lo + Lwl}{2} \\ = \frac{44 + 28.3}{2} \\ = 36.15 \text{ m}$$

$$Sn = \frac{36.15 \times 8.5 \times 4.55}{28.32} \\ Sn = 49.37$$

Formula 17 (Dave gerr)

- a. Jarak gading maksimum dengan kekuatan memeanjang

$$a = 259 \times Sn^{0.24}$$

$$a = 25.9 \times 49.37^{0.24}$$

$$a = 660.3$$

Hal ini dapat dikurangi dengan 1% untuk setiap kecepatan diatas 15 knot

IV.1.2. Perhitungan konstruksi Bottom

- b. Ukuran Tinggi gading alas web

$$h = 31.24 \times Sn^{0.46}$$

$$h = 31.24 \times 49.37^{0.46}$$

$$h = 187.8 \text{ mm}$$

- c. Tebal gading alas web

$$t_b = 5.84 \times Sn^{0.21}$$

$$t_b = 5.84 \times 49.37^{0.21}$$

$$t_b = 13.2 \text{ mm}$$

- d. lebar flens pada gading alas web



$$l_f = 23.26 \times S_n^{0.46}$$

$$l_f = 23.26 \times 49.37^{0.46}$$

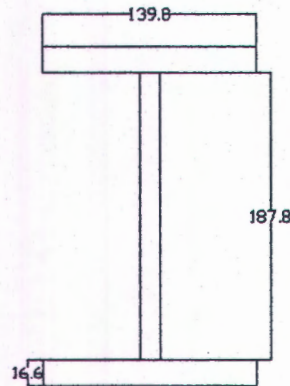
$$l_f = 139.8 \text{ mm}$$

Tebal flens

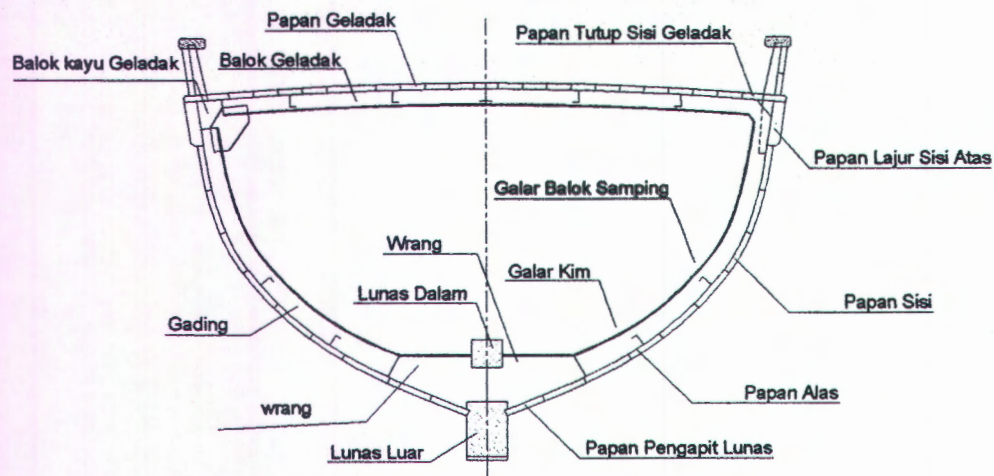
$$t_f = 1.25 \times \text{tebal web}$$

$$t_f = 1.25 \times 13.2$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$



Gambar IV.1 : penampang profil pelintang sisi konstiksi gading bawah aluminium



Gambar IV.2 : penampang melintang konstiksi gading bawah aluminium

IV.1.3. Perhitungan konstruksi Gading

- e. tinggi gading biasa pada bilga

$$h_1 = 0.85 \times \text{tinggi gading alas web.}$$

$$h_1 = 0.85 \times 187.8$$

$$h_1 = 159.6 \text{ mm}$$

- f. tinggi gading biasa pada bagian sheer

$$h_2 = 0.70 \times \text{tinggi gading alas web}$$

$$h_2 = 0.70 \times 187.8$$

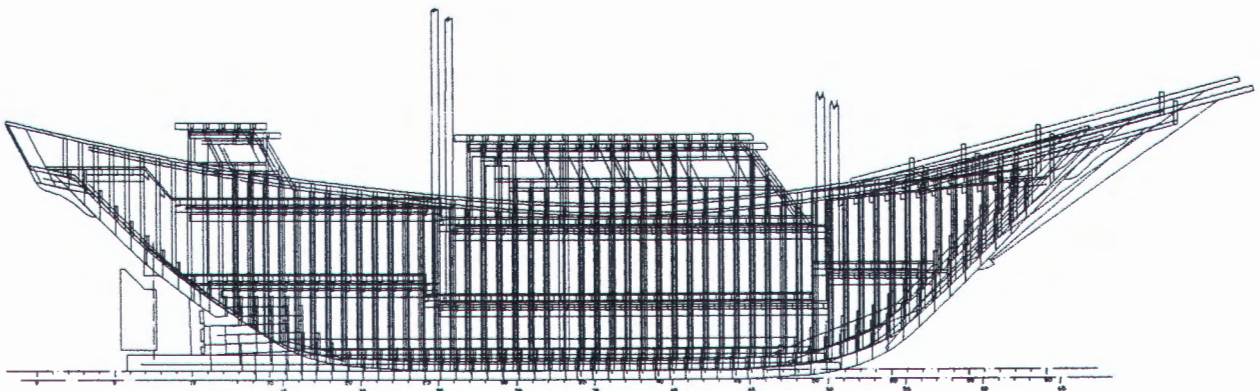
$$h_2 = 131.46 \text{ mm}$$

IV.1.4 Perhitungan konstruksi Deck beam

- g. Tinggi Deck beam
 $h_3 = 26.67 \times Sn^{0.36}$
 $h_3 = 26.67 \times 49.37^{0.36}$
 $h_3 = 108.6 \text{ mm}$
- i. Tebal Deck beam
 $t_2 = 1.25 \times \text{tebal web}$
 $t_2 = 1.25 \times 13.2$
 $t_2 = 16.6 \text{ mm}$
- h. Lebar Deck beam
 $l_1 = 0.75 \times \text{tinggi web}$
 $l_1 = 0.75 \times 187.8$
 $l_1 = 140.85 \text{ mm}$
- k. Jarak Stiffener
 $a_s = 101.6 + (\text{tebal pelat} \times 32)$
 $a_2 = 101.6 + (16.6 \times 32)$
 $a_2 = 632.8 \text{ mm}$
- l. Tinggi stiffener
 $h_3 = 0.45 \times \text{tinggi frame}$
 $h_3 = 0.45 \times 159.6$
 $h_3 = 71.82 \text{ mm}$

IV.1.5 Perhitungan konstruksi Cabin

- m. Tebal pelintang sisi = deck beam
 Tebal pelintang sisi = 16.6 mm
- n. Tinggi pelintang sisi = $23.62 \times Sn^{0.36}$
 $= 23.62 \times 49.37^{0.36}$
 $= 96.14$
- o. Tinggi flens pelintang sisi = $1.25 \times \text{tebal web}$
 $= 1.25 \times 13.2$
 $= 16.6 \text{ mm}$
- p. Lebar pelintang sisi = $0.75 \times \text{tinggi web.}$
 $= 0.75 \times 187.8$
 $= 140.85 \text{ mm}$

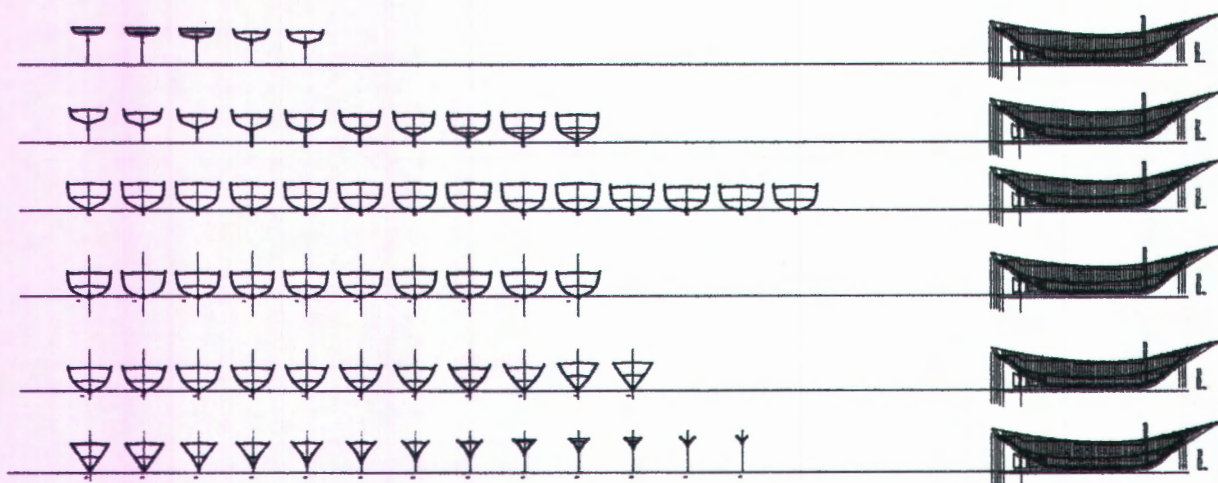


Gambar IV.3 : Rencana pelintang konstruksi gading bawah aluminiu

IV.2 Perhitungan berat konstruksi gading Aluminium

IV.2.1 Berat konstruksi gading

Mass : 5.3481
 Volume : 5.3481
 Bounding box : X: 18.4734 -- 20.2294
 Y: 1.6970 -- 1.9468
 Z: 0.0000 -- 0.1320
 Centroid: X: 23.0554
 Y: 11.2779
 Z: 0.0660
 Moments of inertia: X: 41.9440
 Y: 175.0427
 Z: 216.9829
 Products of inertia: XY: 84.1883
 YZ: 0.2410
 ZX: 0.4927
 Radii of gyration: X: 11.3818
 Y: 23.2513
 Z: 25.8874
 Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:
 I: 0.7604 along [1.0000 0.0000 0.0000]
 J: 2.9360 along [0.0000 1.0000 0.0000]
 K: 3.6954 along [0.0000 0.0000 1.0000]

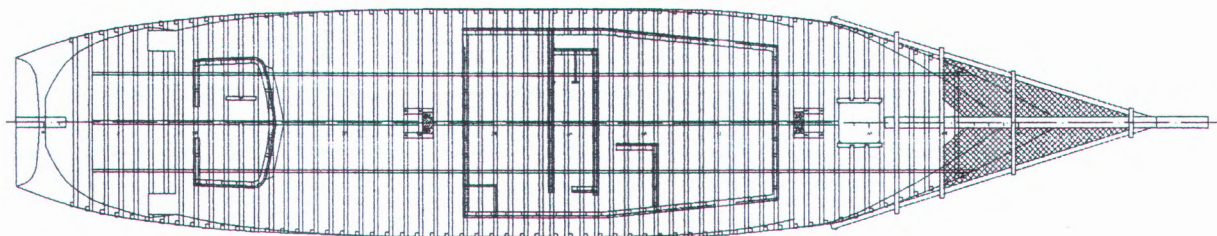


Gambar IV.4 : konstruksi gading gading aluminium

IV.3.2 Berat deck beam dan 2nd deck beam

Mass : 4.1374
 Volume : 4.1374
 Bounding box: X: 36.9732 -- 38.5043
 Y: 6.4103 -- 6.5043
 Z: 0.0000 -- 0.1320
 Centroid: X: 23.0555
 Y: 13.1549
 Z: 0.0660
 Moments of inertia: X: 52.2062
 Y: 160.5629
 Z: 212.7656
 Products of inertia: XY: 90.7070
 YZ: 0.2597
 ZX: 0.4551
 Radii of gyration: X: 13.2121
 Y: 23.1703
 Z: 26.6723
 Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:
 I: 0.4498 along [1.0000 0.0000 0.0000]
 J: 1.5867 along [0.0000 1.0000 0.0000]
 K: 2.0356 along [0.0000 0.0000 1.0000]

MAIN DECK



Gambar IV.5 : konstruksi *deck beam* dan 2nd *deck beam* aluminium

BAB V

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS

V.1. Analisa Berat dan Titik Berat Kapal.

VI.1. Berat dan Titik Berat Kapal Dengan Konstruksi Lambung Kayu

Dari hasil Perhitungan pada bab sebelumnya, maka diperoleh data berikut :

Tabel V.1 Rekapitulasi perhitungan Berat dan Titik Berat kapal Dengan konstruksi kayu.

Sub Bagian	Berat [ton]	KG [m]	LCG [m]	W x KG [ton.m]	W x LCG [ton.m]
Konstruksi Melintang	39.036	3.133	18.434	122.283	719.602
Konstruksi Memanjang	83.465	3.221	18.542	268.818	1547.603
Konstruksi Bangunan Atas	32.364	4.951	18.545	160.220	600.204
Total	154.865	3.560	18.515	551.320	2867.409

Berat Konstruksi : 154.856 Ton
 KG : 3.560 m
 LCG : 18.515 m

VI.2. Berat dan Titik Berat Kapal Dengan Konstruksi Lambung Aluminium.

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan rumusan Dave Gerr untuk konstruksi gading, bottom, penegar dll. Maka akan didapatkan ketebalan, tinggi profil, yang selanjutnya akan diolah untuk memperhitungkan berat dan titik berat konstruksi kapal yang menggunakan material aluminium. Seperti yang di jelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel V.2 Rekapitulasi perhitungan Berat dan Titik Berat kapal Dengan konstruksi aluminium.

	Berat [ton]	KG [m]	LCG [m]	W x KG [ton.m]	W x LCG [ton.m]
Konstruksi Melintang	1.061	3.262	18.616	3.460	19.746
Konstruksi Memanjang	83.465	3.221	18.542	268.818	1547.603
Konstruksi Bangunan Atas	32.364	4.951	18.545	160.220	600.204
Total	116.890	3.700	18.544	432.498	2167.553

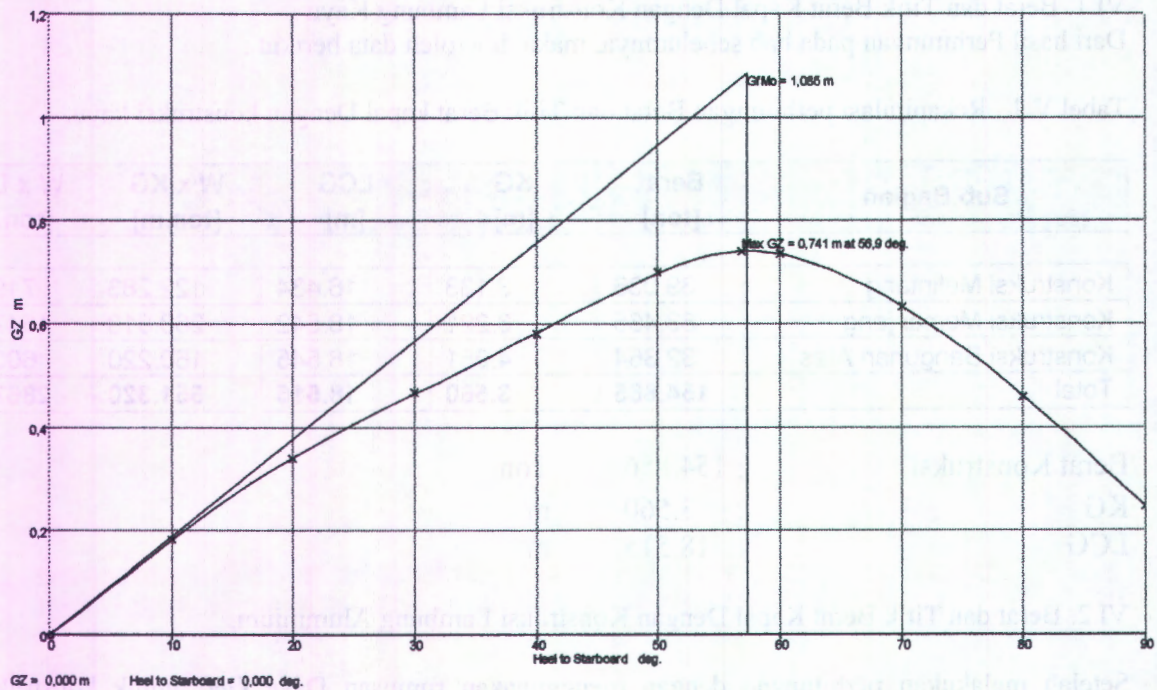
Berat Konstruksi : 116.890 Ton
 KG : 3.700 m
 LCG : 18.544 m

Total LWT kapal dengan konstruksi lambung kayu	= 154.865	kg
Total LWT kapal dengan konstruksi lambung aluminium	= 116.890	kg
Selisih LWT	= 37.975	kg
Persentase Pengurangan LWT	= $[37.975/154.865] \times 100\%$	
	= 24.5 %	

V.2. Pemeriksaan Stabilitas

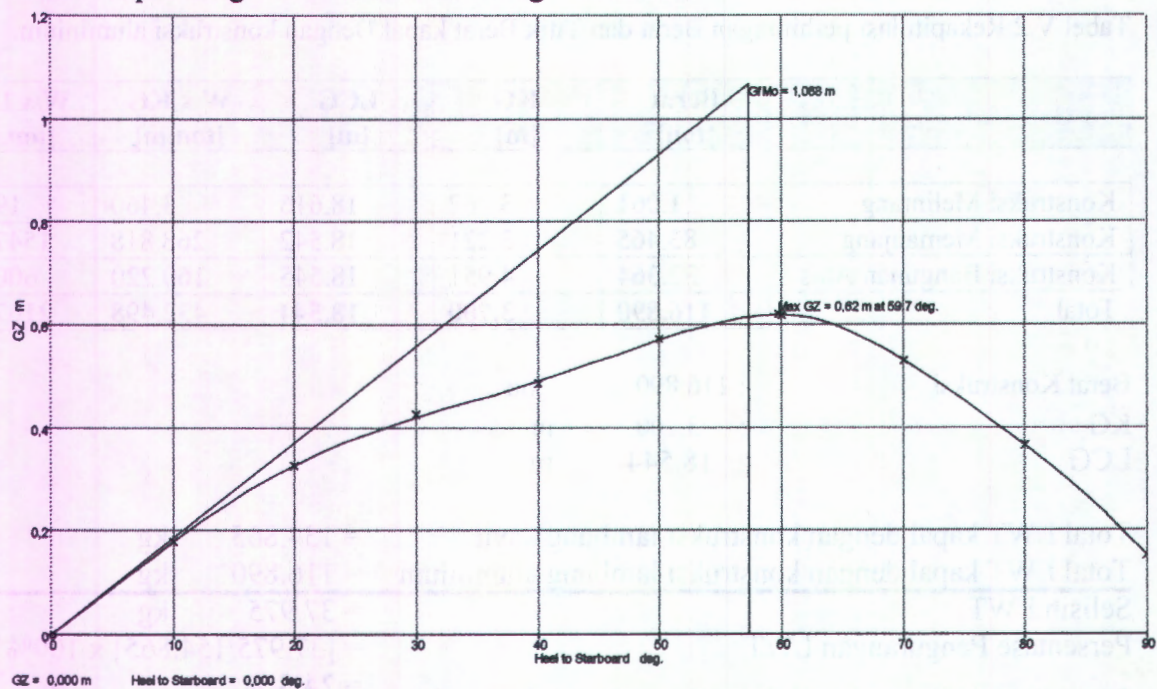
V.2.1 Kondisi kapal 0 % (kosong)

V.2.1.1 Kapal dengan Konstruksi lambung kayu



Grafik V.1 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 0% (kosong)

V.2.2 Kapal dengan Konstruksi lambung Aluminium



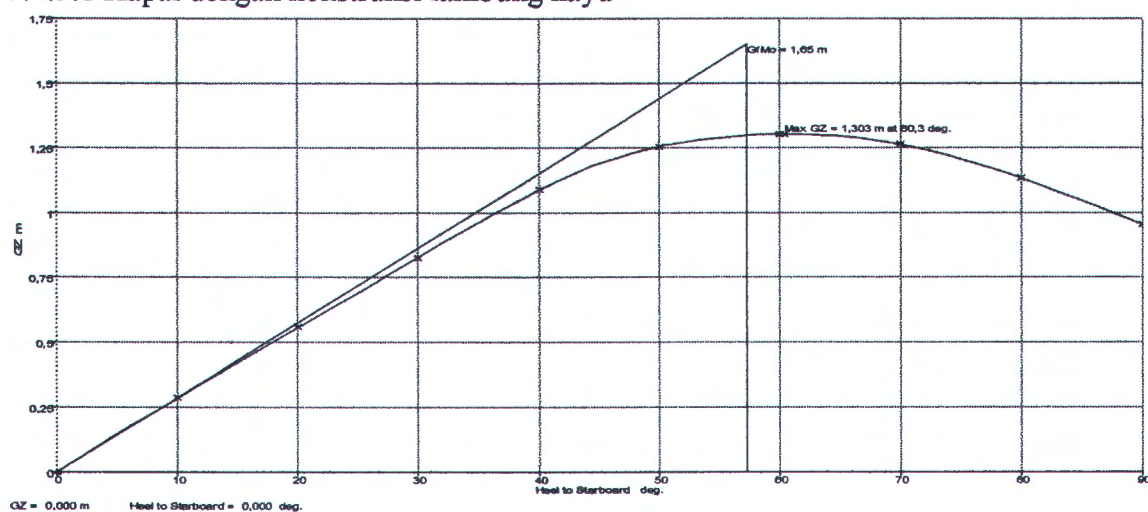
Grafik V.2 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung aluminium pada kondisi 0% (kosong)

Tabel V.3: Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal 0% (kosong)

	IMO	Kapal dengan Konstruksi lambung kayu		Kapal dengan Konstruksi lambung Alu.	
		Aktual	Status	Aktual	Status
Area 0. to 30.	3.151	10.923	pass	7.283	pass
Area 0. to 40.	5.157	18.615	pass	11.839	pass
Area 30. to 40.	1.719	7.692	pass	4.556	pass
GZ at 30. or greater	0.2	1.105	pass	0.620	pass
Angle of GZ max	25	56.9	pass	59.7	pass
GM	0.15	1.085	pass	1.068	pass

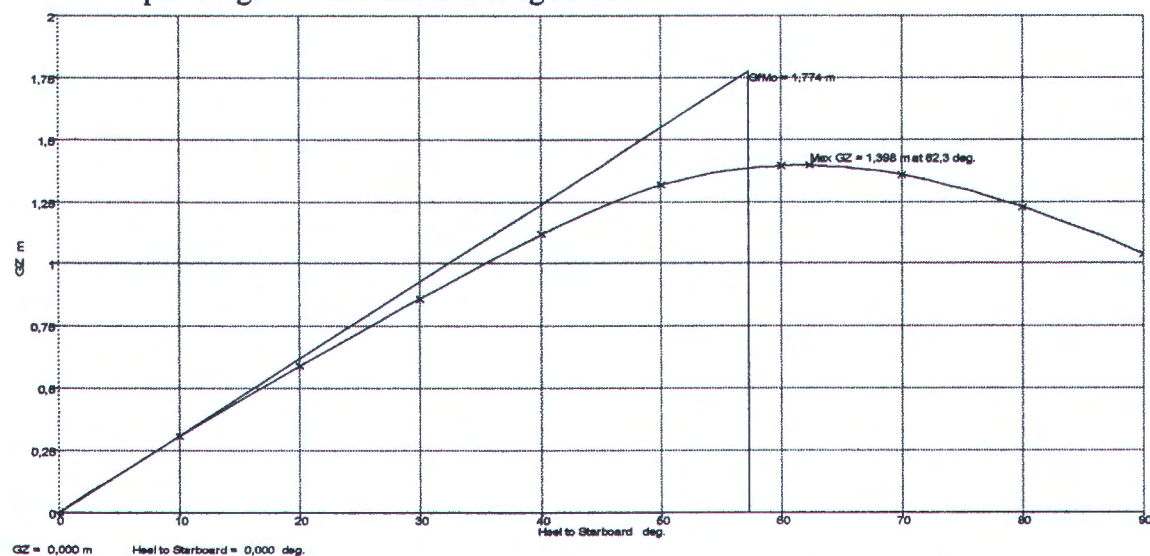
V.2.3 Kondisi kapal berangkat

V.2.3.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu



Grafik V.3 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi berangkat

V.2.3.2 Kapal dengan konstruksi lambung Aluminium



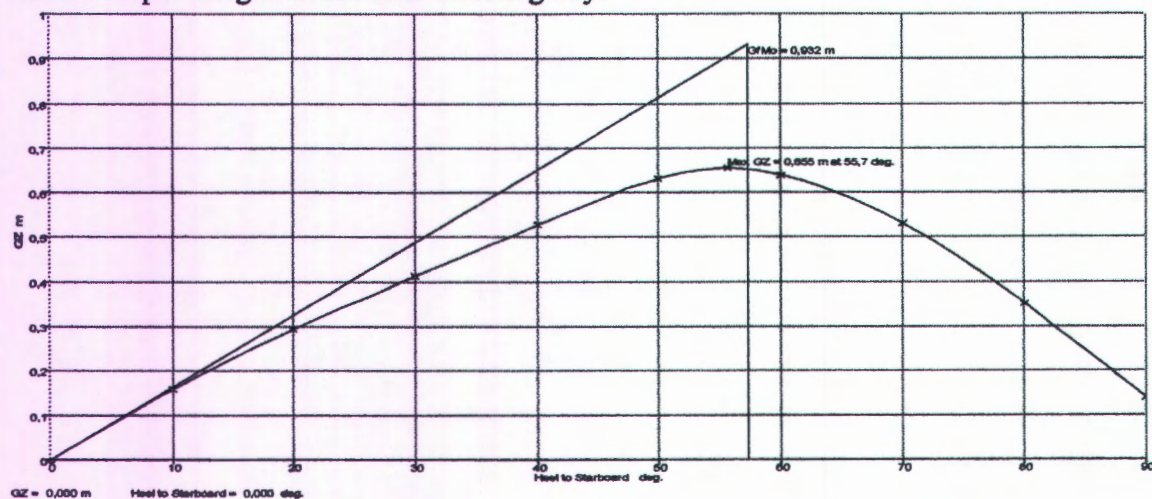
Grafik V.4 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung aluminium pada kondisi berangkat

Tabel V.4 : Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal Berangkat

	IMO	Kapal dengan Konstruksi lambung kayu		Kapal dengan Konstruksi lambung Alu	
		Aktual	Status	Aktual	Status
Area 0. to 30.	3.151	13.623	pass	7.283	pass
Area 0. to 40.	5.157	23.987	pass	11.839	pass
Area 30. to 40.	1.719	10.364	pass	4.556	pass
GZ at 30. or greater	0.2	1.311	pass	0.620	pass
Angle of GZ max	25	60.3	pass	62.3	pass
GM	0.15	1.650	pass	1.774	pass

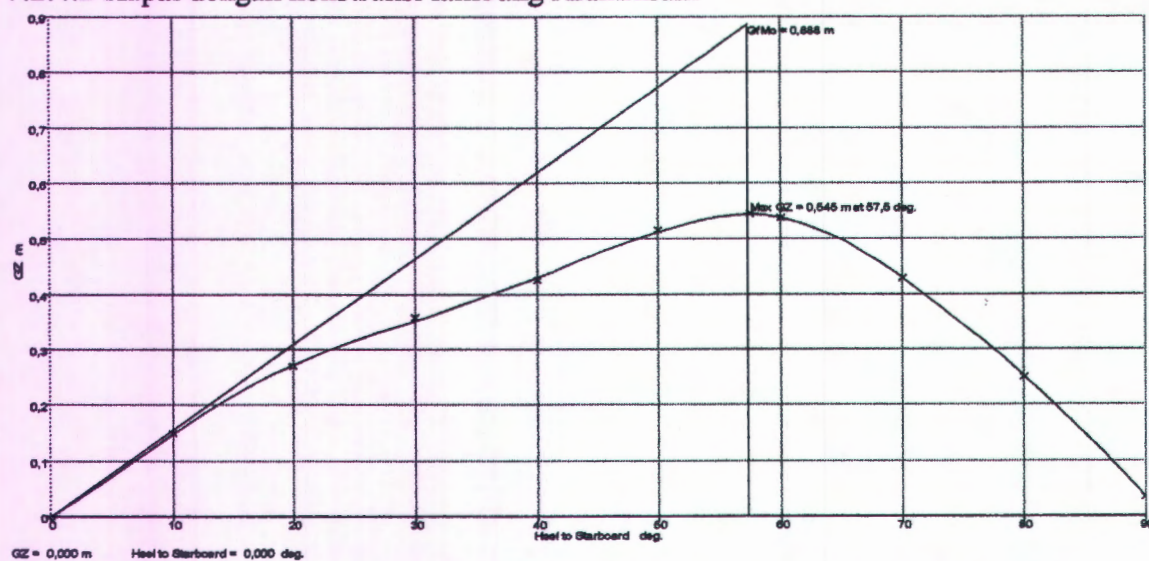
V.2.4 Kondisi kapal 25 %

V.2.4.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu



Grafik V.5 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 25%

V.2.4.2 Kapal dengan konstruksi lambung Aluminium



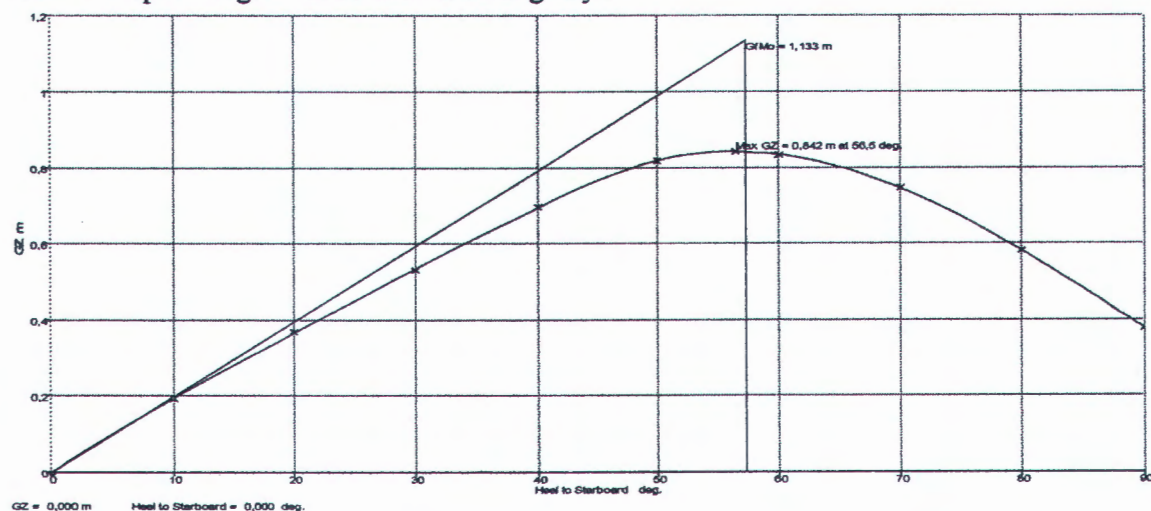
Grafik V.6 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung aluminium pada kondisi 25%

Tabel V.5 : Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal 25 %

	IMO	Kapal dengan Konstruksi lambung kayu		Kapal dengan Konstruksi lambung Alu.	
		Aktual	Status	Aktual	Status
Area 0. to 30.	3.151	11.939	pass	7.283	pass
Area 0. to 40.	5.157	20.586	pass	11.839	pass
Area 30. to 40.	1.719	8.646	pass	4.556	pass
GZ at 30. or greater	0.2	1.24	pass	0.620	pass
Angle of GZ max	25	55.7	pass	57.5	pass
GM	0.15	0.932	pass	0.888	pass

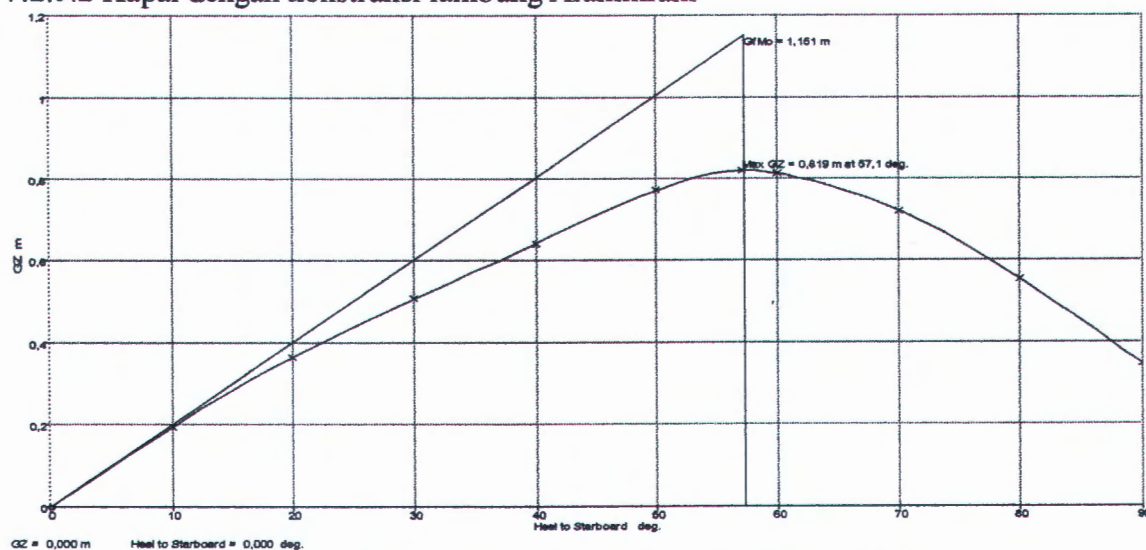
V.2.5 Kondisi kapal 50 %

V.2.5.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu



Grafik V.7 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung kayu pada kondisi 50%

V.2.5.2 Kapal dengan konstruksi lambung Aluminium



Grafik V.8 : Lengan stabilitas kapal Konstruksi lambung aluminium pada kondisi 50%

Tabel V.6 : Karakteristik Stabilitas kapal pada kondisi kapal 50 %

	IMO	Kapal dengan Konstruksi lambung kayu		Kapal dengan Konstruksi lambung Alu	
		Aktual	Status	Aktual	Status
Area 0. to 30.	3.151	12.785	pass	7.283	pass
Area 0. to 40.	5.157	22.237	pass	11.839	pass
Area 30. to 40.	1.719	9.452	pass	4.556	pass
GZ at 30. or greater	0.2	1.342	pass	0.620	pass
Angle of GZ max	25	56.5	pass	57.1	pass
GM	0.15	1.133	pass	1.151	pass

V.3 Analisa Periode Oleng

V.3.1 Kondisi Kapal Kosong

V.3.1.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu

$$T = \frac{B.f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 * 0.80}{\sqrt{1.085}}$$

$$T = 6.53 \text{ detik}$$

V.3.1.2 Kapal dengan konstruksi lambung aluminium

$$T = \frac{B.f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 * 0.80}{\sqrt{1.068}}$$

$$T = 6.58 \text{ detik}$$

V.3.2 Kondisi kapal berangkat

V.3.2.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu

$$T = \frac{B.f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 * 0.80}{\sqrt{1.650}}$$

$$T = 5.29 \text{ detik}$$

V.3.2.2 Kapal dengan konstruksi lambung aluminium

$$T = \frac{B.f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 * 0.80}{\sqrt{1.774}}$$

$$T = 5.12 \text{ detik}$$

V.3.3 Kondisi kapal 25%

V.3.3.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu

$$T = \frac{B.f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 * 0.80}{\sqrt{0.932}}$$

$$T = 7.04 \text{ detik}$$

V.5.3.2 Kapal dengan konstruksi lambung aluminium

$$T = \frac{B.f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 * 0.80}{\sqrt{0.888}}$$

$$T = 7.22 \text{ detik}$$

V.3.4 Kondisi kapal 50 %

V.3.4.1 Kapal dengan konstruksi lambung kayu

$$T = \frac{B.f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 * 0.80}{\sqrt{1.133}}$$

$$T = 6.39 \text{ detik}$$

V.3.4.2 Kapal dengan konstruksi lambung aluminium

$$T = \frac{B \cdot f}{\sqrt{MG}} \quad f \sim 0.80 \quad : \text{Kapal kayu laut dalam}$$

$$T = \frac{8.5 \cdot 0.80}{\sqrt{1.151}}$$

$$T = 6.34 \text{ detik}$$

V.4 Analisa Sifat Material

V.4.1 Sifat Mekanis Material

Sebagai perbandingan dari sifat material antara kayu (merbau dan aluminium, berikut data perbandingan sifat material kedua jenis material yaitu :

Tabel V.7. Tabel material

Material	Kekuatan Tarik (σ_t)	Kekuatan Geser (σ_b)	Modulus Elastisitas (E)	Berat Jenis (γ)
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ³
Aluminium	2660	2660	700000	2700
Kayu Merbau	655	655	82427	800

- Perbandingan kekuatan tarik terhadap berat jenis :
 - Kayu merbau : $\sigma / \gamma = 557$
 - Aluminium : $\sigma / \gamma = 1011$
- Perbandingan Kekuatan bending terhadap berat jenis :
 - Kayu merbau : $\sigma / \gamma = 12900$
 - Aluminium : $\sigma / \gamma = 5410$
- Perbandingan modulus elastisita terhadap terhadap berat jenis (kekuatan) :
 - Kayu merbau : $\sigma / \gamma = 1920000$
 - Aluminium : $\sigma / \gamma = 361000$

V.4.2 Sifat fisika Material

V.4.2.1 Sifat fisis material kayu

Sifat fisik dari kedua jenis material ini yaitu :

Kayu merbau :

- Merupakan kayu kelas I – II yang pada kondisi terbuka terhadap angin dan cuaca mampu bertahan antara 15 – 20 tahun.

- b. Memiliki efek biologis yang berpengaruh terhadap struktur pembentukan kayu sehingga kemungkinan akan terserang oleh organisme biologis lain sangat besar (rayap).
- c. Merupakan penghantar panas yang buruk (isolator)

V.4.2.2 Klasifikasi Alumunium

Aluminium Merupakan Jenis logam yang tidak terpengaruh oleh efek biologis Memiliki sifat penghantar panas yang baik (konduktor).

Paduan aluminium ialah paduan dari aluminium dengan satu atau lebih unsur yang lain. Unsur paduan yang terpenting adalah silisium, magnesium dan tembaga. Massa jenis dari paduan aluminium ialah kira-kira $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan massa jenis dari paduan magnesium kira-kira $1,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Berhubung dengan alasan ini, bahan tersebut pada umumnya digunakan dalam industri kapal terbang, industri perkapalan, dan dalam teknik mobil dan pembangunan karoseri.

Paduan aluminium dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara, yaitu berdasarkan pembuatan, dengan klasifikasi paduan cord dan paduan tempa, berdasarkan perlakuan panas dengan klasifikasi, dapat dan tidak dapat diperlakukan panaskan dan cara ketiga yang berdasarkan unsur-unsur paduan. Berdasarkan klasifikasi ketiga ini aluminium dibagi dalam tujuh jenis Al-Cu, jenis Al-Mn, jenis Al-Si, jenis Al-Mg, jenis Al-Mg-Si dan jenis Al-Zn.

Berdasarkan sifat mampu lasnya aluminium dan paduannya dapat dibagi dalam lima kelompok yaitu:

1. jenis aluminium murni teknik dan jenis aluminium paduan Al-Mn.
2. jenis paduan Al-Mg.
3. jenis paduan Al-Zn-Mg
4. jenis paduan Al-Mg-Si dan
5. jenis paduan Al-Cu dan paduan Al-Zn

Logam dalam kelompok pertama dan kedua mempunyai sifat mampu las yang baik, sedang kelompok kelima hampir tidak mungkin untuk dilas. Kelompok ketiga dan keempat dapat dilas dengan baik asal diikuti dengan proses perlakuan panas kembali. Kelompok ketiga lebih unggul dari kelompok keempat karena dapat mencapai kekuatan semula dengan pengerasan alamiah.

Sifat umum dari beberapa jenis paduan Aluminium adalah :

1. jenis Al-murni teknik (seri 1000)
jenis ini adalah aluminium dengan kemurnian antara 99 % dan 99,9 %. Aluminium dalam seri ini disamping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu las dan mampu potong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang rendah.
2. jenis paduan Al-Cu (seri 2000)
jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diberlakukan-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila

dibanding dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keeling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2024).

3. jenis paduan Al-Mn (seri 3000)
paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga kenaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Bila dibandingkan jenis Al murni paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya. Dalam hal kekuatan jenis paduan ini lebih unggul daripada jenis Al-murni.
4. paduan jenis Al-Si (seri 4000)
paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diberlakukanaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya, maka paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.
5. paduan jenis Al-Mg (seri 5000)
jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diberlakukanaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.
6. paduan jenis Al-Mg Si (seri 6000)
paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diberlakukanaskan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah adanya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.
7. paduan jenis Al-Zn (seri 7000)
paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diberlakukanaskan. Biasanya kedalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50 kg/mm^2 , sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap krosi kurang menguntungkan. Dalam waktu akhir-akhir ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan krosi yang lebih baik daripada paduan dasar Al-Zn. Disamping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena pengerasan alamiah.

Paduan aluminium mempunyai sifat yang kurang baik bila dibanding dengan baja dalam hal pengelasan. Sifat-sifat yang kurang baik atau merugikan tersebut adalah:

1. karena panas jenis dan daya hantar panasnya tinggi maka sukar sekali untuk memanaskan dan mencairkan sebagian kecil saja.
2. paduan aluminium mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 yang mempunyai titik cair tinggi. Karena sifat ini maka peleburan antaralogen dasar dan logam las menjadi terhalang.

3. karena mempunyai koefisien muai yang besar, maka mudah sekali terjadi deformasi sehingga paduan-paduan yang mempunyai sifat getas panas akan cenderung retak panas.
4. karena perbedaan yang tinggi antara kelarutan hydrogen dalam logam cair dan logam padat, maka dalam proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantong-kantong hydrogen.
5. pada alumunium mempunyai berat jenis rendah,, karena itu banyak zat-zat lain yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam. Keadaan ini memudahkan terkandungnya zat-zat yang tidak dikehendaki kedalamnya.
6. karena titik cair dan viskositasnya rendah, maka daerah yang ken apemanasan mudah mencair dan jatuh menetes.

Akhir-akhir ini sifat yang kurang baik tersebut telah dapat diatasi dengan alat dan teknik las yang lebih maju dan dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung selama pengelasan. Dengan kemajuan ini maka sifat mampu las dari paduan alumunium menjadi lebih baik.

V.5. Analisa Ekonomis

Dari hasil perhitungan luasan pada konstruksi kapal di masing – masing gading maka dengan mengalikan dengan ketebalan material yang digunakan maka akan didapatkan volume, dengan mengalikan volume dan massa jenis material maka akan diperoleh hasil berupa berat konstruksi pada saat sudah terbentuk menjadi komponen kapal. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa volume aluminium ternyata lebih kecil dari pada kayu seperti yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel V.8 Berat konstruksi

Jenis Konstruksi	Berat konstruksi	KG	LCG
Kayu	39.036	3.133	18.434
Aluminium	10.61	3.28	18.596

Tabel V.9 Volume kebutuhan kayu dan aluminium untuk konstruksi melintang

Bagian	Volume konstruksi kayu	Volume konstruksi aluminium
floor	4.953	0
Frame	22.837	1.976
Lower deck beam	8.151	0.717
2nd deck beam	12.854	1.131
Total	48.795	3.824

Tabel diatas dipergunakan sebagai dasar perhitungan analisa ekonomis, dengan memperhitungkan kebutuhan berat material konstruksi lambung pada kapal pinisi.

Tabel V.10 Rekapitulasi berat dan titik berat kapal dengan konstruksi lambung kayu.

Sub Bagian	Berat [ton]	KG [m]	LCG [m]	W x KG [ton.m]	W x LCG [ton.m]
Konstruksi Melintang	39.036	3.133	18.434	122.283	719.602
Konstruksi Memanjang	83.465	3.221	18.542	268.818	1547.603
Konstruksi Bangunan Atas	32.364	4.951	18.545	160.220	600.204
Total	154.865	3.560	18.515	551.320	2867.409

Untuk mencari volume kayu dalam meter kubik maka berat kayu harus dikalikan dengan masa jenis kayu tersebut, hal ini dikarenakan penjualan kayu dipasaran menggunakan harga per meter kubik.

Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Volume total melintang} &= 154.865 \text{ ton} \times 0.8 \\ &= 193.58 \sim 194 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Tabel V.11 Rekapitulasi berat dan titik berat kapal dengan konstruksi lambung Aluminium.

	Berat [ton]	KG [m]	LCG [m]	W x KG [ton.m]	W x LCG [ton.m]
Konstruksi Melintang	1.061	3.262	18.616	3.460	19.746
Konstruksi Memanjang	83.465	3.221	18.542	268.818	1547.603
Konstruksi Bangunan Atas	32.364	4.951	18.545	160.220	600.204
	116.890	3.700	18.544	432.498	2167.553

Dari table diatas maka dapat dihitung bahwa :

Total LWT kapal dengan konstruksi lambung kapal berbahan kayu = 154.865 Ton

Total LWT kapal dengan konstruksi lambung kapal berbahan Aluminium = 116.890 Ton

Selisih LWT = 37.975 Ton

$$\begin{aligned}\text{Jadi persentase pengurangan LWT} &= [37.975 / 154.865] \times 100 \% \\ &= 24.521 \%\end{aligned}$$

Perhitungan harga material, dengan rincian harga :

- Harga kayu dengan jenis kayu merbau dipasaran yaitu **Rp 7.000.000 / m³**
- harga aluminium tipe 5083 kualitas *marine use* dipasaran yaitu **Rp 35000 / kg**

1. Biaya Pekerjaan Konstruksi Kayu Kapal Tradisional

Berikut ini adalah rincian biaya pekerjaan konstruksi kapal dengan komponen konstruksi kayu :

Total biaya konstruksi melintang =

Total Biaya Material (Kayu, Paku, Pakal, Lem) = **Rp 2,182,582,500.00**

Lama pekerjaan adalah 240 hari efektif	
Biaya tenaga kerja	= Rp 470,500,000.00
Biaya overhead (80 % dari biaya tenaga kerja)	= Rp 376,400,000.00

Sub total	= Rp 3,029,482,500.00
-----------	-----------------------

Profit Galangan 10 %	= Rp 302,948,250.00
----------------------	---------------------

Grand total	= Rp 3,332,430,750.00
--------------------	------------------------------

Jadi harga untuk pembuatan lambung kapal dengan material konstruksi lambung kayu adalah sebesar :

	= Rp 3,332,430,750.00
--	-----------------------

(Sumber : National Ship Design & Engineering Center)

2. Biaya Pekerjaan Konstruksi aluminium Kapal Tradisional

Berikut ini adalah rincian biaya pekerjaan konstruksi kapal dengan komponen konstruksi aluminium :

Total biaya konstruksi melintang	= Rp 8,182,300.00
Total Biaya Material (Kayu, Paku, Pakal, Lem)	= Rp 819,173,740.00
Lama pekerjaan adalah 240 hari efektif	
Biaya tenaga kerja	= Rp 818,500,000.00

Biaya overhead (80 % dari biaya tenaga kerja)	= Rp 654,800,000.00
---	---------------------

Sub total	= Rp 2,300,656,040.00
-----------	-----------------------

Profit Galangan 10 %	= Rp 230,065,604.00
----------------------	---------------------

Grand total	= Rp 2,530,721,644.00
--------------------	------------------------------

Jadi harga untuk pembuatan lambung kapal dengan material konstruksi lambung kayu adalah sebesar :

	= Rp 2,530,721,644.00
--	-----------------------

Selisih biaya pembangunan kapal dengan dua jenis material konstruksi adalah :

	= Rp 3,332,430,750.00
	= Rp 2,530,721,644.00

	= Rp 801,709,106.00
--	---------------------

BAB VI PEMBAHASAN

Dalam Rangka untuk mengetahui kelayakan komponen konstruksi (*gading, floor, deck beam*) antara yang berbahan kayu dan aluminium, maka dilakukan peninjauan dari beberapa aspek yang berpengaruh baik secara teknis maupun ekonomis. Oleh karena itu berikut ini akan dibahas setiap aspek – aspek yang berpengaruh tersebut yaitu :

VI.1. Tinjauan Berat Konstruksi

Dari hasil perhitungan telah menunjukkna bahwa berat komponen konstruksi kayu dan aluminium mengalami perbedaan berat konstruksi yang cukup signifikan pada kapal phinisi ini. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil perhitungan berat komponen konstruksi yang berbahan kayu dan aluminium yang dipasang pada lambung kapal yang sama. Berikut ini adalah perbedaan berat konstruksi antara kedua bangunan atas yaitu :

1. konstruksi (*gading, floor, deck beam*) kayu yang merupakan desain konstruksi awal memiliki berat konstruksi sebesar **39036 kg** dengan posisi titik berat terhadap sumbu tengah kapal (LCG) adalah **18.434 meter** ke arah depan kapal dan posisi terhadap sumbu lunas (VCG) adalah **(3.133 meter)**
2. Konstruksi (*gading, floor, deck beam*) aluminium yang merupakan perencanaan baru memiliki konstruksi sebesar **1061 kg** dengan posisi titik berat terhadap sumbu tengah kapal (LCG) adalah **18.616 meter** ke arah depan kapal dan posisi terhadap sumbu lunas (VCG) adalah **3.262 meter**.

Dengan adanya perbedaan berat konstruksi ini, maka apabila digabungkan dengan lambung kapal kayu berikut instalasinya yang memiliki data berat sebesar **154865 kg** dan posisi titik berat sumbu tengah kapal (LCG) adalah **18.515 meter** dan VCG yaitu **3.560 meter**, maka total berat dan resultan titik berat kapal akan menjadi :

1. Berat kapal kosong (LWT) keseluruhan dengan konstruksi lambung kayu adalah **154865 kg** dan posisi titik beratnya menjadi **18.515 meter** pada LCG dan **3.560 meter** untuk VCG.
2. Berat kapal kosong (LWT) keseluruhan dengan konstruksi lambung aluminium adalah menjadi **116690 kg** dan posisi titik beratnya menjadi **18.544 meter** pada LCG dan **3.700 meter** untuk VCG.

Berdasarkan gambaran angka – angka diatas maka antara kapal dengan konstruksi lambung kayu dan kapal dengan konstruksi lambung aluminium terdapat selisih berat sebesar **37975 kg** atau mengalami pengurangan berat kapal sebesar **24.52 %**. Selain itu diantara kedua kapal tersebut terjadi penurunan titik berat keseluruhan (titik G) sejauh **0.140 meter**.

VI.2. Tinjauan Stabilitas Kapal

Dari kedua jenis konstruksi lambung kapal tersebut juga memberikan performa yang berbeda dalam hal kestabilan kapal, antara lain :

- Luasan kurva stabilitas pada sudut $0 - 30^\circ$, $0 - 40^\circ$ dan luasan pada sudut $30^\circ - 40^\circ$ untuk kapal dengan konstruksi lambung aluminium adalah lebih kecil dibanding luasan kurva stabilitas yang dimiliki oleh kapal dengan konstruksi lambung kayu. Hal ini menggambarkan bahwa energi potensial untuk mengembalikan kapal pada posisi semula pada kapal dengan konstruksi lambung aluminium adalah lebih kecil dibandingkan dengan kapal yang menggunakan konstruksi lambung kayu pada kondisi yang sama pula (stabilitas dinamis).

- Terlihat bahwa lengan stabilitas statis (GZ) yang terjadi pada kapal dengan konstruksi lambung aluminium cenderung lebih kecil dari pada lengan stabilitas yang terjadi pada kapal dengan konstruksi lambung kayu untuk segala kondisi pemuatan. Hal ini berakibat bahwa momen pengembali pada kapal dengan konstruksi lambung aluminium adalah lebih kecil dibandingkan dengan momen yang terjadi pada kapal dengan konstruksi lambung kayu pada kondisi yang sama.
- Sudut yang terbentuk ketika terjadi momen maksimum (GZ max) pada kapal dengan konstruksi lambung aluminium adalah lebih kecil dibandingkan sudut yang terjadi pada kapal dengan konstruksi lambung kayu.

VI.3. Tinjauan Aspek Material

Dari Dari segi kekuatan material terlihat bahwa penggunaan bahan aluminium sebagai konstruksi lambung memiliki sifat – sifat material yang lebih yang lebih baik dibandingkan dengan sifat yang dimiliki oleh kayu (merbau) sebagai material konstruksi lambung. Hal ini terlihat dari hasil uji kekuatan tarik, kekuatan bending dan modulus elastisitas material yang dimiliki aluminium jauh lebih besar dari kekuatan material yang dimiliki oleh kayu (merbau) yaitu :

1. Perbandingan kekuatan tarik terhadap berat jenis :
 - a. Kayu merbau : $\sigma / \gamma = 557$
 - b. Aluminium : $\sigma / \gamma = 1011$
2. Perbandingan Kekuatan bending terhadap berat jenis :
 - a. Kayu merbau : $\sigma / \gamma = 12900$
 - b. Aluminium : $\sigma / \gamma = 5410$
3. Perbandingan modulus elastisita terhadap terhadap berat jenis (kekuatan) :
 - a. Kayu merbau : $\sigma / \gamma = 1920000$
 - b. Aluminium : $\sigma / \gamma = 361000$

Selain itu perbandingan kekuatan terhadap berat (*strength to weight ratio*) yang dimiliki aluminium terlihat relative lebih kecil dibandingkan dengan angka yang dimiliki oleh kayu. Hal ini memberikan gambaran bahwa material aluminium hanya membutuhkan volume material yang lebih kecil dibanding kayu apabila menerima suatu beban yang besarnya sama.

VI.4. Tinjauan Ekonomis

1. Harga untuk pembuatan konstruksi lambung kayu pada kapal pinisi ini hampir 1.5 x lebih mahal yaitu sebesar **Rp 3.332.430.750**, dari biaya pembuatan bangunan konstruksi lambung aluminium. Sedangkan biaya pembuatan konstruksi lambung aluminium dengan ukuran yang sama hanya menghabiskan biaya sebesar **Rp 2,530,721,644.00**. jadi penggunaan material aluminium pada konstruksi kapal kayu dapat menghemat biaya produksi suatu kapal tradisional sebesar 24 % dari biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal kayu dengan tipe dan ukuran yang sama seperti yang pada penelitian ini.

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Dengan penggunaan aluminium sebagai material alternatif pembuatan konstruksi lambung kapal kayu ini dapat memperbaiki stabilitas kapal karena MG kapal yang terjadi secara umum menjadi lebih kecil yaitu dari posisi 1.085 meter menjadi 1.068 meter (pada kondisi kapal kosong). Lengan stabilitas (GZ) pada sudut oleng maksimum kapal secara umum menjadi lebih besar pula yaitu dari 56.9 meter menjadi 59.7 meter (pada kondisi kapal kosong).
2. Penggunaan bahan aluminium sebagai pengganti bahan kayu pada konstruksi lambung kapal pinisi ini dapat meningkatkan kapasitas muat (DWT) kapal khususnya muatan kapal yang dibayar (Pay load) .
3. Penggantian konstruksi lambung dengan bahan aluminium pada kapal ini menyebabkan perubahan displasemen kapal menjadi lebih kecil.
4. Biaya pembuatan konstruksi lambung kapal dengan menggunakan aluminium relative lebih rendah dibandingkan dengan konstruksi lambung kapal berbahan kayu.

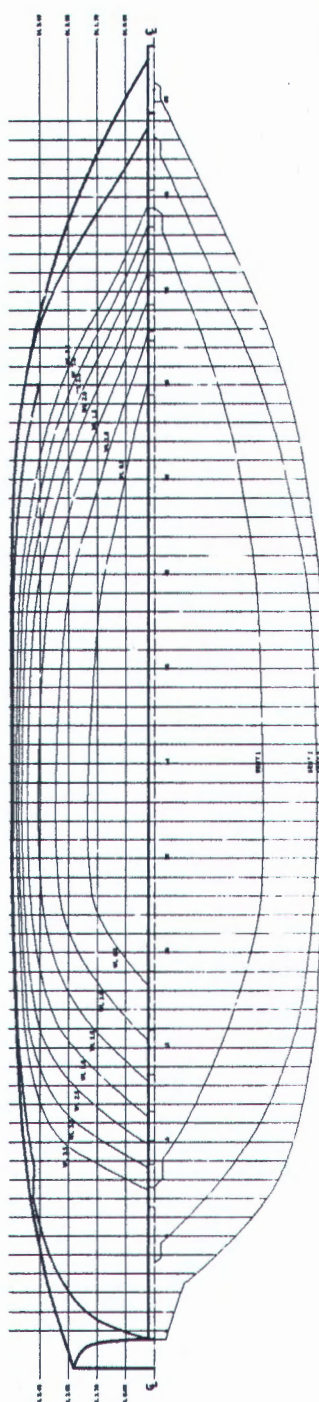
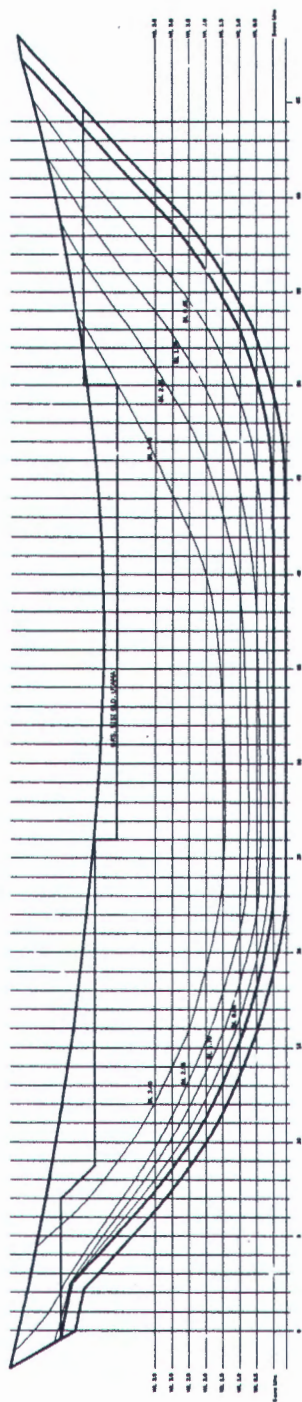
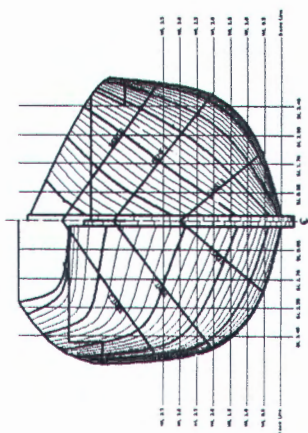
VII.2 Saran

Aluminium dapat digunakan sebagai material alternatif pada konstruksi kapal kayu selain dapat memperkecil LWT, penggunaan material pada kapal kayu ini dapat meminimalkan biaya produksi, namun pada pemakaian material ini agar dapat diperhatikan jenis material yang digunakan serta kondisi stabilitas kapal sehingga penggunaan material aluminium sebagai bahan alternatif pada kapal kayu dapat memberikan keuntungan pada kondisi kapal pada saat berlayar.

DAFTAR PUSTAKA

- Geer. Dave, **The Elements of Boat Strength**; Mc Graw-Hill, 2000 Camden-USA.
- Bereau Veritas, Rules and regulation for the construction and classification of wooden fishing Vesel, 1963, Paris.
- Biro Klasifikasi Indonesia, Buku Klasifikasi dan Konstruksi Kpal Luat – Peraturan Kapal Kayu, 1996, Jakarta.
- Sentosa, IGM, **Teori Bangunan Kapal II**; Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Departemen P dan K, 1983, Jakarta.
- Sukmono, Bogi. 2006. “ Studi Proses Produksi Bambu Laminasi Sebagai Alternatif Bahan Baku Kapal ”. **Tugas Akhir**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sukisno. 2006. “ Studi Perbandingan Pemakain Lambung Kapal Tipe *Raound Bilge* dan *Hard Chine* Terhadap Biaya Pembangunan Kapal Ikan 15 Meter”. **Tugas Akhir**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Robert- Goodson, R. Bruce. 2005. **The Complete Guide To Metal Boats**. United Stated Of America : McGraw-Hill.
- Bulson. P.S. 1992. **Aluminium Structural Analysis**. New york : Elsilver Science Publishers LTD
- Smith. C. S. 1990. **Design Of Marine Structures In Composite Materials**. New york : Elsilver Science Publishers LTD
- Scott Ken. 1994. **Metal Boat**. British Columbia : Sheri dan House .

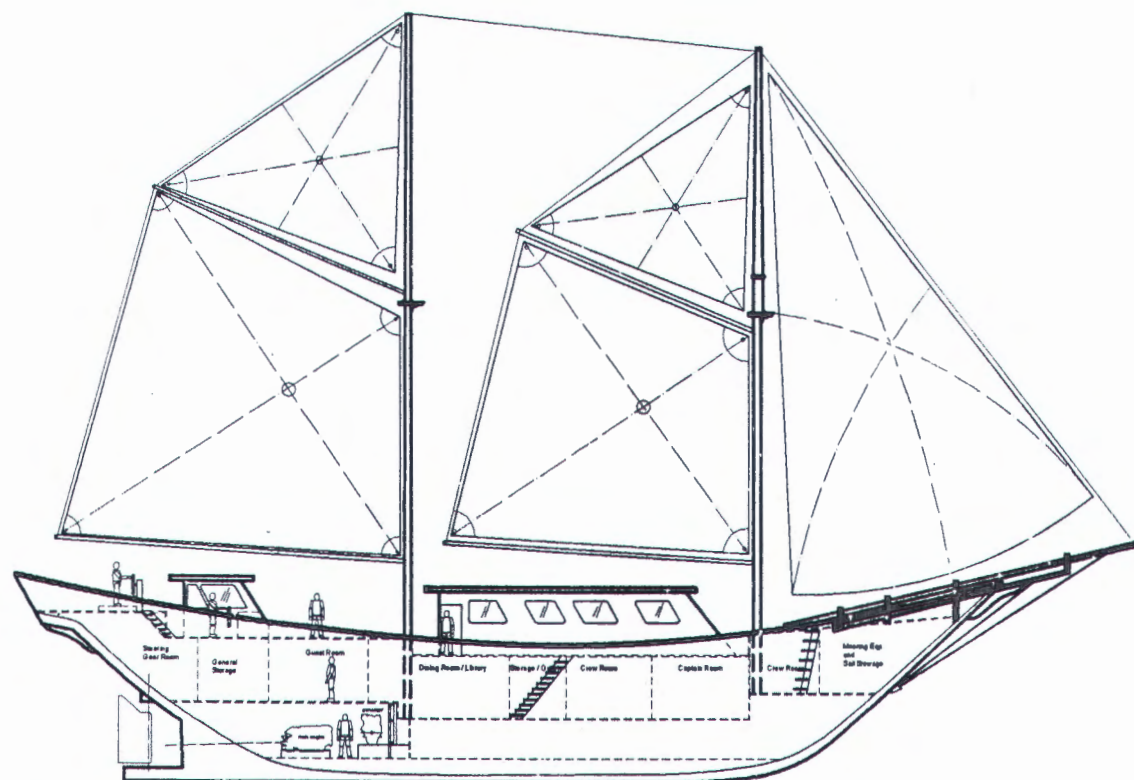
LINES PLANS (FRAME) PHINISI YACHT 44 m



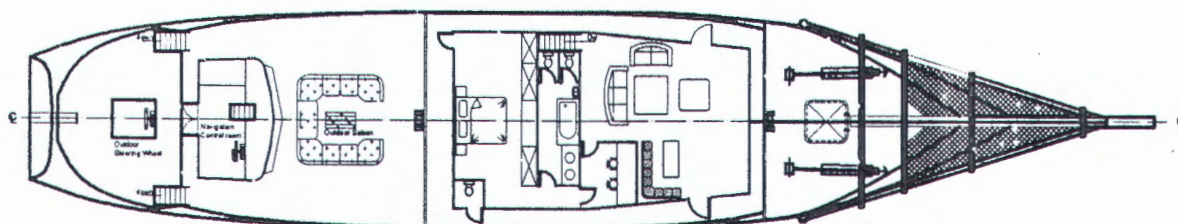
MAIN DIMENSION:

LENGTH OVERALL	(LOA) = 44.00 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	(LBP) = 38.00 m
LENGTH OF DECK	(LWD) = 38.00 m
LENGTH OF WATERLINE	(LWL) = 38.00 m
BREADTH	(B) = 8.50 m
DEPTH	(D) = 4.06 m
DRAFT	(T) = 2.50 m

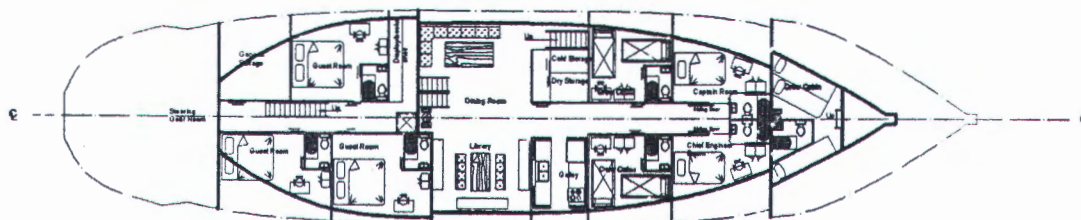
GENERAL ARRANGEMENT PHINISI YACHT 44 m



INBOARD PROFILE



MAIN DECK



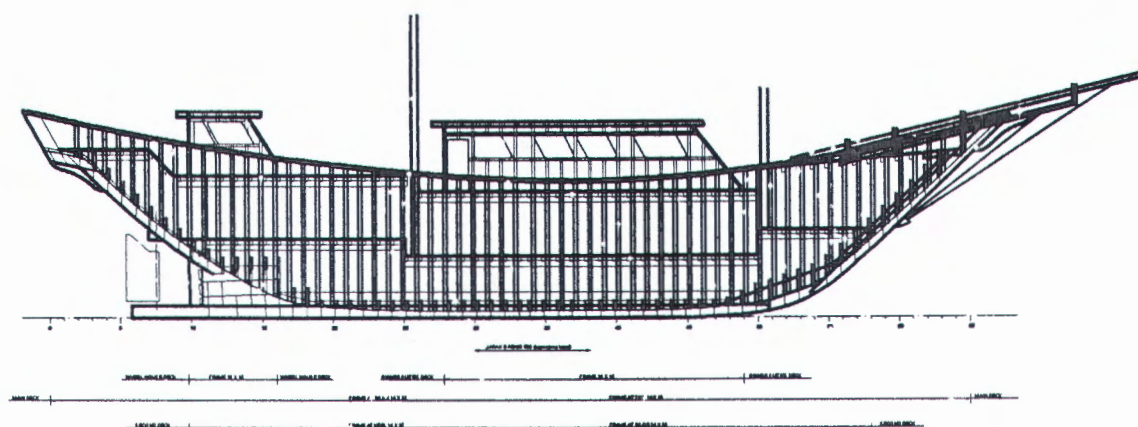
SECOND DECK

MAIN DIMENSION:

LENGTH OVERALL	(Loa) = 44.00 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	(Lp-p) = 26.00 m
LENGTH OF DECK	(Ldeck) = 38.15 m
LENGTH OF WATERLINE	(Lwl) = 30.00 m
BREADTH	(B) = 8.50 m
DEPTH	(D) = 4.85 m
DRAFT	(T) = 2.50 m

CONSTRUCTION PROFILE

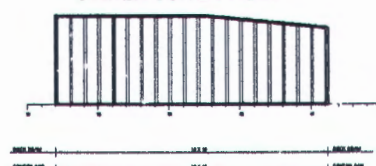
PHINISI YACHT 44 m



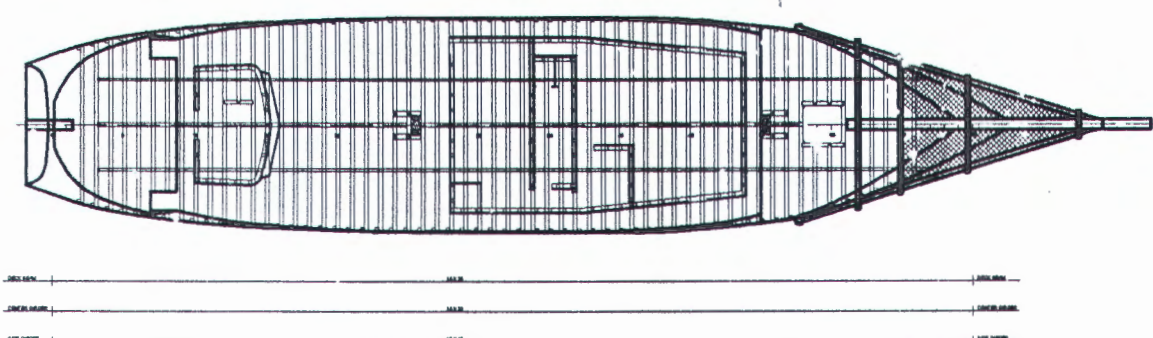
WHEEL HOUSE ROOF



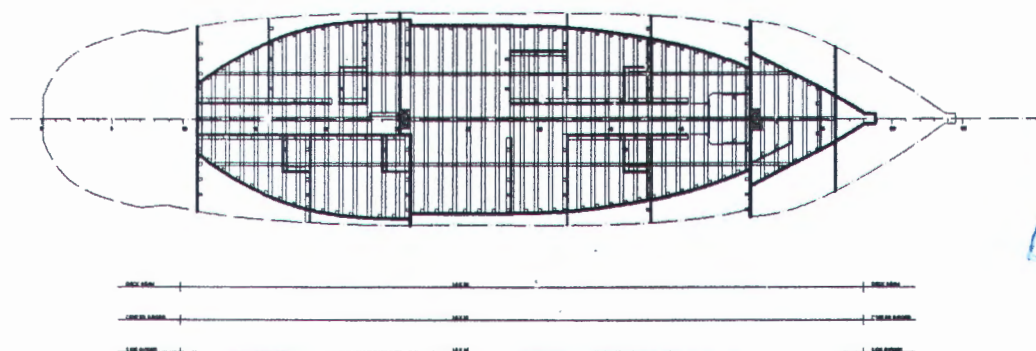
OWNER SUITE'S ROOF



MAIN DECK



SECOND DECK



MAIN DIMENSION:

LENGTH OVERALL	(Loa) = 44.00 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	(Lpp) = 28.80 m
LENGTH OF DECK	(Ldeck) = 38.16 m
LENGTH OF WATERLINE	(Lwl) = 30.00 m
BREADTH	(B) = 8.60 m
DEPTH	(D) = 4.86 m
DRAFT	(T) = 2.60 m



Perhitungan Melintang Kapal Dengan Konstruksi Lambung Kayu

Lampiran

IV. Struktur Melintang Kapal

No	Sub bagian	Lebar	Tinggi
1	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
2	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
3	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
4	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
5	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
6	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
7	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
8	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20

	Main Deck Beam	15	20
9	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
10	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
11	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
12	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
13	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
14	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
15	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
16	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20

17	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
18	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
19	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
20	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
21	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
22	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
23	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
24	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20

25	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
26	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
27	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
28	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
29	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
30	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
31	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
32	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
33	Floor	14	36

	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
34	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
35	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
36	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
37	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
38	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
39	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
40	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
41	Floor	14	36
	Frame	14	22

	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
42	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
43	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
44	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
45	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
46	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
47	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
48	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
49	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20

	Main Deck Beam	15	20
50	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
51	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
52	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
53	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
54	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
55	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
56	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20
57	Floor	14	36
	Frame	14	22
	2nd Deck Beam	15	20
	Main Deck Beam	15	20

58	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20
59	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20
60	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20
61	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20
62	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20
63	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20
64	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20
65	Floor	14	36
	Frame	14	22
	Main Deck Beam	15	20

IV. Struktur Melintang Kapal.

No	Sub Bagian	Volume (V)	Berat jenis (ρ)	Berat (W)
1	Floor	0	0.0000008	0
	Frame	0	0.0000008	0

	2nd Deck Beam	0	0.0000008	0
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
2	Floor	0	0.0000008	0
	Frame	0	0.0000008	0
	2nd Deck Beam	0	0.0000008	0
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
3	Floor	140630	0.0000008	0.112504
	Frame	220346	0.0000008	0.1762768
	2nd Deck Beam	0	0.0000008	0
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
4	Floor	165200	0.0000008	0.13216
	Frame	235760	0.0000008	0.188608
	2nd Deck Beam	0	0.0000008	0
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
5	Floor	109088	0.0000008	0.0872704
	Frame	252392	0.0000008	0.2019136
	2nd Deck Beam	180225	0.0000008	0.14418
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
6	Floor	76846	0.0000008	0.0614768
	Frame	269766	0.0000008	0.2158128
	2nd Deck Beam	192720	0.0000008	0.154176
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
7	Floor	62636	0.0000008	0.0501088
	Frame	282576	0.0000008	0.2260608
	2nd Deck Beam	202620	0.0000008	0.162096
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
8	Floor	55846	0.0000008	0.0446768
	Frame	304332	0.0000008	0.2434656
	2nd Deck Beam	210465	0.0000008	0.168372
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
9	Floor	49252	0.0000008	0.0394016
	Frame	318850	0.0000008	0.25508
	2nd Deck Beam	209130	0.0000008	0.167304

	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
10	Floor	46298	0.0000008	0.0370384
	Frame	338814	0.0000008	0.2710512
	2nd Deck Beam	210480	0.0000008	0.168384
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
11	Floor	44352	0.0000008	0.0354816
	Frame	349860	0.0000008	0.279888
	2nd Deck Beam	216960	0.0000008	0.173568
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
12	Floor	42840	0.0000008	0.034272
	Frame	365778	0.0000008	0.2926224
	2nd Deck Beam	87420	0.0000008	0.069936
	Main Deck Beam	222420	0.0000008	0.177936
13	Floor	40936	0.0000008	0.0327488
	Frame	376362	0.0000008	0.3010896
	2nd Deck Beam	130845	0.0000008	0.104676
	Main Deck Beam	226890	0.0000008	0.181512
14	Floor	136934	0.0000008	0.1095472
	Frame	387198	0.0000008	0.3097584
	2nd Deck Beam	164820	0.0000008	0.131856
	Main Deck Beam	230700	0.0000008	0.18456
15	Floor	282898	0.0000008	0.2263184
	Frame	403522	0.0000008	0.3228176
	2nd Deck Beam	187500	0.0000008	0.15
	Main Deck Beam	234015	0.0000008	0.187212
16	Floor	472920	0.0000008	0.378336
	Frame	410620	0.0000008	0.328496
	2nd Deck Beam	203535	0.0000008	0.162828
	Main Deck Beam	236925	0.0000008	0.18954
17	Floor	696850	0.0000008	0.55748
	Frame	429688	0.0000008	0.3437504
	2nd Deck Beam	215310	0.0000008	0.172248
	Main Deck Beam	239490	0.0000008	0.191592

18	Floor	72842	0.0000008	0.0582736
	Frame	428246	0.0000008	0.3425968
	2nd Deck Beam	21.8745	0.0000008	1.75E-05
	Main Deck Beam	240900	0.0000008	0.19272
19	Floor	109186	0.0000008	0.0873488
	Frame	427882	0.0000008	0.3423056
	2nd Deck Beam	221505	0.0000008	0.177204
	Main Deck Beam	242190	0.0000008	0.193752
20	Floor	9408	0.0000008	0.0075264
	Frame	423416	0.0000008	0.3387328
	2nd Deck Beam	223860	0.0000008	0.179088
	Main Deck Beam	243525	0.0000008	0.19482
21	Floor	23800	0.0000008	0.01904
	Frame	440930	0.0000008	0.352744
	2nd Deck Beam	225945	0.0000008	0.180756
	Main Deck Beam	244845	0.0000008	0.195876
22	Floor	38528	0.0000008	0.0308224
	Frame	439572	0.0000008	0.3516576
	2nd Deck Beam	227835	0.0000008	0.182268
	Main Deck Beam	246075	0.0000008	0.19686
23	Floor	54432	0.0000008	0.0435456
	Frame	437430	0.0000008	0.349944
	2nd Deck Beam	229590	0.0000008	0.183672
	Main Deck Beam	247200	0.0000008	0.19776
24	Floor	66290	0.0000008	0.053032
	Frame	439446	0.0000008	0.3515568
	2nd Deck Beam	231225	0.0000008	0.18498
	Main Deck Beam	248160	0.0000008	0.198528
25	Floor	69874	0.0000008	0.0558992
	Frame	439460	0.0000008	0.351568
	2nd Deck Beam	232710	0.0000008	0.186168
	Main Deck Beam	248895	0.0000008	0.199116

26	Floor	72170	0.0000008	0.057736
	Frame	438424	0.0000008	0.3507392
	2nd Deck Beam	221445	0.0000008	0.177156
	Main Deck Beam	249405	0.0000008	0.199524
27	Floor	73682	0.0000008	0.0589456
	Frame	434392	0.0000008	0.3475136
	2nd Deck Beam	222465	0.0000008	0.177972
	Main Deck Beam	249870	0.0000008	0.199896
28	Floor	74298	0.0000008	0.0594384
	Frame	426748	0.0000008	0.3413984
	2nd Deck Beam	222975	0.0000008	0.17838
	Main Deck Beam	247920	0.0000008	0.198336
29	Floor	73962	0.0000008	0.0591696
	Frame	428638	0.0000008	0.3429104
	2nd Deck Beam	223230	0.0000008	0.178584
	Main Deck Beam	248115	0.0000008	0.198492
30	Floor	73024	0.0000008	0.0584192
	Frame	426286	0.0000008	0.3410288
	2nd Deck Beam	222990	0.0000008	0.178392
	Main Deck Beam	248205	0.0000008	0.198564
31	Floor	71848	0.0000008	0.0574784
	Frame	423024	0.0000008	0.3384192
	2nd Deck Beam	222570	0.0000008	0.178056
	Main Deck Beam	248265	0.0000008	0.198612
32	Floor	70476	0.0000008	0.0563808
	Frame	431634	0.0000008	0.3453072
	2nd Deck Beam	221850	0.0000008	0.17748
	Main Deck Beam	248325	0.0000008	0.19866
33	Floor	68950	0.0000008	0.05516
	Frame	442176	0.0000008	0.3537408
	2nd Deck Beam	221040	0.0000008	0.176832
	Main Deck Beam	248325	0.0000008	0.19866
34	Floor	67256	0.0000008	0.0538048

	Frame	444934	0.0000008	0.3559472
	2nd Deck Beam	220065	0.0000008	0.176052
	Main Deck Beam	248295	0.0000008	0.198636
35	Floor	65534	0.0000008	0.0524272
	Frame	436422	0.0000008	0.3491376
	2nd Deck Beam	218850	0.0000008	0.17508
	Main Deck Beam	248250	0.0000008	0.1986
36	Floor	63798	0.0000008	0.0510384
	Frame	438592	0.0000008	0.3508736
	2nd Deck Beam	217320	0.0000008	0.173856
	Main Deck Beam	248175	0.0000008	0.19854
37	Floor	62062	0.0000008	0.0496496
	Frame	439166	0.0000008	0.3513328
	2nd Deck Beam	215415	0.0000008	0.172332
	Main Deck Beam	248055	0.0000008	0.198444
38	Floor	60312	0.0000008	0.0482496
	Frame	438578	0.0000008	0.3508624
	2nd Deck Beam	213060	0.0000008	0.170448
	Main Deck Beam	247875	0.0000008	0.1983
39	Floor	58408	0.0000008	0.0467264
	Frame	444738	0.0000008	0.3557904
	2nd Deck Beam	210075	0.0000008	0.16806
	Main Deck Beam	247590	0.0000008	0.198072
40	Floor	55370	0.0000008	0.044296
	Frame	443814	0.0000008	0.3550512
	2nd Deck Beam	205890	0.0000008	0.164712
	Main Deck Beam	246870	0.0000008	0.197496
41	Floor	51324	0.0000008	0.0410592
	Frame	438088	0.0000008	0.3504704
	2nd Deck Beam	200430	0.0000008	0.160344
	Main Deck Beam	245640	0.0000008	0.196512
42	Floor	46662	0.0000008	0.0373296
	Frame	434126	0.0000008	0.3473008

	2nd Deck Beam	193905	0.0000008	0.155124
	Main Deck Beam	243825	0.0000008	0.19506
43	Floor	41748	0.0000008	0.0333984
	Frame	418908	0.0000008	0.3351264
	2nd Deck Beam	186045	0.0000008	0.148836
	Main Deck Beam	241395	0.0000008	0.193116
44	Floor	36442	0.0000008	0.0291536
	Frame	410186	0.0000008	0.3281488
	2nd Deck Beam	177570	0.0000008	0.142056
	Main Deck Beam	238380	0.0000008	0.190704
45	Floor	30940	0.0000008	0.024752
	Frame	399042	0.0000008	0.3192336
	2nd Deck Beam	168570	0.0000008	0.134856
	Main Deck Beam	234855	0.0000008	0.187884
46	Floor	25578	0.0000008	0.0204624
	Frame	395122	0.0000008	0.3160976
	2nd Deck Beam	159045	0.0000008	0.127236
	Main Deck Beam	230835	0.0000008	0.184668
47	Floor	20664	0.0000008	0.0165312
	Frame	394632	0.0000008	0.3157056
	2nd Deck Beam	148950	0.0000008	0.11916
	Main Deck Beam	226350	0.0000008	0.18108
48	Floor	16128	0.0000008	0.0129024
	Frame	390054	0.0000008	0.3120432
	2nd Deck Beam	137835	0.0000008	0.110268
	Main Deck Beam	221205	0.0000008	0.176964
49	Floor	10178	0.0000008	0.0081424
	Frame	373674	0.0000008	0.2989392
	2nd Deck Beam	125160	0.0000008	0.100128
	Main Deck Beam	214665	0.0000008	0.171732
50	Floor	32620	0.0000008	0.026096
	Frame	381346	0.0000008	0.3050768
	2nd Deck Beam	111060	0.0000008	0.088848

	Main Deck Beam	206835	0.0000008	0.165468
51	Floor	61712	0.0000008	0.0493696
	Frame	374976	0.0000008	0.2999808
	2nd Deck Beam	142485	0.0000008	0.113988
	Main Deck Beam	225180	0.0000008	0.180144
52	Floor	71064	0.0000008	0.0568512
	Frame	369824	0.0000008	0.2958592
	2nd Deck Beam	127470	0.0000008	0.101976
	Main Deck Beam	219435	0.0000008	0.175548
53	Floor	72114	0.0000008	0.0576912
	Frame	366492	0.0000008	0.2931936
	2nd Deck Beam	112485	0.0000008	0.089988
	Main Deck Beam	213120	0.0000008	0.170496
54	Floor	100380	0.0000008	0.080304
	Frame	369068	0.0000008	0.2952544
	2nd Deck Beam	112530	0.0000008	0.090024
	Main Deck Beam	214995	0.0000008	0.171936
55	Floor	43946	0.0000008	0.0351568
	Frame	343728	0.0000008	0.2749824
	2nd Deck Beam	78300	0.0000008	0.06264
	Main Deck Beam	192105	0.0000008	0.153684
56	Floor	46172	0.0000008	0.0369376
	Frame	326256	0.0000008	0.2610048
	2nd Deck Beam	61485	0.0000008	0.049188
	Main Deck Beam	177885	0.0000008	0.142308
57	Floor	48622	0.0000008	0.0388976
	Frame	299642	0.0000008	0.2397136
	2nd Deck Beam	45870	0.0000008	0.036696
	Main Deck Beam	162825	0.0000008	0.13026
58	Floor	48706	0.0000008	0.0389648
	Frame	267540	0.0000008	0.214032
	Main Deck Beam	146730	0.0000008	0.117384

59	Floor	49028	0.0000008	0.032224
	Frame	240520	0.0000008	0.192416
	Main Deck Beam	129645	0.0000008	0.103716
60	Floor	48454	0.0000008	0.0387632
	Frame	210336	0.0000008	0.1682688
	Main Deck Beam	111585	0.0000008	0.089268
61	Floor	46690	0.0000008	0.037352
	Frame	190792	0.0000008	0.1526336
	Main Deck Beam	95775	0.0000008	0.07662
62	Floor	45962	0.0000008	0.0367696
	Frame	160048	0.0000008	0.1280384
	Main Deck Beam	73695	0.0000008	0.058956
63	Floor	58716	0.0000008	0.0469728
	Frame	131432	0.0000008	0.1051456
	Main Deck Beam	53970	0.0000008	0.043176
64	Floor	8820	0.0000008	0.007056
	Frame	106288	0.0000008	0.0850304
	Main Deck Beam	34920	0.0000008	0.027936
65	Floor	11312	0.0000008	0.0090496
	Frame	85316	0.0000008	0.0682528
	Main Deck Beam	0	0.0000008	0
				39.036034

IV. Struktur Melintang Kapal

No Gd	Konstruksi	Berat	KG	LCG	W x KG	W x LCG
		[ton]	[m]	[m]	[ton.m]	[ton.m]
1	Floor	0		1.19	0	0
	Frame	0		1.05	0	0
	2 nd Deck Beam	0		1.195	0	0
	Main Deck Beam	0		1.195	0	0
2	Floor	0		1.75	0	0
	Frame	0		1.61	0	0
	2 nd Deck Beam	0		1.755	0	0

	Main Deck Beam	0		1.755	0	0
3	Floor	0.112504	6.0658	2.31	0.682427	0.259884
	Frame	0.1762768	6.1692	2.17	1.087487	0.382521
	2 nd Deck Beam	0		2.315	0	0
	Main Deck Beam	0		2.315	0	0
4	Floor	0.13216	5.8024	2.87	0.766845	0.379299
	Frame	0.188608	5.9861	2.73	1.129026	0.5149
	2 nd Deck Beam	0		2.875	0	0
	Main Deck Beam	0		2.875	0	0
5	Floor	0.0872704	5.3026	3.43	0.46276	0.299337
	Frame	0.2019136	5.6362	3.29	1.138025	0.664296
	2 nd Deck Beam	0.14418	6.0885	3.435	0.87784	0.495258
	Main Deck Beam	0		3.435	0	0
6	Floor	0.0614768	4.7891	3.99	0.294419	0.245292
	Frame	0.2158128	5.285	3.85	1.140571	0.830879
	2 nd Deck Beam	0.154176	6.0924	3.995	0.939302	0.615933
	Main Deck Beam	0		3.995	0	0
7	Floor	0.0501088	4.2853	4.55	0.214731	0.227995
	Frame	0.2260608	4.9355	4.41	1.115723	0.996928
	2 nd Deck Beam	0.162096	6.0958	4.555	0.988105	0.738347
	Main Deck Beam	0		4.555	0	0
8	Floor	0.0446768	3.7986	5.11	0.169709	0.228298
	Frame	0.2434656	4.5993	4.97	1.119771	1.210024
	2 nd Deck Beam	0.168372	6.0773	5.115	1.023247	0.861223
	Main Deck Beam	0		5.115	0	0
9	Floor	0.0394016	3.3488	5.67	0.131948	0.223407
	Frame	0.25508	4.2877	5.53	1.093707	1.410592
	2 nd Deck Beam	0.167304	5.4887	5.675	0.918281	0.94945
	Main Deck Beam	0		5.675	0	0
10	Floor	0.0370384	2.9289	6.23	0.108482	0.230749
	Frame	0.2710512	4.0077	6.09	1.086292	1.650702
	2 nd Deck Beam	0.168384	5.0976	6.235	0.858354	1.049874

	Main Deck Beam	0		6.235	0	0
11	Floor	0.0354816	2.532	6.79	0.089839	0.24092
	Frame	0.279888	3.7153	6.65	1.039868	1.861255
	2 nd Deck Beam	0.173568	5.1	6.795	0.885197	1.179395
	Main Deck Beam	0		6.795	0	0
12	Floor	0.034272	2.1616	7.35	0.074082	0.251899
	Frame	0.2926224	3.4691	7.21	1.015136	2.109808
	2 nd Deck Beam	0.069936	2.5586	7.555	0.178938	0.514379
	Main Deck Beam	0.177936	5.102	7.555	0.907829	1.308719
13	Floor	0.0327488	1.8157	7.91	0.059462	0.259043
	Frame	0.3010896	3.2116	7.77	0.966979	2.339466
	2 nd Deck Beam	0.104676	2.5739	7.915	0.269426	0.828511
	Main Deck Beam	0.181512	5.1036	7.915	0.926365	1.436667
14	Floor	0.1095472	1.7211	8.47	0.188542	0.927865
	Frame	0.3097584	3.0183	8.33	0.934944	2.580287
	2 nd Deck Beam	0.131856	2.5826	8.475	0.340531	1.11748
	Main Deck Beam	0.18456	5.105	8.475	0.942179	1.564146
15	Floor	0.2263184	1.6181	9.03	0.366206	2.043655
	Frame	0.3228176	2.8021	8.89	0.904567	2.869848
	2 nd Deck Beam	0.15	2.5884	9.035	0.38826	1.35525
	Main Deck Beam	0.187212	5.1061	9.035	0.955923	1.69146
16	Floor	0.378336	1.5131	9.59	0.57246	3.628242
	Frame	0.328496	2.5842	9.45	0.848899	3.104287
	2 nd Deck Beam	0.162828	2.5928	9.595	0.42218	1.562335
	Main Deck Beam	0.18954	5.1072	9.595	0.968019	1.818636
17	Floor	0.53748	1.4061	10.15	0.783873	5.658422
	Frame	0.3437504	2.3384	10.01	0.803826	3.440942
	2 nd Deck Beam	0.172248	2.5961	10.155	0.447173	1.749178
	Main Deck Beam	0.191592	5.1081	10.155	0.978671	1.945617
18	Floor	0.0582736	0.5772	10.71	0.033636	0.62411
	Frame	0.3425968	2.258	10.57	0.773584	3.621248
	2 nd Deck Beam	1.74996E-	2.5970	10.715	4.54E-05	0.000188

		05				
	Main Deck Beam	0.19272	5.1089	10.715	0.984587	2.064995
19	Floor	0.0873488	0.5469	11.27	0.047771	0.984421
	Frame	0.3423056	2.1561	11.13	0.738045	3.809861
	2 nd Deck Beam	0.177204	2.5977	11.275	0.460323	1.997975
	Main Deck Beam	0.193752	5.1096	11.275	0.989995	2.184554
20	Floor	0.0075264	0.1569	11.83	0.001181	0.089037
	Frame	0.3387328	2.0669	11.69	0.700127	3.959786
	2 nd Deck Beam	0.179088	2.5983	11.835	0.465324	2.119506
	Main Deck Beam	0.19482	5.11	11.835	0.99553	2.305695
21	Floor	0.01904	0.1283	12.39	0.002443	0.235906
	Frame	0.352744	1.9462	12.25	0.68651	4.321114
	2 nd Deck Beam	0.180756	2.5990	12.395	0.469785	2.240471
	Main Deck Beam	0.195876	5.1104	12.395	1.001005	2.427883
22	Floor	0.0308224	0.1177	12.95	0.003628	0.39915
	Frame	0.3516576	1.8593	12.81	0.653837	4.504734
	2 nd Deck Beam	0.182268	2.5996	12.955	0.473824	2.361282
	Main Deck Beam	0.19686	5.111	12.955	1.006151	2.550321
23	Floor	0.0435456	0.1051	13.51	0.004577	0.588301
	Frame	0.349944	1.7995	13.37	0.629724	4.678751
	2 nd Deck Beam	0.183672	2.6003	13.515	0.477602	2.482327
	Main Deck Beam	0.19776	5.1114	13.515	1.01083	2.672726
24	Floor	0.053032	0.097	14.07	0.005144	0.74616
	Frame	0.3515568	1.7287	13.93	0.607736	4.897186
	2 nd Deck Beam	0.18498	2.6009	14.075	0.481114	2.603594
	Main Deck Beam	0.198528	5.1117	14.075	1.014816	2.794282
25	Floor	0.0558992	0.0961	14.63	0.005372	0.817805
	Frame	0.351568	1.7287	14.49	0.607756	5.09422
	2 nd Deck Beam	0.186168	2.6014	14.635	0.484297	2.724569
	Main Deck Beam	0.199116	5.1121	14.635	1.017901	2.914063
26	Floor	0.057736	0.0958	15.19	0.005531	0.87701
	Frame	0.3507392	1.7189	15.05	0.602886	5.278625

	2 nd Deck Beam	0.177156	1.9490	15.195	0.345277	2.691385
	Main Deck Beam	0.199524	5.1122	15.195	1.020007	3.031767
27	Floor	0.0589456	0.0957	15.75	0.005641	0.928393
	Frame	0.3475136	1.6856	15.61	0.585769	5.424687
	2 nd Deck Beam	0.177972	1.9488	15.755	0.346832	2.803949
	Main Deck Beam	0.199896	5.1124	15.755	1.021948	3.149361
28	Floor	0.0594384	0.0956	16.31	0.005682	0.96944
	Frame	0.3413984	1.6483	16.17	0.562727	5.520412
	2 nd Deck Beam	0.17838	1.9475	16.315	0.347395	2.91027
	Main Deck Beam	0.198336	4.4617	16.315	0.884916	3.235852
29	Floor	0.0591696	0.0957	16.87	0.005663	0.998191
	Frame	0.3429104	1.6408	16.73	0.562647	5.736891
	2 nd Deck Beam	0.178584	1.9550	16.875	0.349132	3.013605
	Main Deck Beam	0.198492	4.4617	16.875	0.885612	3.349553
30	Floor	0.0584192	0.0958	17.43	0.005597	1.018247
	Frame	0.3410288	1.6241	17.29	0.553865	5.896388
	2 nd Deck Beam	0.178392	1.949	17.435	0.347686	3.110265
	Main Deck Beam	0.198564	4.4616	17.435	0.885913	3.461963
31	Floor	0.0574784	0.0960	17.99	0.005518	1.034036
	Frame	0.3384192	1.6236	17.85	0.549457	6.040783
	2 nd Deck Beam	0.178056	1.9488	17.995	0.346996	3.204118
	Main Deck Beam	0.198612	4.4619	17.995	0.886187	3.574023
32	Floor	0.0563808	0.0962	18.55	0.005424	1.045864
	Frame	0.3453072	1.6970	18.41	0.585986	6.357106
	2 nd Deck Beam	0.17748	1.9468	18.555	0.345518	3.293141
	Main Deck Beam	0.19866	4.4635	18.555	0.886719	3.686136
33	Floor	0.05516	0.0963	19.11	0.005312	1.054108
	Frame	0.3537408	1.6928	18.97	0.598812	6.710463
	2 nd Deck Beam	0.176832	1.9465	19.115	0.344203	3.380144
	Main Deck Beam	0.19866	4.4635	19.115	0.886719	3.797386
34	Floor	0.0538048	0.0965	19.67	0.005192	1.05834
	Frame	0.3559472	1.7309	19.53	0.616109	6.951649

	2 nd Deck Beam	0.176052	1.9461	19.675	0.342615	3.463823
	Main Deck Beam	0.198636	4.4636	19.675	0.886632	3.908163
35	Floor	0.0524272	0.0967	20.23	0.00507	1.060602
	Frame	0.3491376	1.7016	20.09	0.594093	7.014174
	2 nd Deck Beam	0.17508	1.9457	20.235	0.340653	3.542744
	Main Deck Beam	0.1986	4.4636	20.235	0.886471	4.018671
36	Floor	0.0510384	0.0969	20.79	0.004946	1.061088
	Frame	0.3508736	1.7207	20.65	0.603748	7.24554
	2 nd Deck Beam	0.173856	1.9452	20.795	0.338185	3.615336
	Main Deck Beam	0.19854	4.4636	20.795	0.886203	4.128639
37	Floor	0.0496496	0.0971	21.35	0.004821	1.060019
	Frame	0.3513328	1.7234	21.21	0.605487	7.451769
	2 nd Deck Beam	0.172332	1.9445	21.355	0.3351	3.68015
	Main Deck Beam	0.198444	4.4636	21.355	0.885775	4.237772
38	Floor	0.0482496	0.0972	21.91	0.00469	1.057149
	Frame	0.3508624	1.7066	21.77	0.598782	7.638274
	2 nd Deck Beam	0.170448	1.9437	21.915	0.3313	3.735368
	Main Deck Beam	0.1983	4.4635	21.915	0.885112	4.345745
39	Floor	0.0467264	0.0973	22.47	0.004546	1.049942
	Frame	0.3557904	1.7179	22.33	0.611212	7.9448
	2 nd Deck Beam	0.16806	1.9426	22.475	0.326473	3.777149
	Main Deck Beam	0.198072	4.4635	22.475	0.884094	4.451668
40	Floor	0.044296	0.0976	23.03	0.004323	1.020137
	Frame	0.3550512	1.7293	22.89	0.61399	8.127122
	2 nd Deck Beam	0.164712	1.9411	23.035	0.319722	3.794141
	Main Deck Beam	0.197496	4.4633	23.035	0.881484	4.54932
41	Floor	0.0410592	0.0980	23.59	0.004024	0.968587
	Frame	0.3504704	1.7591	23.45	0.616512	8.218531
	2 nd Deck Beam	0.160344	1.9390	23.595	0.310907	3.783317
	Main Deck Beam	0.196512	4.4629	23.595	0.877013	4.636701
42	Floor	0.0373296	0.5984	24.15	0.022338	0.90151
	Frame	0.3473008	2.3311	24.01	0.809593	8.338692

	2 nd Deck Beam	0.155124	1.9403	24.155	0.300987	3.74702
	Main Deck Beam	0.19506	4.4624	24.155	0.870436	4.711674
43	Floor	0.0333984	0.5990	24.71	0.020006	0.825274
	Frame	0.3351264	2.3861	24.57	0.799645	8.234056
	2 nd Deck Beam	0.148836	1.9408	24.715	0.288861	3.678482
	Main Deck Beam	0.193116	4.4616	24.715	0.861606	4.772862
44	Floor	0.0291536	0.6009	25.27	0.017518	0.736711
	Frame	0.3281488	2.4706	25.13	0.810724	8.246379
	2 nd Deck Beam	0.142056	1.932	25.275	0.274452	3.590465
	Main Deck Beam	0.190704	4.4607	25.275	0.850673	4.820044
45	Floor	0.024752	0.6044	25.83	0.01496	0.639344
	Frame	0.3192336	2.5365	25.69	0.809736	8.201111
	2 nd Deck Beam	0.134856	1.9285	25.835	0.26007	3.484005
	Main Deck Beam	0.187884	4.4594	25.835	0.83785	4.853983
46	Floor	0.0204624	0.6088	26.39	0.012458	0.540003
	Frame	0.3160976	2.6261	26.25	0.830104	8.297562
	2 nd Deck Beam	0.127236	1.9247	26.395	0.244891	3.358394
	Main Deck Beam	0.184668	4.458	26.395	0.82325	4.874312
47	Floor	0.0165312	0.6130	26.95	0.010134	0.445516
	Frame	0.3157056	2.6865	26.81	0.848143	8.464067
	2 nd Deck Beam	0.11916	1.9200	26.955	0.228787	3.211958
	Main Deck Beam	0.18108	4.4563	26.955	0.806947	4.881011
48	Floor	0.0129024	0.6158	27.51	0.007945	0.354945
	Frame	0.3120432	2.7871	27.37	0.869696	8.540622
	2 nd Deck Beam	0.110268	1.9161	27.515	0.211285	3.034024
	Main Deck Beam	0.176964	4.4544	27.515	0.788268	4.869164
49	Floor	0.0081424	0.7053	28.07	0.005743	0.228557
	Frame	0.2989392	2.9441	27.93	0.880107	8.349372
	2 nd Deck Beam	0.100128	1.9117	28.075	0.191415	2.811094
	Main Deck Beam	0.171732	4.4519	28.075	0.764534	4.821376
50	Floor	0.026096	0.9165	28.63	0.023917	0.747128
	Frame	0.3050768	3.0435	28.49	0.928501	8.691638

	2 nd Deck Beam	0.088848	1.906	28.635	0.169344	2.544162
	Main Deck Beam	0.165468	4.4490	28.635	0.736167	4.738176
51	Floor	0.0493696	1.1461	29.19	0.056582	1.441099
	Frame	0.2999808	3.1947	29.05	0.958349	8.714442
	2 nd Deck Beam	0.113988	2.9175	29.195	0.33256	3.32788
	Main Deck Beam	0.180144	5.3100	29.195	0.956565	5.259304
52	Floor	0.0568512	1.3147	29.75	0.074742	1.691323
	Frame	0.2958592	3.3235	29.61	0.983288	8.760391
	2 nd Deck Beam	0.101976	2.9116	29.755	0.296913	3.034296
	Main Deck Beam	0.175548	5.3578	29.755	0.940551	5.223431
53	Floor	0.0576912	0.9487	30.31	0.054732	1.74862
	Frame	0.2931936	2.9541	30.17	0.866123	8.845651
	2 nd Deck Beam	0.089988	2.9055	30.315	0.26146	2.727986
	Main Deck Beam	0.170496	5.3861	30.315	0.918309	5.168586
54	Floor	0.080304	1.0654	30.87	0.085556	2.478984
	Frame	0.2952544	2.9381	30.73	0.867487	9.073168
	2 nd Deck Beam	0.090024	2.9055	30.875	0.261565	2.779491
	Main Deck Beam	0.171996	5.4363	30.875	0.935022	5.310377
55	Floor	0.0351568	1.3725	31.43	0.048253	1.104978
	Frame	0.2749824	3.3761	31.29	0.928368	8.604199
	2 nd Deck Beam	0.06264	2.8892	31.435	0.180979	1.969088
	Main Deck Beam	0.153684	5.4773	31.435	0.841773	4.831057
56	Floor	0.0369376	1.7216	31.99	0.063592	1.181634
	Frame	0.2610048	3.6073	31.85	0.941523	8.313003
	2 nd Deck Beam	0.049188	2.8856	31.995	0.141937	1.57377
	Main Deck Beam	0.142308	5.5216	31.995	0.785768	4.553144
57	Floor	0.0388976	2.1664	32.55	0.084268	1.266117
	Frame	0.2397136	3.8871	32.41	0.931791	7.769118
	2 nd Deck Beam	0.036696	2.8776	32.555	0.105596	1.194638
	Main Deck Beam	0.13026	5.5655	32.555	0.724962	4.240614
58	Floor	0.0389648	2.6401	33.11	0.102871	1.290125
	Frame	0.214032	4.1934	32.97	0.897522	7.056635

	Main Deck Beam	0.117384	5.6091	33.115	0.658419	3.887171
59	Floor	0.0392224	3.1265	33.67	0.122629	1.320618
	Frame	0.192416	4.4975	33.53	0.865391	6.451708
	Main Deck Beam	0.103716	5.6523	33.675	0.586234	3.492636
60	Floor	0.0387632	3.6278	34.23	0.140625	1.326864
	Frame	0.1682688	4.8145	34.09	0.81013	5.736283
	Main Deck Beam	0.089268	5.6949	34.235	0.508372	3.05609
61	Floor	0.037352	4.1414	34.79	0.15469	1.299476
	Frame	0.1526336	5.1195	34.65	0.781408	5.288754
	Main Deck Beam	0.07662	5.7882	34.795	0.443492	2.665993
62	Floor	0.0367696	4.6554	35.35	0.171177	1.299805
	Frame	0.1280384	5.4385	35.21	0.696337	4.508232
	Main Deck Beam	0.058956	5.7814	35.355	0.340848	2.084389
63	Floor	0.0469728	5.2161	35.91	0.245015	1.686793
	Frame	0.1051456	5.7598	35.77	0.605618	3.761058
	Main Deck Beam	0.043176	5.8231	35.915	0.251418	1.550666
64	Floor	0.007056	5.4233	36.47	0.038267	0.257332
	Frame	0.0850304	6.0803	36.35	0.51701	3.089154
	Main Deck Beam	0.027936	5.8653	36.475	0.163853	1.018966
65	Floor	0.0090496	5.9233	37.03	0.053603	0.335107
	Frame	0.0682528	6.3662	36.89	0.434511	2.517846
	Main Deck Beam	0		37.035	0	0
		39.036	3.133	18.434	122.283	719.602

Perhitungan Melintang Kapal Dengan Konstruksi Lambung Aluminium

Lampiran

Tabel 4.1 : Tabel perhitungan (scantling) konstruksi lambung KLM pinisi

I. Struktur Melintang Kapal Berbahan Aluminium

No	Sub bagian	Lebar	Tinggi
1	Floor	1.32	1
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
2	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
3	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
4	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
5	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
6	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
7	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
8	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
9	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16

	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
10	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
11	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
12	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
13	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
14	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
15	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
16	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
17	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
18	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11

19	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
20	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
21	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
22	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
23	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
24	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
25	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
26	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
27	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
28	Floor	1.32	19

	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
29	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
30	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
31	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
32	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
33	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
34	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
35	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
36	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
37	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11

	Main Deck Beam	1.32	11
38	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
39	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
40	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
41	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
42	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
43	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
44	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
45	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
46	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11

47	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
48	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
49	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
50	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
51	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
52	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
53	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
54	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
55	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
56	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16

	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
57	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	2 nd Deck Beam	1.32	11
	Main Deck Beam	1.32	11
58	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11
59	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11
60	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11
61	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11
62	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11
63	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11
64	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11
65	Floor	1.32	19
	Frame	1.32	16
	Main Deck Beam	1.32	11

Tabel 4.2 : Tabel perhitungan (*scantling*) konstruksi lambung KLM pinisi

No	Sub Bagian	Volume (V)	Berat jenis (ρ)	Berat (W)
1	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	0	0.00000027	0

	2 nd Deck Beam	0	0.00000027	0
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
2	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	0	0.00000027	0
	2 nd Deck Beam	0	0.00000027	0
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
3	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	17940.12	0.00000027	0.004844
	2 nd Deck Beam	0	0.00000027	0
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
4	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	17632.56	0.00000027	0.004761
	2 nd Deck Beam	0	0.00000027	0
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
5	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	18184.32	0.00000027	0.00491
	2 nd Deck Beam	15859.8	0.00000027	0.004282
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
6	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	19279.92	0.00000027	0.005206
	2 nd Deck Beam	16959.36	0.00000027	0.004579
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
7	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	20599.92	0.00000027	0.005562
	2 nd Deck Beam	17830.56	0.00000027	0.004814
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
8	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	22078.32	0.00000027	0.005961
	2 nd Deck Beam	18520.92	0.00000027	0.005001
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
9	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	23299.32	0.00000027	0.006291
	2 nd Deck Beam	18403.44	0.00000027	0.004969
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
10	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	24566.52	0.00000027	0.006633
	2 nd Deck Beam	18522.24	0.00000027	0.005001
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0



11	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	25671.36	0.00000027	0.006931
	2 nd Deck Beam	19092.48	0.00000027	0.005155
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
12	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	26748.48	0.00000027	0.007222
	2 nd Deck Beam	7692.96	0.00000027	0.002077
	Main Deck Beam	19572.96	0.00000027	0.005285
13	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	27731.88	0.00000027	0.007488
	2 nd Deck Beam	11514.36	0.00000027	0.003109
	Main Deck Beam	19966.32	0.00000027	0.005391
14	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	31338.12	0.00000027	0.008461
	2 nd Deck Beam	14504.16	0.00000027	0.003916
	Main Deck Beam	20301.6	0.00000027	0.005481
15	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	40600.56	0.00000027	0.010962
	2 nd Deck Beam	16500	0.00000027	0.004455
	Main Deck Beam	20593.32	0.00000027	0.00556
16	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	54513.36	0.00000027	0.014719
	2 nd Deck Beam	17911.08	0.00000027	0.004836
	Main Deck Beam	20849.4	0.00000027	0.005629
17	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	€706.92	0.00000027	0.001811
	2 nd Deck Beam	18947.28	0.00000027	0.005116
	Main Deck Beam	21075.12	0.00000027	0.00569
18	Floor	0	0.00000008	0
	Frame	31975.68	0.00000008	0.025581
	2 nd Deck Beam	1.924956	0.00000008	1.54E-06
	Main Deck Beam	21199.2	0.00000008	0.016959
19	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	32120.88	0.00000027	0.008673
	2 nd Deck Beam	19492.44	0.00000027	0.005263
	Main Deck Beam	21312.72	0.00000027	0.005754
20	Floor	0	0.00000027	0

	Frame	32606.64	0.00000027	0.008804
	2 nd Deck Beam	19699.68	0.00000027	0.005319
	Main Deck Beam	21430.2	0.00000027	0.005786
21	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	33797.28	0.00000027	0.009125
	2 nd Deck Beam	19883.16	0.00000027	0.005368
	Main Deck Beam	21546.36	0.00000027	0.005818
22	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	32660.76	0.00000027	0.008818
	2 nd Deck Beam	20049.48	0.00000027	0.005413
	Main Deck Beam	21654.6	0.00000027	0.005847
23	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	32354.52	0.00000027	0.008736
	2 nd Deck Beam	20203.92	0.00000027	0.005455
	Main Deck Beam	21753.6	0.00000027	0.005873
24	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	33674.52	0.00000027	0.009092
	2 nd Deck Beam	20347.8	0.00000027	0.005494
	Main Deck Beam	21838.08	0.00000027	0.005896
25	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	33690.36	0.00000027	0.009096
	2 nd Deck Beam	20478.48	0.00000027	0.005529
	Main Deck Beam	21902.76	0.00000027	0.005914
26	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	33634.92	0.00000027	0.009081
	2 nd Deck Beam	19487.16	0.00000027	0.005262
	Main Deck Beam	21947.64	0.00000027	0.005926
27	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	125281.2	0.00000027	0.033826
	2 nd Deck Beam	19576.92	0.00000027	0.005286
	Main Deck Beam	21988.56	0.00000027	0.005937
28	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	40236.24	0.00000027	0.010864
	2 nd Deck Beam	19621.8	0.00000027	0.005298
	Main Deck Beam	21816.96	0.00000027	0.005891
29	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	68269.08	0.00000027	0.018433
	2 nd Deck Beam	19644.24	0.00000027	0.005304

	Main Deck Beam	21834.12	0.00000027	0.005895
30	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	33000	0.00000027	0.00891
	2 nd Deck Beam	19623.12	0.00000027	0.005298
	Main Deck Beam	21842.04	0.00000027	0.005897
31	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	32790.12	0.00000027	0.008853
	2 nd Deck Beam	19586.16	0.00000027	0.005288
	Main Deck Beam	21847.32	0.00000027	0.005899
32	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	53481.12	0.00000027	0.01444
	2 nd Deck Beam	19522.8	0.00000027	0.005271
	Main Deck Beam	21852.6	0.00000027	0.0059
33	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	32378.28	0.00000027	0.008742
	2 nd Deck Beam	19451.52	0.00000027	0.005252
	Main Deck Beam	21852.6	0.00000027	0.0059
34	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	37308.48	0.00000027	0.010073
	2 nd Deck Beam	19365.72	0.00000027	0.005229
	Main Deck Beam	21849.96	0.00000027	0.005899
35	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	59708.88	0.00000027	0.016121
	2 nd Deck Beam	19258.8	0.00000027	0.0052
	Main Deck Beam	21846	0.00000027	0.005898
36	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	58276.68	0.00000027	0.015735
	2 nd Deck Beam	19124.16	0.00000027	0.005164
	Main Deck Beam	21839.4	0.00000027	0.005897
37	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	31595.52	0.00000027	0.008531
	2 nd Deck Beam	18956.52	0.00000027	0.005118
	Main Deck Beam	21828.84	0.00000027	0.005894
38	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	31413.36	0.00000027	0.008482
	2 nd Deck Beam	18749.28	0.00000027	0.005062
	Main Deck Beam	21813	0.00000027	0.00589

39	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	43412.16	0.00000027	0.011721
	2 nd Deck Beam	18483.6	0.00000027	0.004991
	Main Deck Beam	21787.92	0.00000027	0.005883
40	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	30984.36	0.00000027	0.008366
	2 nd Deck Beam	18118.32	0.00000027	0.004892
	Main Deck Beam	21724.56	0.00000027	0.005866
41	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	30670.2	0.00000027	0.008281
	2 nd Deck Beam	17637.84	0.00000027	0.004762
	Main Deck Beam	21616.32	0.00000027	0.005836
42	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	30316.44	0.00000027	0.008185
	2 nd Deck Beam	17063.64	0.00000027	0.004607
	Main Deck Beam	21456.6	0.00000027	0.005793
43	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28203.12	0.00000027	0.007615
	2 nd Deck Beam	16371.96	0.00000027	0.00442
	Main Deck Beam	21242.76	0.00000027	0.005736
44	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	23024.76	0.00000027	0.006217
	2 nd Deck Beam	15626.16	0.00000027	0.004219
	Main Deck Beam	20977.44	0.00000027	0.005664
45	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	33116.16	0.00000027	0.008941
	2 nd Deck Beam	14834.16	0.00000027	0.004005
	Main Deck Beam	20667.24	0.00000027	0.00558
46	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	37254.36	0.00000027	0.010059
	2 nd Deck Beam	13995.96	0.00000027	0.003779
	Main Deck Beam	20313.48	0.00000027	0.005485
47	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28485.6	0.00000027	0.007691
	2 nd Deck Beam	13107.6	0.00000027	0.003539
	Main Deck Beam	19918.8	0.00000027	0.005378
48	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28228.2	0.00000027	0.007622

	2 nd Deck Beam	12129.48	0.00000027	0.003275
	Main Deck Beam	19466.04	0.00000027	0.005256
49	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	27981.36	0.00000027	0.007555
	2 nd Deck Beam	11014.08	0.00000027	0.002974
	Main Deck Beam	18890.52	0.00000027	0.0051
50	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	27994.56	0.00000027	0.007559
	2 nd Deck Beam	9773.28	0.00000027	0.002639
	Main Deck Beam	18201.48	0.00000027	0.004914
51	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28112.04	0.00000027	0.00759
	2 nd Deck Beam	12538.68	0.00000027	0.003385
	Main Deck Beam	19815.84	0.00000027	0.00535
52	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28201.8	0.00000027	0.007614
	2 nd Deck Beam	11217.36	0.00000027	0.003029
	Main Deck Beam	19310.28	0.00000027	0.005214
53	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28176.72	0.00000027	0.007608
	2 nd Deck Beam	9898.68	0.00000027	0.002673
	Main Deck Beam	18754.56	0.00000027	0.005064
54	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28845.96	0.00000027	0.007788
	2 nd Deck Beam	9902.64	0.00000027	0.002674
	Main Deck Beam	18919.56	0.00000027	0.005108
55	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	25182.96	0.00000027	0.006799
	2 nd Deck Beam	6890.4	0.00000027	0.00186
	Main Deck Beam	16905.24	0.00000027	0.004564
56	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	30959.28	0.00000027	0.008359
	2 nd Deck Beam	5410.68	0.00000027	0.001461
	Main Deck Beam	15653.88	0.00000027	0.004227
57	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	21688.92	0.00000027	0.005856
	2 nd Deck Beam	4036.56	0.00000027	0.00109
	Main Deck Beam	14328.6	0.00000027	0.003869

58	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	28868.4	0.00000027	0.007794
	Main Deck Beam	12912.24	0.00000027	0.003486
59	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	22677.6	0.00000027	0.006123
	Main Deck Beam	11408.76	0.00000027	0.00308
60	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	24218.04	0.00000027	0.006539
	Main Deck Beam	9819.48	0.00000027	0.002651
61	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	15067.8	0.00000027	0.004068
	Main Deck Beam	8428.2	0.00000027	0.002276
62	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	17408.16	0.00000027	0.0047
	Main Deck Beam	6485.16	0.00000027	0.001751
63	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	11387.64	0.00000027	0.003075
	Main Deck Beam	4749.36	0.00000027	0.001282
64	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	11394.24	0.00000027	0.003076
	Main Deck Beam	3072.96	0.00000027	0.00083
65	Floor	0	0.00000027	0
	Frame	6787.44	0.00000027	0.001833
	Main Deck Beam	0	0.00000027	0
				1.061

Tabel 4.3 : Tabel perhitungan KG dan LCG konstruksi lambung KLM pinisi

No Gd	Konstruksi	KG	LCG	W x KG	W x LCG
		[m]	[m]	[ton.m]	[ton.m]
1	Floor		1.1266	0	0
	Frame		1.1134	0	0
	2 nd Deck Beam		1.1266	0	0
	Main Deck Beam		1.1266	0	0
2	Floor		1.6866	0	0
	Frame		1.6734	0	0

	2 nd Deck Beam		1.6866	0	0
	Main Deck Beam		1.6966	0	0
3	Floor	6.0658	2.2466	0	0
	Frame	6.1692	2.2334	0.029883	0.010818
	2 nd Deck Beam		2.2466	0	0
	Main Deck Beam		2.2466	0	0
4	Floor	5.8024	2.8066	0	0
	Frame	5.9861	2.7934	0.028499	0.013299
	2 nd Deck Beam		2.8066	0	0
	Main Deck Beam		2.8066	0	0
5	Floor	5.3026	3.3666	0	0
	Frame	5.6362	3.3534	0.027672	0.016464
	2 nd Deck Beam	6.0885	3.3666	0.026072	0.014416
	Main Deck Beam		3.3666	0	0
6	Floor	4.7891	3.9266	0	0
	Frame	5.285	3.9134	0.027511	0.020372
	2 nd Deck Beam	6.0924	3.9266	0.027897	0.01798
	Main Deck Beam		3.9266	0	0
7	Floor	4.2853	4.4866	0	0
	Frame	4.9555	4.4734	0.027451	0.024881
	2 nd Deck Beam	6.0958	4.4866	0.029347	0.0216
	Main Deck Beam		4.4866	0	0
8	Floor	3.7986	5.0466	0	0
	Frame	4.5993	5.0334	0.027417	0.030005
	2 nd Deck Beam	6.0773	5.0466	0.03039	0.025236
	Main Deck Beam		5.0466	0	0
9	Floor	3.3488	5.6066	0	0
	Frame	4.2877	5.5934	0.026973	0.035187
	2 nd Deck Beam	5.4887	5.6066	0.027273	0.027859
	Main Deck Beam		5.6066	0	0
10	Floor	2.9289	6.1666	0	0
	Frame	4.0077	6.1534	0.026583	0.040815
	2 nd Deck Beam	5.0976	6.1666	0.025493	0.030839
	Main Deck Beam		6.1666	0	0
11	Floor	2.532	6.7266	0	0
	Frame	3.7153	6.7134	0.025752	0.046532
	2 nd Deck Beam	5.1	6.7266	0.02629	0.034675
	Main Deck Beam		6.7266	0	0

12	Floor	2.1616	7.2866	0	0
	Frame	3.4691	7.2734	0.025054	0.052529
	2 nd Deck Beam	2.5586	7.2866	0.005314	0.015125
	Main Deck Beam	5.102	7.2866	0.026963	0.038507
13	Floor	1.8157	7.8466	0	0
	Frame	3.2116	7.8334	0.024047	0.058653
	2 nd Deck Beam	2.5739	7.8466	0.003002	0.024394
	Main Deck Beam	5.1036	7.8466	0.027513	0.0423
14	Floor	1.7211	8.4066	0	0
	Frame	3.0183	8.3934	0.025539	0.071019
	2 nd Deck Beam	2.5826	8.4066	0.010114	0.032921
	Main Deck Beam	5.105	8.4066	0.027983	0.04608
15	Floor	1.6131	8.9666	0	0
	Frame	2.8021	8.9534	0.030717	0.098149
	2 nd Deck Beam	2.5884	8.9666	0.011531	0.039946
	Main Deck Beam	5.1061	8.9666	0.028391	0.049856
16	Floor	1.5131	9.5266	0	0
	Frame	2.5842	9.5134	0.038036	0.140024
	2 nd Deck Beam	2.5928	9.5266	0.012539	0.046071
	Main Deck Beam	5.1072	9.5266	0.02875	0.053628
17	Floor	1.4061	10.0866	0	0
	Frame	2.3384	10.0734	0.004235	0.018242
	2 nd Deck Beam	2.5961	10.0866	0.013281	0.051601
	Main Deck Beam	5.1081	10.0866	0.029067	0.057396
18	Floor	0.5772	10.6466	0	0
	Frame	2.258	10.6334	0.057761	0.272008
	2 nd Deck Beam	2.5970	10.6466	4E-06	1.64E-05
	Main Deck Beam	5.1089	10.6466	0.086644	0.18056
19	Floor	0.5469	11.2066	0	0
	Frame	2.1561	11.1934	0.018699	0.097076
	2 nd Deck Beam	2.5977	11.2066	0.013672	0.05898
	Main Deck Beam	5.1096	11.2066	0.029403	0.064488
20	Floor	0.1569	11.7666	0	0
	Frame	2.0669	11.7534	0.018197	0.103474
	2 nd Deck Beam	2.5983	11.7666	0.01392	0.062586
	Main Deck Beam	5.11	11.7666	0.029567	0.068083
21	Floor	0.1283	12.3266	0	0

	Frame	1.9462	12.3134	0.01776	0.112363
	2 nd Deck Beam	2.5990	12.3266	0.013953	0.066175
	Main Deck Beam	5.1104	12.3266	0.02973	0.07171
22	Floor	0.1177	12.8866	0	0
	Frame	1.8593	12.8734	0.016396	0.113523
	2 nd Deck Beam	2.5996	12.8866	0.014073	0.06976
	Main Deck Beam	5.111	12.8866	0.029883	0.075345
23	Floor	0.1051	13.4466	0	0
	Frame	1.7995	13.4334	0.01572	0.11735
	2 nd Deck Beam	2.6003	13.4466	0.014185	0.073352
	Main Deck Beam	5.1114	13.4466	0.030022	0.078978
24	Floor	0.097	14.0066	0	0
	Frame	1.7287	13.9934	0.015718	0.12723
	2 nd Deck Beam	2.6009	14.0066	0.014289	0.076951
	Main Deck Beam	5.1117	14.0066	0.03014	0.082587
25	Floor	0.0961	14.5666	0	0
	Frame	1.7287	14.5534	0.015725	0.132384
	2 nd Deck Beam	2.6014	14.5666	0.014384	0.080541
	Main Deck Beam	5.1121	14.5666	0.030232	0.086143
26	Floor	0.0958	15.1266	0	0
	Frame	1.7189	15.1134	0.01561	0.137251
	2 nd Deck Beam	1.9490	15.1266	0.010255	0.079589
	Main Deck Beam	5.1122	15.1266	0.030294	0.089638
27	Floor	0.0957	15.6866	0	0
	Frame	1.6856	15.6734	0.057017	0.530167
	2 nd Deck Beam	1.9488	15.6866	0.010301	0.082916
	Main Deck Beam	5.1124	15.6866	0.030352	0.09313
28	Floor	0.0956	16.2466	0	0
	Frame	1.6483	16.2334	0.017907	0.176356
	2 nd Deck Beam	1.9475	16.2466	0.010318	0.086073
	Main Deck Beam	4.4617	16.2466	0.026282	0.095702
29	Floor	0.0957	16.8066	0	0
	Frame	1.6408	16.7934	0.030244	0.309547
	2 nd Deck Beam	1.9550	16.8066	0.010369	0.089141
	Main Deck Beam	4.4617	16.8066	0.026303	0.099078
30	Floor	0.0958	17.3666	0	0
	Frame	1.6241	17.3534	0.014471	0.154619
	2 nd Deck Beam	1.949	17.3666	0.010326	0.092012

	Main Deck Beam	4.4616	17.3666	0.026312	0.102417
31	Floor	0.0960	17.9266	0	0
	Frame	1.6236	17.9134	0.014374	0.158593
	2 nd Deck Beam	1.9488	17.9266	0.010306	0.094801
	Main Deck Beam	4.4619	17.9266	0.02632	0.105745
32	Floor	0.0962	18.4866	0	0
	Frame	1.6970	18.4734	0.024505	0.266754
	2 nd Deck Beam	1.9468	18.4866	0.010262	0.097446
	Main Deck Beam	4.4635	18.4866	0.026336	0.109075
33	Floor	0.0963	19.0466	0	0
	Frame	1.6928	19.0334	0.014799	0.166393
	2 nd Deck Beam	1.9465	19.0466	0.010223	0.100031
	Main Deck Beam	4.4635	19.0466	0.026336	0.112379
34	Floor	0.0965	19.6066	0	0
	Frame	1.7309	19.5934	0.017436	0.19737
	2 nd Deck Beam	1.9461	19.6066	0.010176	0.102518
	Main Deck Beam	4.4636	19.6066	0.026333	0.115669
35	Floor	0.0967	20.1666	0	0
	Frame	1.7016	20.1534	0.027432	0.324901
	2 nd Deck Beam	1.9457	20.1666	0.010117	0.104864
	Main Deck Beam	4.4636	20.1666	0.026328	0.118951
36	Floor	0.0969	20.7266	0	0
	Frame	1.7207	20.7134	0.027075	0.325919
	2 nd Deck Beam	1.9452	20.7266	0.010044	0.107022
	Main Deck Beam	4.4636	20.7266	0.02632	0.122217
37	Floor	0.0971	21.2866	0	0
	Frame	1.7234	21.2734	0.014702	0.181479
	2 nd Deck Beam	1.9445	21.2866	0.009952	0.10895
	Main Deck Beam	4.4636	21.2866	0.026308	0.125459
38	Floor	0.0972	21.8466	0	0
	Frame	1.7066	21.8334	0.014475	0.185182
	2 nd Deck Beam	1.9437	21.8466	0.00984	0.110594
	Main Deck Beam	4.4635	21.8466	0.026288	0.128666
39	Floor	0.0973	22.4066	0	0
	Frame	1.7179	22.3934	0.020136	0.262479
	2 nd Deck Beam	1.9426	22.4066	0.009696	0.11184
	Main Deck Beam	4.4635	22.4066	0.026258	0.131812

40	Floor	0.0976	22.9666	0	0
	Frame	1.7293	22.9534	0.014467	0.192023
	2 nd Deck Beam	1.9411	22.9666	0.009496	0.112351
	Main Deck Beam	4.4633	22.9666	0.02618	0.134714
41	Floor	0.0980	23.5266	0	0
	Frame	1.7591	23.5134	0.014567	0.194713
	2 nd Deck Beam	1.9390	23.5266	0.009234	0.112039
	Main Deck Beam	4.4629	23.5266	0.026047	0.137311
42	Floor	0.5984	24.0866	0	0
	Frame	2.3311	24.0734	0.019081	0.197051
	2 nd Deck Beam	1.9403	24.0866	0.008939	0.110971
	Main Deck Beam	4.4624	24.0866	0.025852	0.13954
43	Floor	0.5990	24.6466	0	0
	Frame	2.3861	24.6334	0.01817	0.187579
	2 nd Deck Beam	1.9408	24.6466	0.008579	0.108949
	Main Deck Beam	4.4616	24.6466	0.02559	0.141362
44	Floor	0.6009	25.2066	0	0
	Frame	2.4706	25.1934	0.015359	0.156619
	2 nd Deck Beam	1.932	25.2066	0.008151	0.106348
	Main Deck Beam	4.4607	25.2066	0.025265	0.142768
45	Floor	0.6044	25.7666	0	0
	Frame	2.5365	25.7534	0.02268	0.230271
	2 nd Deck Beam	1.9285	25.7666	0.007724	0.103201
	Main Deck Beam	4.4594	25.7666	0.024884	0.143782
46	Floor	0.6088	26.3266	0	0
	Frame	2.6261	26.3134	0.026415	0.264678
	2 nd Deck Beam	1.9247	26.3266	0.007273	0.099486
	Main Deck Beam	4.458	26.3266	0.024451	0.144392
47	Floor	0.6130	26.8866	0	0
	Frame	2.6865	26.8734	0.020662	0.206686
	2 nd Deck Beam	1.9200	26.8866	0.006795	0.095153
	Main Deck Beam	4.4563	26.8866	0.023966	0.144598
48	Floor	0.6158	27.4466	0	0
	Frame	2.7871	27.4334	0.021242	0.209087
	2 nd Deck Beam	1.9161	27.4466	0.006275	0.089887
	Main Deck Beam	4.4544	27.4466	0.023412	0.144255
49	Floor	0.7053	28.0066	0	0
	Frame	2.9441	27.9934	0.022243	0.211489

	2 nd Deck Beam	1.9117	28.0066	0.005685	0.083286
	Main Deck Beam	4.4519	28.0066	0.022707	0.142846
50	Floor	0.9165	28.5666	0	0
	Frame	3.0435	28.5534	0.023004	0.215822
	2 nd Deck Beam	1.906	28.5666	0.00503	0.075381
	Main Deck Beam	4.4490	28.5666	0.021864	0.140388
51	Floor	1.1461	29.1266	0	0
	Frame	3.1947	29.1134	0.024249	0.220978
	2 nd Deck Beam	2.9175	29.1266	0.009877	0.098606
	Main Deck Beam	5.3100	29.1266	0.02841	0.155835
52	Floor	1.3147	29.6866	0	0
	Frame	3.3235	29.6734	0.025307	0.225948
	2 nd Deck Beam	2.9116	29.6866	0.008818	0.089911
	Main Deck Beam	5.3578	29.6866	0.027934	0.154779
53	Floor	0.9487	30.2466	0	0
	Frame	2.9541	30.2334	0.022474	0.230007
	2 nd Deck Beam	2.9055	30.2466	0.007765	0.080838
	Main Deck Beam	5.3861	30.2466	0.027274	0.153161
54	Floor	1.0654	30.8066	0	0
	Frame	2.9381	30.7934	0.022883	0.239832
	2 nd Deck Beam	2.9055	30.8066	0.007768	0.082368
	Main Deck Beam	5.4363	30.8066	0.02777	0.157369
55	Floor	1.3725	31.3666	0	0
	Frame	3.3761	31.3534	0.022955	0.213184
	2 nd Deck Beam	2.8892	31.3666	0.005375	0.058355
	Main Deck Beam	5.4773	31.3666	0.025001	0.14317
56	Floor	1.7216	31.9266	0	0
	Frame	3.6073	31.9134	0.030153	0.266764
	2 nd Deck Beam	2.8856	31.9266	0.004216	0.046641
	Main Deck Beam	5.5216	31.9266	0.023337	0.134939
57	Floor	2.1664	32.4866	0	0
	Frame	3.8871	32.4734	0.022763	0.190165
	2 nd Deck Beam	2.8776	32.4866	0.003136	0.035406
	Main Deck Beam	5.5655	32.4866	0.021531	0.125682
58	Floor	2.6401	33.0466	0	0
	Frame	4.1934	33.0334	0.032685	0.257478
	Main Deck Beam	5.6091	33.0466	0.019555	0.115211

59	Floor	3.1265	33.6066	0	0
	Frame	4.4975	33.5934	0.027538	0.205691
	Main Deck Beam	5.6523	33.6066	0.017411	0.103521
60	Floor	3.6278	34.1666	0	0
	Frame	4.8145	34.1534	0.031481	0.223325
	Main Deck Beam	5.6949	34.1666	0.015099	0.090585
61	Floor	4.1414	34.7266	0	0
	Frame	5.1195	34.7134	0.020828	0.141225
	Main Deck Beam	5.7882	34.7266	0.013172	0.079024
62	Floor	4.6554	35.2866	0	0
	Frame	5.4385	35.2734	0.025532	0.165792
	Main Deck Beam	5.7814	35.2866	0.010123	0.061787
63	Floor	5.2161	35.8466	0	0
	Frame	5.7598	35.8334	0.017709	0.110176
	Main Deck Beam	5.8231	35.8466	0.007467	0.045967
64	Floor	5.4233	36.4066	0	0
	Frame	6.0803	36.3934	0.018706	0.111962
	Main Deck Beam	5.8653	36.4066	0.004866	0.030207
65	Floor	5.9233	36.9666	0	0
	Frame	6.3662	36.9534	0.011667	0.067721
	Main Deck Beam		36.9666	0	0
		3.262	18.616	3.460	19.746

Estimasi Biaya Pembuatan Kapal Dengan Konstruksi Lambung Kayu

LABOUR		DURATION (Month)	QUANTITY (Person)	DAILY	Unit Cost	Sub Total
1	Senior Boatbuilder					
	Fabrikasi	8	1	Rp 83,333.33	Rp 2,500,000.00	Rp 20,000,000.00
	Assembly	8	1	Rp 83,333.33	Rp 2,500,000.00	Rp 20,000,000.00
2	Boatbuilder					
	Fabrikasi	8	5	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 60,000,000.00
	Assembly	8	5	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 60,000,000.00
3	Helper					
	Fabrikasi	8	6	Rp 33,333.33	Rp 1,000,000.00	Rp 48,000,000.00
	Assembly	8	6	Rp 33,333.33	Rp 1,000,000.00	Rp 48,000,000.00
4	Officials & Engineering					
	Project Superintendent	8	2	Rp 150,000.00	Rp 4,500,000.00	Rp 72,000,000.00
	Project Manager	8	1	Rp 100,000.00	Rp 3,000,000.00	Rp 24,000,000.00
	Drafter	8	2	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 24,000,000.00
	Tool man	8	1	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 12,000,000.00
	Administration	8	1	Rp 33,333.33	Rp 1,000,000.00	Rp 8,000,000.00
	Driver	8	1	Rp 26,666.67	Rp 800,000.00	Rp 6,400,000.00
	Office Boy	8	2	Rp 26,666.67	Rp 800,000.00	Rp 12,800,000.00
	Security (Local Village)	8	2	Rp 26,666.67	Rp 800,000.00	Rp 12,800,000.00
5	System and Installation					
	Supervisor (Rosyd)	5	1	Rp 83,333.33	Rp 2,500,000.00	Rp 12,500,000.00
	Workers	5	4	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 30,000,000.00
6	Interiors					
	Supervisor	?	?	Rp -		
	Workers	?	?	Rp -		
Labour Cost						Rp 470,500,000.00



Estimasi Biaya Pembuatan Kapal Dengan Konstruksi Lambung Aluminium

		DURATION (Month)	QUANTITY (Person)	DAILY	Unit Cost	Sub Total
1	Senior Boatbuilder					
	Fabrikasi	8	1	Rp 83,333.33	Rp 2,500,000.00	Rp 20,000,000.00
	Assembly	8	1	Rp 83,333.33	Rp 2,500,000.00	Rp 20,000,000.00
2	Boatbuilder					
	Fabrikasi	8	5	Rp 75,000.00	Rp 2,250,000.00	Rp 90,000,000.00
	Assembly	8	5	Rp 75,000.00	Rp 2,250,000.00	Rp 90,000,000.00
	Welder	8	6	Rp 100,000.00	Rp 3,000,000.00	Rp 144,000,000.00
	helper	8	8	Rp 75,000.00	Rp 2,250,000.00	Rp 144,000,000.00
3	Helper					
	Fabrikasi	8	6	Rp 50,000.00	Rp 1,000,000.00	Rp 48,000,000.00
	Assembly	8	6	Rp 50,000.00	Rp 1,000,000.00	Rp 48,000,000.00
4	Officials & Engineering					
	Project Superintendent	8	2	Rp 150,000.00	Rp 4,500,000.00	Rp 72,000,000.00
	Project Manager	8	1	Rp 100,000.00	Rp 3,000,000.00	Rp 24,000,000.00
	Drafter	8	2	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 24,000,000.00
	Tool man	8	1	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 12,000,000.00
	Administration	8	1	Rp 33,333.33	Rp 1,000,000.00	Rp 8,000,000.00
	Driver	8	1	Rp 26,666.67	Rp 800,000.00	Rp 6,400,000.00
	Office Boy	8	2	Rp 26,666.67	Rp 800,000.00	Rp 12,800,000.00
	Security (Local Village)	8	2	Rp 26,666.67	Rp 800,000.00	Rp 12,800,000.00
5	System and Installation					
	Supervisor	5	1	Rp 83,333.33	Rp 2,500,000.00	Rp 12,500,000.00
	Workers	5	4	Rp 50,000.00	Rp 1,500,000.00	Rp 30,000,000.00
	Labour Cost					Rp 818,500,000.00

Surabaya, 12 Juni 2007

Nomor : E.133/ 51300 / VI / 2007
Klasifikasi : Biasa
Perihal : Permohonan Penelitian

Kepada
Yth. PD I Fak Tek. Kelautan
ITS
di
Surabaya

1. Memperhatikan surat dari PD I Fak Tek. Kelautan ITS Surabaya, perihal ijin Penelitian, bersama ini kami sampaikan bahwa PT. PAL INDONESIA (PERSERO) dapat menerima Permohonan tersebut dengan syarat Pihak lembaga pendidikan berkewajiban mengasuransikan siswa yang akan melakukan Penelitian di PT PAL INDONESIA (PERSERO) dengan dibuktikan dengan Polish Asuransi / surat pernyataan dari lembaga pendidikan bahwa siswa tsb telah diasuransikan. Adapun nama siswa tersebut :

NO	NAMA	NIS	JURUSAN
1	Kadapi	4102109012	Teknik Perkapalan

2. Sehubungan dengan hal tersebut diatas, ketentuan yang perlu diketahui dan dipahami oleh praktikan selama melaksanakan Penelitian sebagai berikut :
- Tunduk pada peraturan tata tertib PT. PAL INDONESIA (PERSERO) dan TNI Angkatan Laut karena PT. PAL INDONESIA (PERSERO) berada di Basis TNI Angkatan Laut.
 - PT PAL INDONESIA (PERSERO) tidak memberikan fasilitas pengangkutan, pemondokan dan uang saku serta tidak memungut biaya apapun.
 - Penelitian dimulai pukul 07.30 – 11.30 WIB.
 - Penelitian ditentukan selama 1 (satu) bulan mulai **tanggal 18 Juni s/d 18 Juli 2007**.
 - Untuk menjaga keselamatan selama melaksanakan Penelitian di PT. PAL INDONESIA praktikan diharuskan memakai peralatan kerja dan pakaian keselamatan kerja yang disediakan sendiri.
 - Untuk menjaga Kevalidan data-data yang diperoleh dari PT.PAL INDONESIA untuk pengesahan Laporan Penelitian maka disyaratkan ada lembar pengesahan dari PT.PAL INDONESIA (PERSERO) sebelum diajukan ke Lembaga Pendidikan sebagai bahan kelengkapan penyerahan Laporan Penelitian.
3. Sehubungan tersebut diatas, diharapkan yang bersangkutan hadir di Departemen Manajemen SDM PT. PAL INDONESIA (PERSERO) pada tanggal **18 Juni 2007** untuk menyelesaikan administrasi lebih lanjut.
4. Demikian disampaikan dan atas kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

An. KADIV. BIN. ORG & SDM
KADEP/MSDM

HADI HARTONO

Catatan :

Praktikan harap menyiapkan Pas photo berwarna 3 X 4 dan copy KTP masing - masing 2 lembar serta melampirkan copy Polis Asuransi ybs.

Fm : TA-04

EVALUASI DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR (LK. 1347)

1. Nama : Kadapi
 2. NRP : 4102.109.012
 3. Semester : Genap
 4. Tahun Ajaran : 2006 / 2007
 5. Judul Tugas Akhir : ANALISA TEKNIK DAN EKONOMIS PENGGUNAAN ALUMINIUM UNTUK KOMPONEN KONSTRUKSI KAPAL TRADISIONAL.
 6. Dosen Pembimbing: IR. TRIWILASWANDIO . WP . MSc.

7. Materi Evaluasi Tugas Akhir :

No	Materi Evaluasi (Bobot)	Periksa	Nilai	CATATAN
1	Sistematika & Format Tugas Akhir (40 %)	Penulisan Judul & Abstrak	75	
		Latar Belakang & Perumusan Masalah		
		Tujuan & Manfaat		
		Tinjauan Pustaka		
		Hipotesis (Dugaan Awal)		
		Pembahasan Teori		
		Metodologi & Analisis		
		Kesimpulan & Saran		
		Daftar Pustaka & Lampiran		
2	Materi & Substansi Tugas Akhir (50 %)	Hubungan antara Judul dan Materi Skripsi	75	
		Kejelasan & Konsistensi Penulisan		
		Mengikuti Perkembangan Iptek		
		Kualitas Tugas Akhir		
3	Aktivitas Konsultasi (10 %)	Frekwensi dan Intensitas Konsultasi Tugas Akhir	100	
		TOTAL	77.5	

8. Hasil Evaluasi : Kesiapan Ujian Oral (YA / TIDAK) *

9. Catatan / Penjelasan Dosen Pembimbing

- Materi Teknik & Ekonomi diperbaiki.

Surabaya, 13/2/2007.
Dosen Pembimbing

IR. Triwilaswadio MSc.
NIP.