



UNIVERSITAS INDONESIA

**Usulan Konstruksi Kapal Kayu Tradisional Dengan
Menggunakan Lambung Laminasi**

SKRIPSI

**Hendra Irawan
0606077781**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JANUARI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**Usulan Konstruksi Kapal Kayu Tradisional Dengan
Menggunakan Lambung Laminasi**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**Hendra Irawan
0606077781**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

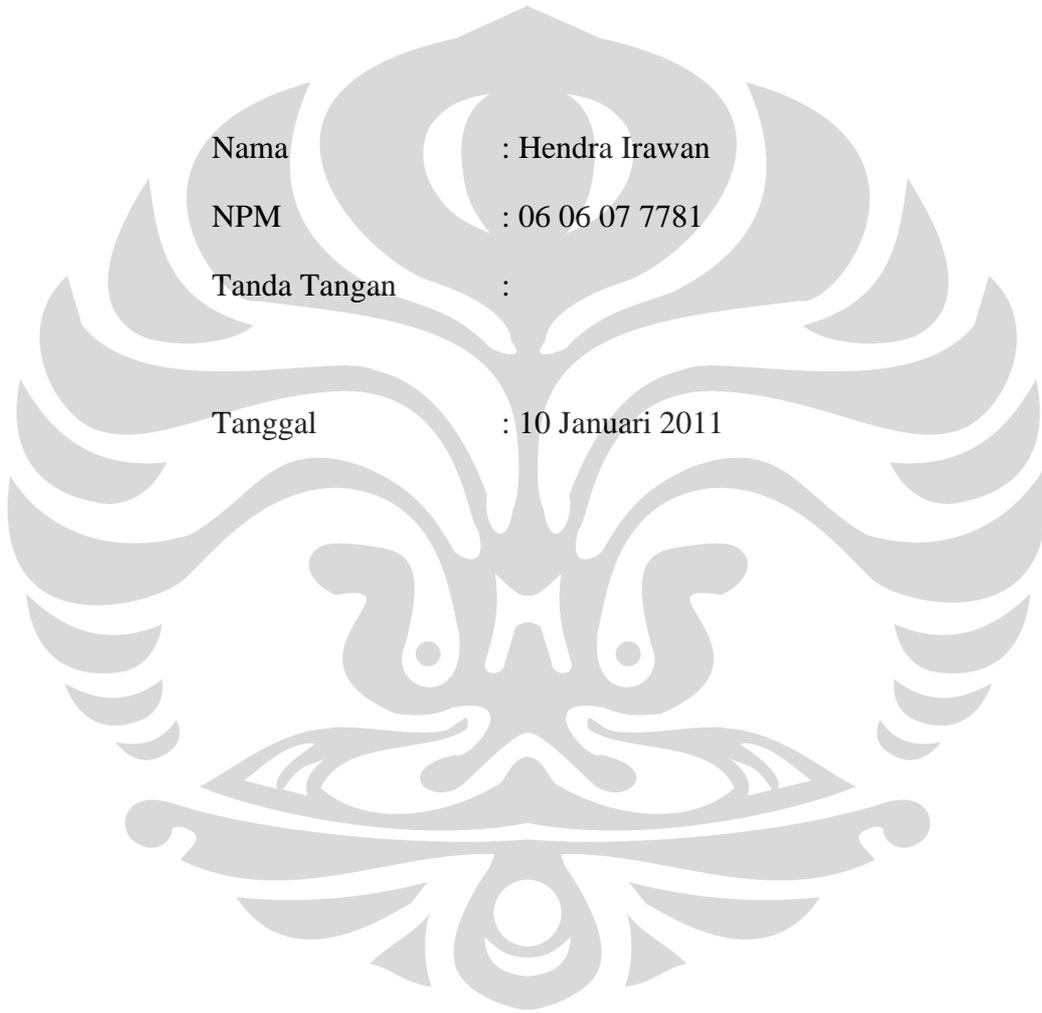
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Hendra Irawan

NPM : 06 06 07 7781

Tanda Tangan :

Tanggal : 10 Januari 2011



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Hendra Irawan
NPM : 06 06 07 7781
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Usulan Konstruksi Kapal Kayu Tradisional Dengan Menggunakan Lambung laminasi

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : DR.Ir. Sunaryo, ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng ()
Penguji : Ir. M. A. Talahatu, M.T ()
Penguji : Ir. Mukti Wibowo ()
Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 10 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan YME, karena atas rahmat dan karunia-Nya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Atas segala saran bimbingan, dukungan dan bantuan, pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. DR.Ir. Sunaryo, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng , Ir. M. A. Talahatu, M.T, Ir. Hadi Tresno Wibowo, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah menularkan ilmu dan pengalamannya.
3. Bapak dan Ibu tercinta, kakak yang telah sabar memberikan nasihat dan dukungannya sehingga skripsi ini terselesaikan.
4. Pak Rudolf bar yang telah membantu dalam penyediaan material dan memberikan ilmu dan pengalamannya .
5. Para sahabat, teman dekat dan pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah disebutkan di atas. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 10 Januari 2011

Hendra Irawan

HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Hendra Irawan

NPM : 06 06 07 7781

Program Studi : Teknik Perkapalan

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

“Usulan Konstruksi Kapal Kayu Tradisional Dengan Menggunakan Lambung Laminasi”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 10 Januari 2011

Yang menyatakan,

Hendra Irawan

iv

Universitas Indonesia

Abstrak

Perkembangan teknologi pembangunan kapal dari masa ke masa terus mengalami kemajuan seiring dengan adanya penemuan metode konstruksi baru yang modern dan canggih untuk mendapatkan hasil yang lebih efisien dari segi waktu dan harga. Keadaan ini berlawanan dengan pembangunan kapal berbasis kerakyatan, dimana proses pengerjaannya masih bersifat tradisional serta membutuhkan waktu yang relatif cukup lama khususnya pada kapal pinisi. Kapal pinisi menggunakan bahan dasar kayu, dimana keberadaanya semakin terbatas dan mahal. Maka dari itu, dengan misi untuk menyelamatkan pelayaran rakyat khususnya kapal pinisi. Mulai saat ini sudah perlu dipikirkan dan dicari bahan baku alternatif untuk mengganti kayu sebagai bahan baku pembuatan kapal dengan bahan baku lain. Salah satu cara yang digunakan ialah dengan memakai teknologi laminasi yaitu dengan menggabungkan satu atau lebih jenis material yang direkatkan menjadi satu kesatuan. Dalam skripsi ini, metode yang dipakai adalah analisis dari sampel kapal pinisi yang telah dibangun. Batasan analisis yang penulis ambil hanya pada konstruksi saja khususnya pada bagian lambung kapal. Oleh karena itu, melalui teknologi laminasi ini diharapkan mendapat material yang memiliki karakteristik mekanik yang lebih baik, bobot yang lebih ringan serta harga yang relatif murah serta mempermudah pengerjaan dalam proses pembangunan kapal baru

Kata kunci : Kapal pinisi, laminasi, konstruksi

Abstract

The development of shipbuilding technology from time to time continue to progress along with the discovery of new, modern construction methods and technology to get more efficient results in terms of time and price. This situation is contrary to populist-based ship building, where the working process still traditional in nature and require a relatively long time, especially on pinisi ship. Pinisi ship using basic materials of wood, where its presence is increasingly limited and expensive. Therefore, with a mission to rescue the people, especially cruise ship pinisi. Start now to think about and look for alternative materials to replace wood as raw material for the manufacture of ships with other raw materials. One method used is by using lamination technology by combining one or more types of material bonded into a single unit .. In this paper, the method used is the analysis of samples pinisi ship that has been built. Restriction analysis that the authors take only on construction alone, especially on the hull. Therefore, through lamination technology is expected to have material that has better mechanical characteristics, the lighter weight and a relatively cheap price and makes for progress in the development process of new vessel

Keywords: Pinisi Ship , lamination, construction

DAFTAR ISI

	halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	01
1.2 TUJUAN PENELITIAN	02
1.3 METODE PENELITIAN	02
1.4 BATASAN PENELITIAN	03
1.5 METODE PENULISAN	03
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	04
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 KOMPOSIT DALAM INDUSTRI PERKAPALAN	06
2.2 MATRIKS RESIN EPOXY	06
2.3 LAMINASI	08
2.4 MIKROMEKANIKA KOMPOSIT.....	10
2.5 FABRIKASI KOMPOSIT.....	11
2.6 TEORI KEGAGALAN	12
2.7 DASAR-DASAR KONSTRUKSI KAPAL KAYU.....	12

BAB III EKSPERIMENTAL

3.1 PEMBUATAN KOMPOSIT	18
3.2 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.3 PEMASANGAN LAMINASI PADA LAMBUNG KAPAL KAYU	20

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 DATA DAN PENGOLAHAN PENGUJIAN.....	22
4.2 ANALISIS HASIL PENGUJIAN.....	28
4.3 ANALISA KONSTRUKSI KAPAL KAYU LAMINASI DENGAN LAMBUNG LAMINASI	30

BAB V KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN	36
----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	37
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Orientasi serat yang baik dan dihindari	09
Gambar 2.2 Kegagalan pada laminasi	09
Gambar 2.3 Kerusakan pada laminasi	10
Gambar 2.4 Tipikal Konstruksi Lambung Kapal Kayu	16
Gambar 2.5 Model Gading Utama pada Konstruksi Kapal	17
Gambar 3.1 Metode lapisan laminasi pada kulit kapal	21
Gambar 4.1 Material kayu	22
Gambar 4.2 Material fiber	24
Gambar 4.3 Perbandingan Kekuatan Tarik Hasil Pengujian	28
Gambar 4.4 General Arrangement	30
Gambar 4.5 Midship	31
Gambar 4.6 Deck Plate	32
Gambar 4.7 Sekat	32
Gambar 4.8 Dudukan Mesin	33
Gambar 4.9 Haluan	34
Gambar 4.10 Buritan	35

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1 Sampel Kayu	23
Tabel 4.2 Hasil perhitungan kayu	23
Tabel 4.3 Sampel Fiber	24
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Fiber	25
Tabel 4.5 Sampel Bambu	25
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Bambu	26
Tabel 4.7 Hasil pengujian mekanika bambu laminasi	26
Tabel 4.8 Nilai Perbandingan Bambu Laminasi dengan Nilai Kuat Acuan Mekanis Kayu Kadar Air 15%	27
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Uji Dengan Rules BKI	31

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kapal merupakan salah satu sarana perhubungan yang dibuat untuk dapat mengangkut berbagai jenis muatan, melintas perairan secara aman, cepat dan ekonomis dari satu pulau ke pulau lain maupun dari satu negara ke negara lainnya . Mengingat wilayah Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau, maka selayaknya diperkirakan keberadaan kapal guna melayani kebutuhan jasa angkut barang melalui laut antar pulau baik berupa muatan dan keperluan lainnya. Perkembangan teknologi pembangunan kapal dari masa ke masa terus mengalami kemajuan seiring dengan adanya penemuan metode konstruksi baru yang modern dan canggih untuk mendapatkan hasil yang lebih efisien dari segi waktu dan harga. Keadaan ini berlawanan dengan pembangunan kapal berbasis kerakyatan, dimana proses pengerjaannya masih bersifat tradisional serta membutuhkan waktu yang relatif cukup lama. Saat ini kapal rakyat yang masih eksis dalam pelayaran nasional kita adalah kapal pinisi.

Kapal pinisi merupakan kapal layar tradisional khas Indonesia yang berasal dari suku bugis Makasar, Sulawesi Selatan. Kapal ini umumnya memiliki dua tiang layar utama dan tujuh buah layar yaitu tiga di ujung depan, dua di depan, dan dua di belakang yang mempunyai makna bahwa nenek moyang bangsa Indonesia mampu mengarungi tujuh samudera besar di dunia. Saat ini kapal pinisi berfungsi sebagai *cargo vessel* (kapal barang) tradisional antar pulau, baik pulau besar maupun pulau terkecil sekalipun.

Kayu digunakan sebagai material utama dalam proses pengerjaan keseluruhan kapal pinisi. Tidak semua jenis kayu dapat dipergunakan untuk bahan pembuatan, hanya beberapa jenis kayu saja yang diperbolehkan dan disetujui oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Walaupun potensi kayu sebagai bahan baku utama pembuatan kapal kayu masih banyak tersedia, pertimbangan efisiensi dan penghematan bahan baku kayu bukanlah suatu

tindakan yang salah. Tindakan ini bukan hanya diperuntukkan pada saat ini, tetapi juga dipertimbangkan untuk masa-masa yang akan datang, karena tidak mustahil jika pada saat yang akan datang kebutuhan akan bahan baku kayu akan sulit didapatkan baik kualitas maupun kuantitasnya dan komoditi kayu tidak akan semurah dan semudah sekarang ini. Maka dari itu, dengan misi untuk menyelamatkan pelayaran rakyat khususnya kapal pinisi, mulai saat ini sudah perlu dipikirkan dan dicari bahan baku alternatif untuk mengganti kayu sebagai bahan baku pembuatan kapal dengan bahan baku lain. Salah satu cara yang digunakan ialah dengan memakai teknologi laminasi yaitu dengan menggabungkan satu atau lebih jenis material yang direkatkan menjadi satu kesatuan. Melalui teknologi laminasi ini diharapkan mendapat material yang memiliki karakteristik mekanik yang lebih baik, bobot yang lebih ringan serta harga yang relatif murah.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Mengacu pada latar belakang penelitian ini, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk meneliti sejauh manakah laminasi kayu, laminasi bambu serta fiber sebagai bahan baku bisa digunakan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan kapal.
2. Menganalisa kekuatan dari material laminasi kayu, laminasi bambu serta fiber dalam hal ini bisa dibuktikan dengan melakukan pengujian tarik di laboratorium uji material.
3. Merancang kapal kayu tradisional secara modern sehingga dapat digantikan dengan bahan laminasi

1.3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan penelitian secara langsung di laboratorium metalurgi dimana sampel material yaitu laminasi bambu, laminasi kayu dan laminasi fiber. Penelitian meliputi pengujian langsung dan tidak langsung. Pengujian langsung adalah uji tarik terhadap material tersebut untuk mendapatkan karakteristik dari material. Dari karakteristik dari material

tersebut bisa didapat manakah material yang paling cocok untuk pengganti kayu. Sedangkan pengujian tidak langsung mendapatkan variable dengan cara mengolahnya melalui berbagai formula yang ada sehingga didapatkan hasil dari variable yang digunakan pada pengujian langsung seperti Ultimate Tensile Stress, Ultimate Tensile Strain, dan Tensile Modulus Of Elasticity. Rancangan konstruksi dibuat dengan menggunakan referensi dari berbagai macam sumber antara lain BKI, Pelayaran Rakyat dan Gambar Rancangan kapal kayu UNHAS.

1.4 BATASAN PENELITIAN

1. Material yang digunakan Laminasi kayu dan bambu
2. Kapal yang dijadikan referensi adalah jenis Pinisi
3. Konstruksi kapal kayu dengan tipe Kapal Layar Motor (KLM)
4. Material Kapal adalah kayu
5. Pembahasan hanya pada konstruksi
6. Perhitungan mengacu pada aturan BKI dan Pelayaran Rakyat (PELRA)

1.5 METODE PENULISAN

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis melakukan beberapa metode, yaitu:

1. Konsultasi dengan dosen pembimbing

Tujuan daripada konsultasi dengan dosen pembimbing untuk merumuskan tema yang akan dibahas dalam skripsi serta alat uji yang harus dibuat untuk mendukung penelitian pada tema skripsi tersebut dan memperoleh informasi mengenai dasar teori yang digunakan dalam pengolahan data yang akan dilakukan serta hasil yang hendak diperoleh dari penelitian tersebut.

2. Membuat material

Membuat material sesuai dengan rancangan awal yang telah dikonsultasikan dengan dosen pembimbing serta mengenai bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian tersebut.

3. Pengumpulan data

Data-data yang diperoleh dari penelitian tersebut selanjutnya dibandingkan dengan dasar teori yang telah dijelaskan oleh dosen pembimbing, data-data dan keterangan didapat dari studi percobaan (data percobaan), studi literature (dari sumber-sumber yang berhubungan dengan penelitian) serta melakukan diskusi dengan team skripsi dan dosen pembimbing.

4. Pengolahan data

Data mentah dari penelitian material kemudian dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan yang terdapat pada dasar teori sehingga didapatkan data yang dibutuhkan yang kemudian digunakan untuk melakukan analisis dan proses selanjutnya. Setelah itu, material laminasinya dijadikan bahan dasar dalam konstruksi kapal pinisi

5. Analisis data

Data-data dari pengolahan digunakan untuk menganalisis bagaimana kekuatan dari ketiga material tersebut. Untuk bagian konstruksinya, data yang didapat dibuat gambar kembali sesuai dengan aturan kapal kayu tipe pinisi yang ada, kemudian konstruksinya digantikan dengan material laminasi

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

➤ **BAB I. PENDAHULUAN**

Dalam bab ini diuraikan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

➤ **BAB II. DASAR TEORI.**

Bab ini berisi tentang teori – teori dan penjelasan yang berkaitan dengan laminsi, persamaan umum dalam uji tarik (Tensile Test) dan konstruksi kapal kayu

➤ **BAB III. EKSPERIMENTAL**

Bab ini berisi tentang peralatan-peralatan pendukung dalam pengujian, kondisi dalam pengujian serta prosedur pengujian dan pengambilan data dan pemakaian material laminasi untuk lambung kapal kayu

➤ **BAB IV. DATA PENGOLAHAN DAN ANALISA**

Bab ini berisi contoh perhitungan terhadap data – data pokok yang diperoleh untuk mendapatkan parameter – parameter yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik karakteristik dan analisa terhadap hasil pengolahan data – data pokok tersebut serta pemakaian material laminasi pada lambung kapal.kayu beserta penjelasannya

➤ **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan dibahas pada bab-bab sebelumnya serta menjawab tujuan-tujuan dari penelitian. Selain itu bab ini juga mencakup saran-saran yang mungkin berguna untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Komposit Dalam Industri Perkapalan

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda-beda kemudian dipadukan untuk mendapatkan suatu material tersusun dengan karakteristik atau sifat-sifat yang lebih baik dan menguntungkan. Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

- Material yang menjadi penyusun komposit Karakteristik komposit ditentukan oleh karakteristik material penyusun menurut rule of mixtuture sehingga akan berbanding secara proporsional.
- Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun.
- Interaksi antar penyusun.

Komposit diklasifikasikan berdasarkan bentuk dari jenis penguatnya (Reinforcement) sebagai berikut :

- Partikel (particulate composite)
- Serat (fibre composite)
- Struktural yang berarti cara penggabungan material komposit.

Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda yaitu :

1. Penguat (reinforcement), umumnya berbentuk serat yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid dan lebih kuat.
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

2.2 Matriks Resin Epoksi

Matriks adalah pengisi ruang komposit yang diperkuat dengan serat , memegang peranan tak kalah penting dalam mentransfer antar matriks, melindungi dari kondisi luar dan menjaga permukaan serat dari pengikisan. Matriks memiliki kekurangan dalam menahan beban dalam struktur komposit tetapi beberapa jenis matrik memiliki kelebihan dalam pembebanan geser. Dalam Pemilihan matriks harus diperhatikan standar dari kekakuan

(*stiffness*), Kekuatan (*Strength*), kelembaban dan ketahanan terhadap lingkungan, ketahanan terhadap temperature tinggi dan aspek biaya sehingga komposit yang dihasilkan baik. Matriks yang banyak digunakan ialah Epoxy dan *Polyester*. Kedua Matriks ini tergolong dalam *thermoset polymers* bersama dengan matriks *phenolics, methalics dan ceramics*.

Untuk bidang maritime matriks yang baik harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Mampu membungkus dan melekat dengan kuat
- Mampu melindungi serat dari pengaruh lingkungan yang disebabkan oleh abrasi dan absorpsi air, serta kerusakan yang ditimbulkan oleh bahan kimia.
- Dapat membahasi serat dengan cepat
- Memiliki kekuatan tarik maksimum tinggi dan regangan tinggi
- Memiliki ketahanan yang baik.

Dalam penelitian ini yaitu menggunakan matriks resin *epoxy*. Kelebihan yang dimiliki *epoxy* antara lain memiliki kekuatan yang tinggi, penciutan yang rendah, proses adhesi yang baik berbagai substrate, tingkat toksisitas yang rendah, serta memiliki daya tahan yang baik terhadap pembebanan secara kontinyu. Resin yang digunakan dalam material komposit adalah jenis Termosetting resin yaitu *Unsaturated poliester Resins (UPS)* dan Epoxy (EP) dimana dalam penggunaannya dicampur dengan hardener sebagai additives.

Karakteristik minimum yang harus dipenuhi oleh Resin tersebut yaitu :

Unsaturated Poliester Resins, yang memiliki karakteristik :

Tensile Strength	: 40 MPa
Fracture Strain	: 2 %
Modulus of Elasticity	: 2700 MPa
Bending Strength	: 80 MPa

Epoxy Resins, yang memiliki karakteristik :

Tensile Strength	: 55 MPa
Fracture Strain	: 2,5%
Modulus of Elasticity	: 2700 MPa
Bending Strength	: 100 MPa

2.2.1 Reinforcement

Fungsi material penguat (reinforcement) adalah menahan beban utama komposit. Salah satu bentuk dari penguat yaitu serat (fiber). Hal yang harus dipertimbangkan dalam memilih jenis serat adalah :

- specific gravity,
- tensile strength and modulus,
- fatigue strength and fatigue failure mechanism,
- electrical and thermal conductivities,
- cost.

Material penguat untuk lambung (hull) kapal yang digunakan antara lain serat gelas, Carbon dan Aramid , dimana serat dapat terbentuk *Roving, Mats (continuous dan chopped strand mats)*, fabric (*woven roving*) dan Non Woven fabric.

2.2.2 Testing Materials

Pengujian yang dilakukan untuk material komposit laminasi untuk lambung (hull) kapal yaitu berupa uji tarik untuk memenuhi standart properties yang harus dipenuhi oleh material komposit untuk lambung (hull) yaitu :

Tensile Strength	=	10 kg/mm ²
Modulus of tensile Elasticity	=	700 kg/mm ²
Bending Strength	=	15 kg/mm ²
Modulus Of Bending Strength	=	700 kg/mm ²

2.3 Laminasi

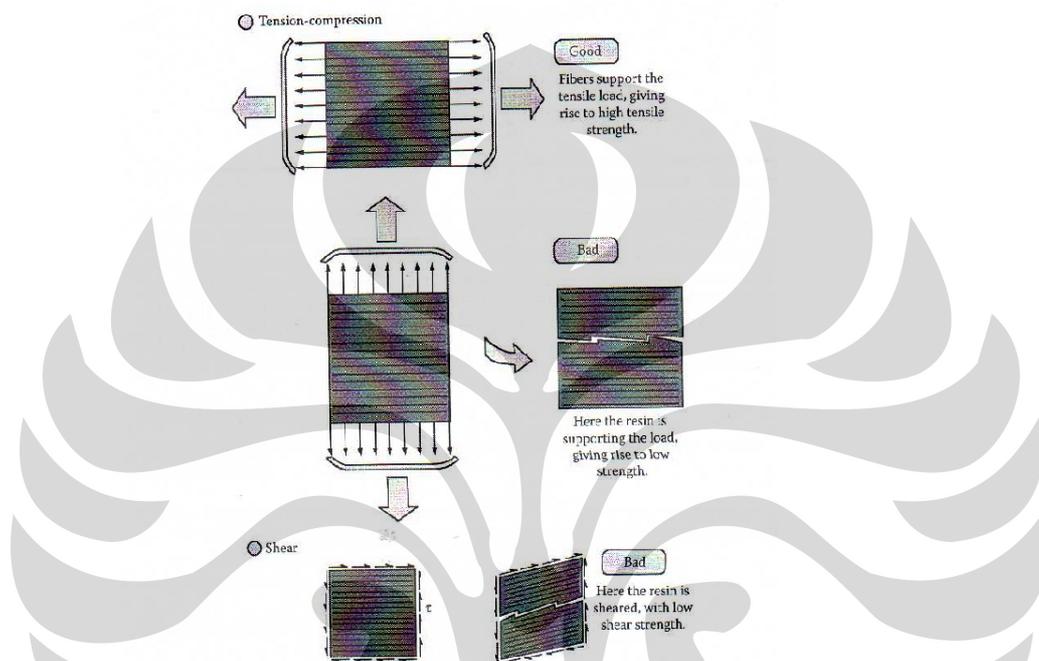
Laminasi merupakan lapisan material berserat yang dapat digabungkan untuk memberikan sifat engineering (*properties engineering*) yang diperlukan. Termasuk in-plane stiffness, bending stiffness, strength, dan coefficient of thermal expansion.

Lapisan bahan yang berbeda dapat digunakan, menghasilkan laminasi hibrida. Lapisan individu umumnya orthotropik (yaitu, dengan sifat utama dalam arah ortogonal) atau melintang isotropik (dengan sifat isotropik pada bidang transversal) dengan laminasi kemudian menunjukkan anisotropik (dengan arah variabel sifat pokok), orthotropik, atau quasi-isotropik properti.

2.3.1 Orientasi Lapisan Laminasi

Salah satu keuntungan laminasi ialah kemampuannya untuk beradaptasi dan mengontrol orientasi serat sehingga material dapat menahan beban dengan baik. Oleh karena itu penting untuk mengetahui bagaimana peranan lapisan pada ketahanan laminasi, berbicara mengenai orientasi yaitu berkaitan dengan arah dari pembebanan.

Gambar dibawah ini merupakan orientasi serat yang baik dan juga yang harus dihindari .

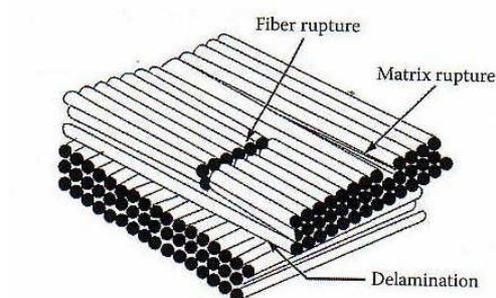


Gambar 2.1 Orientasi serat yang baik dan dihindari

2.3.2 Kegagalan Pada Laminasi

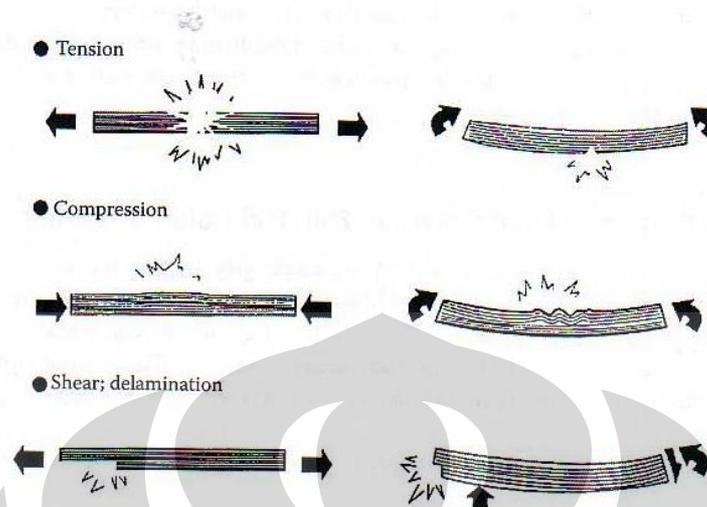
- **Kerusakan**

Pada gambar dibawah ini menunjukkan skematis berbagai jenis kegagalan yang menyebabkan kerusakan sebuah laminasi



Gambar 2.2 Kegagalan pada laminasi

Model Kerusakan utama pada laminasi yaitu ketika diberikan beban yang melebihi batasan criticalnya, seperti dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.3 Kerusakan pada laminasi

2.4 Mikromekanika Komposit

Analisa mikromekanik menunjukkan hubungan antar sifat fisik mekanik yang dimiliki oleh matriks dan serat dengan komposit yang dibentuknya. Serat dan matriks dianggap sebagai unsur yang terpisah yang saling mengintegrai satu dengan yang lainnya yang menjadi sifat komposit tersendiri. Hukum campuran (Law of Mixture) adalah hubungan yang paling sederhana dan kadang sering cukup akurat untuk menunjukkan hubungan tersebut dan memecahkan masalah yang ada.

Sifat-sifat dari komposit didapat melalui uji mekanis yang dilakukan terhadap komposit tersebut. Adapun nilai dari uji mekanik yang dimaksud Tekanan (*stress*), regangan (*strain*) dan modulus young

- Tekanan (*Stress*) didefinisikan sebagai intensitas dari pembebanan perluas daerah

Stress dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \dots\dots (2.1)$$

Keterangan : σ = Tekanan(*stress*)

P = Besar pembebanan

A = Luas Area Pembebanan

- Regangan (Strain) didefinisikan sebagai deformasi yang ditimbulkan akibat gaya luar.

Strain dirumuskan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_t - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} \quad \dots\dots (2.2)$$

Keterangan : ε = **Regangan(strain)**

ε_t = panjang akhir material

ε_0 = **panjang mula – mula material**

- *Modulus Young* merupakan perbandingan antara stress dan strain, yang dirumuskan sebagai berikut,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \dots\dots (2.3)$$

Keterangan : E = modulus young

ε = regangan (strain)

σ = **Tekanan (stress)**

Dalam analisa mikromekanik digunakan untuk memperkirakan karakteristik dari komposit serta karakteristik unsur pembentuknya baik itu serta serat maupun matriks. Keduanya saling mengintegrasikan satu sama lain menjadi sifat komposit tersendiri. Ketika membuat suatu komposit faktor massa, volume dan berat jenis dari serat dan matriks harus dihitung dan dicatat dengan teliti karena ketiga faktor tersebut sangat berpengaruh dengan analisa perhitungan mikromekanika komposit.

2.5 Fabrikasi Komposit

Material yang ada berupa kayu dan bambu dibentuk sedemikian rupa kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan satu dengan lapisan yang lain. Kemudian setelah proses polimerisasi komposit diangkat dari cetakan dan dilakukan proses permesinan sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan.

2.6 Teori Kegagalan

Suatu struktur dikatakan gagal bila struktur tidak dapat lagi berfungsi dengan baik. Hal ini sangat mencolok terlihat pada bahan komposit.

Pada bahan ini, kerusakan internal mikroskop nyata terlihat. Kerusakan internal mikroskop ini terjadi dalam beberapa bentuk seperti ;

1. Patah pada serat (*fiber breaking*),
2. Retak mikro pada matriks (*matrix microcrack*),
3. Terkelupasnya serat dari matriks (*debounding*),
4. Terpisahnya lamina satu sama lain (*delamination*).

2.7 DASAR-DASAR KONSTRUKSI KAPAL KAYU

Di tinjau dari cara pembuatannya, kapal kayu dapat dikategorikan dalam 3 jenis :

1. Konstruksi “Tradisional Timur”

Papan lambung dilengkungkan dan dirangkai berdampingan satu sama lainnya dikiri-kanan lunas (*edge fastened planking*).

2. Konstruksi “Tradisional Barat”

Dimulai dengan konstruksi kerangka yang kemudian “dibungkus” dengan papan lambung (*plank on frame*).

3. Konstruksi “Cold-molding”

Konstruksi lapisan papan kayu tipis yang saling direkatkan bersilangan

2.7.1 Konstruksi kapal kayu “Tradisional Timur”

Pembuatan kapal kayu dengan cara tradisional ini dimulai dengan peletakan lunas serta balok haluan dan buritannya, disusul dengan papan lambung di kiri kanan lunas silih berganti mulai dari lunas keatas. Papan-papan lambung tersebut saling dirangkai dengan menggunakan pasak kayu (*edge fastening*). Diantara papan-papan lambung tersebut disisipkan semacam kulit kayu yang lunak. Dengan mekarnya papan-papan lambung dan sisipan kulit kayu tersebut setelah terendam air, terciptalah lambung kapal yang lumayan kedap air. Setelah tiga atau empat lajur papan lambung di kiri kanan lunas terpasang, dicarilah cabang-cabang kayu yang besar-besar yang lengkungan alamiahnya hampir serupa dengan bentuk lambung yang diharapkan. Setelah bentuk dan ukurannya dipapas sesuai dengan bentuk lambung, cabang-cabang kayu tersebut dipasang pada bagian dalam lambung,

membentuk gading-gading yang berfungsi sebagai kerangka lambung kapal tersebut (*grown frames*).

Bentuk lambung yang tercipta dengan sistem konstruksi seperti ini umumnya runcing dibagian haluannya, Hal ini tidak dapat dipungkiri mengingat keterbatasan kemampuan melengkungkan papan-papan lambung yang lebar-lebar dan tebal-tebal. Papannya memang memerlukan cukup ketebalan agar tidak retak pada saat di pasak satu sama lainnya. Cara mempersatukan papan-papan lambung dan bagian-bagian “kerangka” disebelah dalam lambung kapal pun mempergunakan pasak kayu, dengan cara membelah ujung pasaknya dan diberi baji, sehingga pada saat pasaknya dipukul masuk, ujungnya melebar.

2.7.2 Konstruksi kapal kayu “Tradisional Barat”

Jenis konstruksi seperti ini dicontoh dari Dunia Barat. Tanpa kapal-kapal kayu yang kekar dan tangguh yang mampu mengarungi samudera-samudera dunia mencari emas, rempah-rempah dan daerah jajahan, tidak mungkinlah bangsa-bangsa Eropah dapat menjelajah keseluruh pelosok dunia. Dengan membentuk dan membangun kerangkanya terlebih dahulu, rancang bangun lambung suatu kapal kayu dapat disesuaikan dengan bentuk dan fungsi yang diperlukan. Gemuk-lebar umpamanya, untuk mengangkut muatan yang banyak seperti kapal-kapal dagang VOC, atau pipih-panjang untuk dilayarkan dengan kecepatan tinggi seperti kapal-kapal Tea Clipper Inggris yang saling berlomba agar muatan tehnya dari Cina dapat dijual dengan harga termahal. Di masa kini, bentuk lambung telah disesuaikan untuk pemakaian tenaga pendorong mesin. Kendatipun digerakkan dengan tenaga mesin, bentuk lambung untuk angkutan cargo akan berbeda dengan jenis lambung kapal ikan yang harus mampu mengejar kerumunan ikan cakalang, umpamanya.

Jenis konstruksi yang disebut “Plank on Frame” ini unggul dari segi fungsionalitas bentuk dan kekuatan konstruksinya. Karena didukung oleh kekuatan kerangkanya, papan lambungnya tidak perlu terlalu lebar dan tebal, sehingga dapat lebih mudah dilengkungkan sesuai dengan bentuk lambung yang diinginkan. Jenis konstruksi serupa ini memungkinkan pula ditempatkannya dinding-dinding penyekat melintang yang membagi sebuah lambung kapal dalam beberapa kompartimen kedap air seperti haluan, palka, ruang mesin, buritan, dsb. Sekat-sekat kedap air seperti itu sangat membantu unsur keselamatan dunia pelayaran. Dinding-dinding penyekat melintang tersebut membantu pula kekekaran suatu lambung kapal, badan kapal tidak terlalu lentur disaat menerjang angin dan gelombang.

Untuk kedap airnya, lambung kapal kayu seperti ini tetap menghandalkan memekarnya serat kayu sewaktu terendam air. Namun dibandingkan dengan konstruksi Tradisional Timur, dari segi kedapannya, sistem pemasangan papan lambung pada kerangka ada keunggulannya, ialah bahwa sela-sela papan lambungnya dapat di pakal. Proses pemakalan adalah dijejakannya serat majun yang telah dicampur dengan dempul damar atau sejenisnya disela-sela papan lambung. Ketika serat kayu papan-papan lambung mekar karena terendam air, memuainya kayu akan mengakibatkan tekanan yang tinggi pada campuran kain majun dan damar disela-sela papan tersebut, sehingga lambung kapalnya menjadi cukup kedap air. Sebaliknya, jenis konstruksi Tradisional Timur yang dibebaskan tadi, tidak memungkinkan pemakalan seperti itu, karena terhalang oleh pasak-pasak kayu disela-sela papan lambungnya.

Jenis konstruksi Tradisional Timur dan Tradisional Barat yang dibebaskan diatas, menghandalkan kekuatannya dari jenis dan ukuran kayu yang dipergunakan. Jenis Konstruksi Timur memerlukan papan-papan yang tebal dan panjang untuk menghasilkan lambung yang integritasnya agak lumayan. Sedangkan jenis Konstruksi Barat bisa menggunakan papan lambung yang lebih pendek dan agak tipis, tetapi beratnya lambung akan tetap merupakan fungsi dari ukuran dan berat kayu yang dipergunakan untuk lunas, gading-gadingnya (bagin kerangka yang melintang), bagian kerangka membujur (dari muka ke belakang) dan papan lambungnya. Disamping itu, papan lambung memang diharapkan menyerap air sampai titik kejenuhannya, hal mana besar pengaruhnya pada berat menyeluruh badan kapal.

2.7.3 Konstruksi kapal kayu “Cold-molding”

Jenis konstruksi kapal kayu seperti ini dicontoh dari awal mulanya pembuatan pesawat terbang. Dasarnya adalah terciptanya teknologi bahan perekat yang tahan air. Lem tahan air ada beberapa macam, diantaranya resorcinol, urea-formaldehyde dan epoxy. Ketiga jenis perekat ini hampir sama kekuatannya dan sama-sama tahan air, namun perekat epoxy ada keunggulannya, ialah bahwa dalam proses pengeringannya, lem epoxy tidak susut, sehingga sangat baik untuk mengisi sela-sela pada sambungan kayu. Untuk pengeleman kayu dengan jenis lem resorcinol atau lem urea-formaldehyde, permukaan kayu yang akan dilem harus saling “pas” karena dalam proses pengeringannya, kedua lem tersebut akan sedikit menyusut. Kalau permukaan kayunya tidak rapat, bisa saja terjadi rongga-rongga pada permukaan yang di lem.

Resin epoxy yang dioleskan pada kayu yang kering, akan terserap oleh serat kayu, membentuk lapisan pelindung yang keras dan kedap air. Disamping itu, epoxy merupakan bahan perekat yang sangat unggul, sehingga potongan-potongan kayu yang pendek dan tipis pun dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Namun lembaran kayu lapis, apalagi dengan ukuran yang agak tebal, hanya bisa dilengkungkan ke satu arah saja, jadi tidak bisa dimanfaatkan untuk kulit lambung kapal (kecuali untuk bentuk-bentuk lambung tertentu pada kapal-kapal kecil yang dirancang khusus untuk konstruksi kayu lapis). Namun dengan memanfaatkan teknologi pegeleman dengan epoxy, kulit lambung sebuah kapal kayu yang relatif besar pun bisa dibentuk “in situ” dengan merekatkan lapisan papan-papan tipis yang bersilangan secara diagonal pada lengkungan lambung. Bisa “double diagonal”, bisa “triple diagonal”, ataupun sistim laminasi tersebut dibentuk sebagai “kulit” pada lambung kapal yang telah diberi papan lambung arah memanjang terlebih dahulu. Dengan sistim konstruksi yang demikian, terbentuklah suatu kulit lambung yang kekar dan ringan.

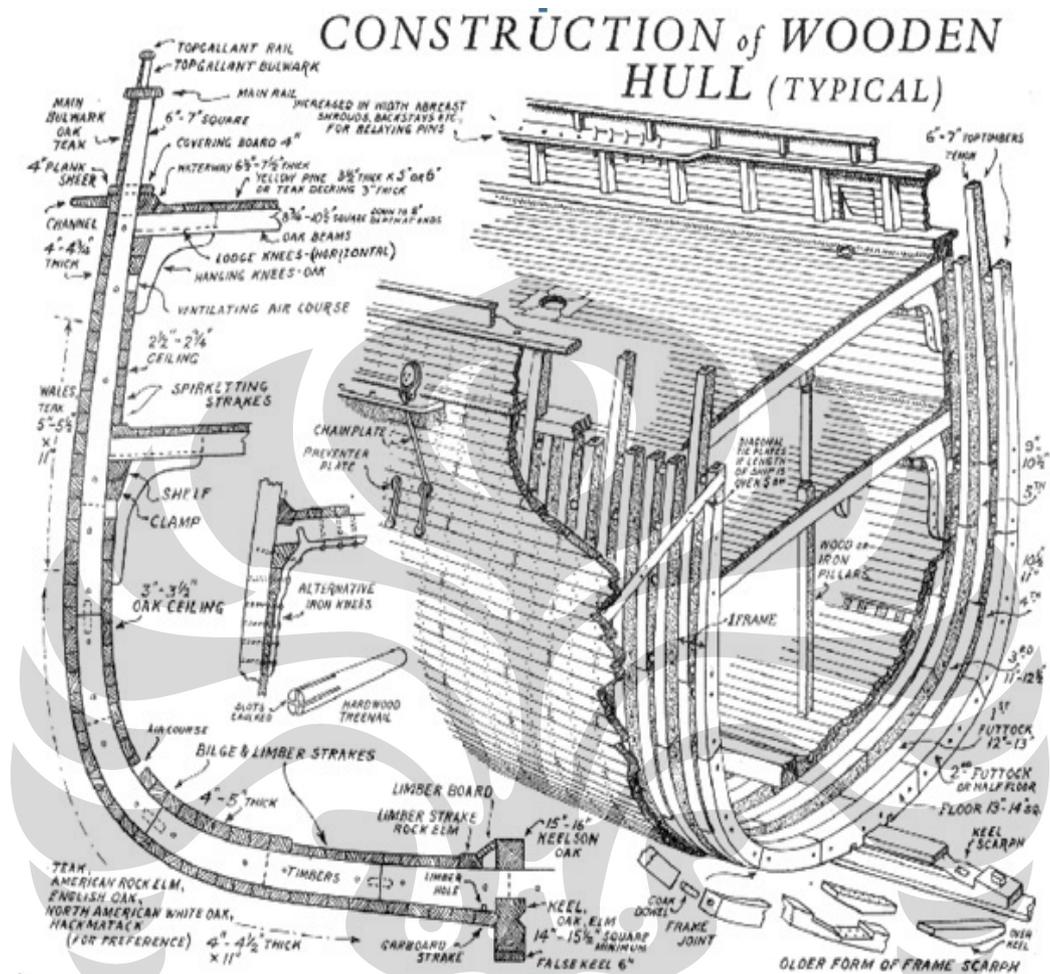
Untuk lebih menjamin perlindungan kulit lambung sebuah kapal seperti ini dari gesekan atau benturan, bagian luar lambungnya dapat dibubuhi beberapa lapisan serat fiberglass yang dilaminasi dengan epoxy pula. Dan, sesuai dengan fungsi dan rancang bangun kapal-kapal tertentu, bagian dalam lambung kapal perlu diberi dinding-dinding penyekat melintang (“bulk heads”) dan tulang-tulang memanjang (“stringers”) agar badan kapal tersebut menjadi kekar dan tidak lentur, namun bagian-bagian kerangka tersebut tidak perlu besar dan berat dan dapat dilaminasi dari kayu gergajian biasa.

2.7.4 Sistem Konstruksi Penumpu Utama Dan Lambung

Secara umum penumpu utama kekuatan sistem konstruksi kapal kayu adalah lunas utama dan lunas alas dalam untuk penumpu memanjang. Sedangkan untuk penumpu kekuatan melintang adalah gading besar tersambung langsung ke bagian lunas kapal dan balok geladak. Lambung kapal kayu terdiri dari bilah-bilah kayu yang tersusun mengikuti lengkungan kapal yang dibentuk oleh gading kapal (gambar 2.4).

Sistem pemasangan bilah kayu pada bagian lengkung lambung yang tajam (pada bagian haluan dan buritan) adalah dengan metode pemanasan. Hal ini dimaksudkan untuk dapat mempermudah pemasangan bilah tersebut. Selanjutnya bilah kayu dipaku pada gading-gading kapal yang dilaluinya. Untuk mendapatkan kedap pada lambung,

dilakukan pemasangan "pakal" yang dapat berupa sabut kelapa, serat ijuk, atau bahan lainnya pada sela-sela bilah lambung dan kemudian ditutup dengan dempul.



Gambar 2.4 Tipikal Konstruksi Lambung Kapal Kayu

BAB III EKSPERIMENTAL

3.1 Pembuatan Komposit

3.1.1 Metode Fabrikasi Komposit

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up yang berarti metode pembuatan dilakukan dengan cara melaminasi basah dan manual pada cetakan yang telah dibuat sebelumnya pada tekanan dan temperatur ruang.

3.1.2 Fabrikasi Komposit Pembuatan Komposit

- *Preparation*
Dalam proses ini dilakukan persiapan peralatan dan pembersihan permukaan cetakan kaca yang telah disediakan. Lalu pada cetakan kaca tersebut diberikan wax sebagai *release agent*. Kemudian timbang resin sesuai dengan kebutuhan.
- *Wet lay-up*
Pada proses ini, resin epoksi dan hardener dicampur dengan skala 1:1 sesuai berat dan ketebalan yang diinginkan.
- *Bagging*
Setelah itu, larutan resin epoksi dioleskan pada material kayu dan bamboo yang sudah dibentuk sedemikian rupa. Untuk meratakan ketebalan dan menghindari udara yang terperangkap di lapisan resin, kami memberi tekanan pada permukaannya.
- *Curing*
Proses *curing* dilakukan pada temperatur ruang selama lebih kurang 9 – 12 jam. Pada proses ini terjadi proses pengeringan serat dan resin (polimeralisasi).
- *Debagging*
Proses melepaskan komposit yang telah mengeras dari cetakan kaca. Proses ini harus dilakukan dengan hati-hati agar komposit tidak rusak saat dilepas.

- *Finishing*
Permukaan komposit yang telah keras dirapikan dan dihaluskan serta dilakukan preparasi sebelum komposit diuji di laboratorium.

3.2 Metode Penelitian dan Standardisasi Pengujian Komposit

3.2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksploratori yang berarti penelitian eksperimental dengan bertitik tolak dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Sedangkan jenis metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental analisis dengan melakukan penelitian dan pengujian untuk mendapatkan data atau hasil lalu dikumpulkan dan diolah serta menarik kesimpulan dari analisis yang dilakukan.

3.2.2 Pengujian Komposit

Penelitian ini menggunakan standar pengujian material ASTM D-3500 tentang *Standard Test Methods for Structural Panels in Tension*. Pengujian dilakukan di laboratorium uji material, departemen teknik metalurgi dan material, Universitas Indonesia.

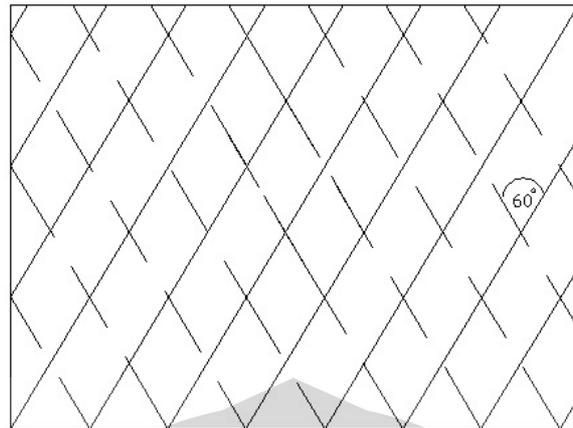
- Peralatan uji tarik
 - Mesin uji servopulser shimadzu 20 ton
 - Jangka sorong digital mitutoyo
- Sampel uji tarik
Sampel uji yang digunakan berupa pelat hasil cetakan dari komposit yang memiliki ukuran 25 cm x 5 cm x 0.5 cm. Jumlah pelat yang diuji yaitu 10 buah yang terdiri dari 5 buah pelat anyaman hasil tenunan dan 5 buah pelat anyaman tikar.
- Kondisi pengujian
Uji tarik dilakukan pada kondisi standar laboratorium yaitu pada suhu $23 \pm 3^\circ \text{C}$ dengan kelembaban relatif $50 \pm 10 \%$.
- Prosedur pengujian
 - Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong digital mitutoyo untuk mendapatkan ukuran lebar dan ketebalan sampel uji di beberapa titik sampel.
 - Lakukan pengaturan mesin uji.
 - Sampel dijepit oleh mesin uji pada dudukan lalu periksa kelurusan sumbu.

- Periksa dudukan sampel untuk mencegah terjadinya slip sewaktu pengujian dilakukan.
- Lakukan pengaturan pada kertas milimeter yang akan membaca hasil pengujian.
- Tekan tombol on pada mesin uji untuk proses penarikan sampel sampai terjadi kegagalan atau putus.
- Ulangi langkah di atas untuk sampel yang lain.

3.3.Pemasangan laminasi pada lambung kapal kayu

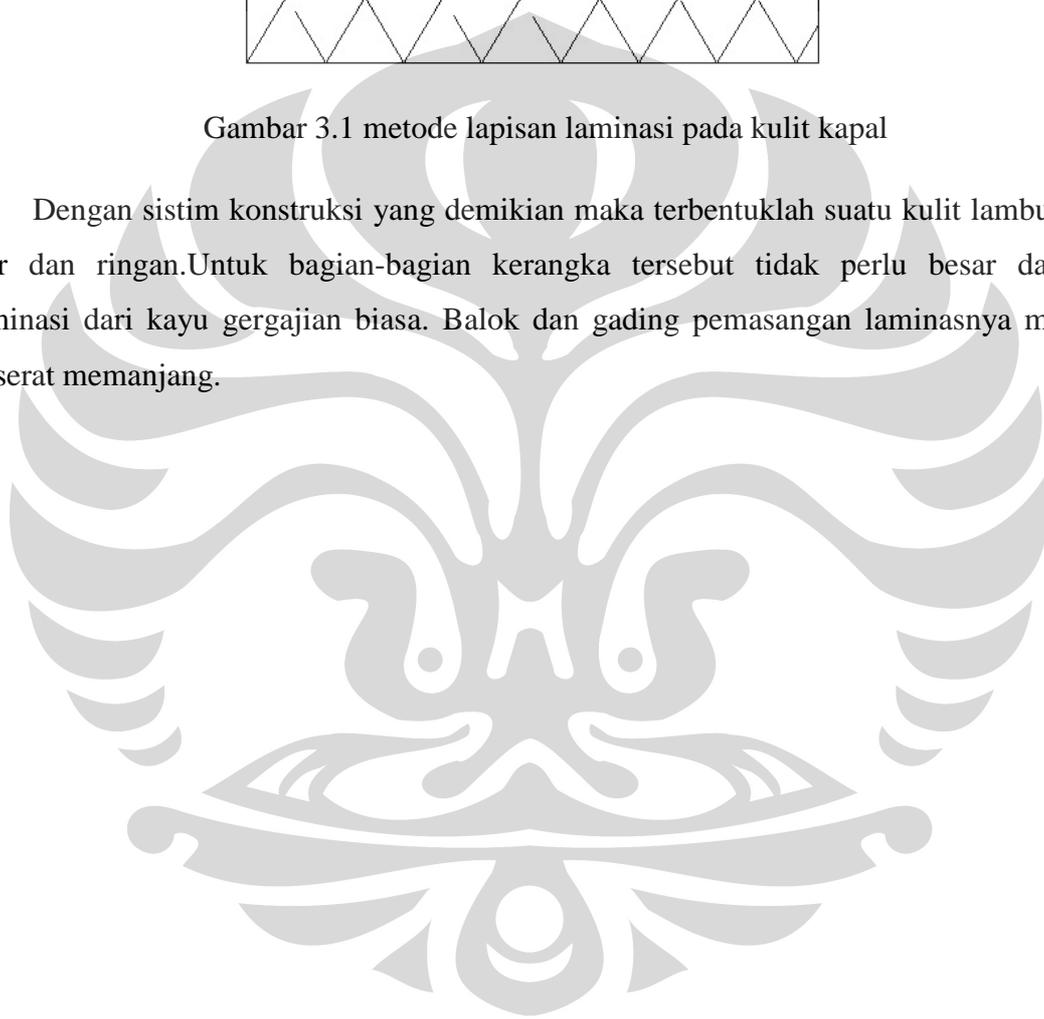
Resin epoxy yang dioleskan pada kayu yang kering akan terserap oleh serat kayu membentuk lapisan pelindung yang keras dan kedap air. Disamping itu, epoxy merupakan bahan perekat yang sangat unggul, sehingga potongan-potongan kayu yang pendek dan tipis pun dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Suatu contoh khas pelapisan kayu (laminasi) adalah kayu lapis. Namun lembaran kayu lapis dengan ukuran yang agak tebal hanya bisa dilengkungkan ke satu arah saja, jadi tidak bisa dimanfaatkan untuk kulit lambung kapal (kecuali untuk bentuk-bentuk lambung tertentu pada kapal-kapal kecil yang dirancang khusus untuk konstruksi kayu lapis).

Dengan memanfaatkan teknologi laminasi, kulit lambung sebuah kapal kayu yang relatif besar pun bisa dibentuk satu arah dengan merekatkan lapisan papan-papan tipis yang bersilangan secara diagonal pada lengkungan lambung dengan sudut 60° (gambar 3.1). Dapat juga dilakukan dengan *double diagonal* maupun *triple diagonal*. Sistem laminasi tersebut dibentuk sebagai “kulit” pada lambung kapal yang telah diberi papan lambung arah memanjang terlebih dahulu. Dengan sistem konstruksi yang demikian, terbentuklah suatu kulit lambung yang kekar dan ringan. Namun bagian-bagian kerangka tersebut tidak perlu besar dan dapat dilaminasi dari kayu gergajian biasa. Balok dan gading pemasangan laminasnya mengikuti alur serat memanjang.



Gambar 3.1 metode lapisan laminasi pada kulit kapal

Dengan sistim konstruksi yang demikian maka terbentuklah suatu kulit lambung yang kekar dan ringan. Untuk bagian-bagian kerangka tersebut tidak perlu besar dan dapat dilaminasi dari kayu gergajian biasa. Balok dan gading pemasangan laminasinya mengikuti alur serat memanjang.



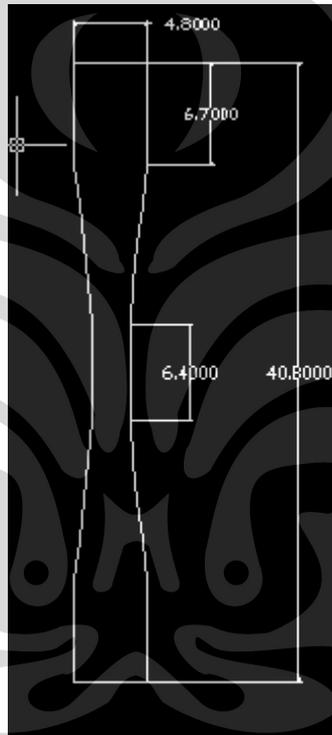
BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Data dan Pengolahan Pengujian

4.1.1 Uji Tarik (Tensile Test) Laminasi Kayu

Standar Uji yang digunakan untuk material ini yaitu menggunakan **ASTM D-3500** dengan rincian spesimen sebagai berikut:



Gambar 4.1 Material kayu

Dengan Ketebalan : $t = 6 \text{ mm}$

Kemudian material tersebut di uji di Laboratorium Uji Material Departemen Teknik Metalurgi dan Material.

Dibawah ini merupakan data yang diperoleh dari hasil uji tersebut :

Tabel 4.1 Sampel kayu

Sampel Kode	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)
	Lebar (mm)	Tebal (mm)			
Kayu	48	6	288	64	215

Dari data diatas dapat dilanjutkan untuk penghitungan untuk mendapatkan nilai *Ultimate Tensile Strength* (σ), *Strain* (ϵ) dan *Tensile Modulus Young* (E).

Contoh Perhitungan :

Ultimate Tensile Strength (UTS)

$$\sigma = P_{\max} / A$$

$$\sigma = 215 \text{ Kg} / 288 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 7,316 \text{ MPa}$$

Dibawah ini merupakan tabel hasil penghitungan di atas :

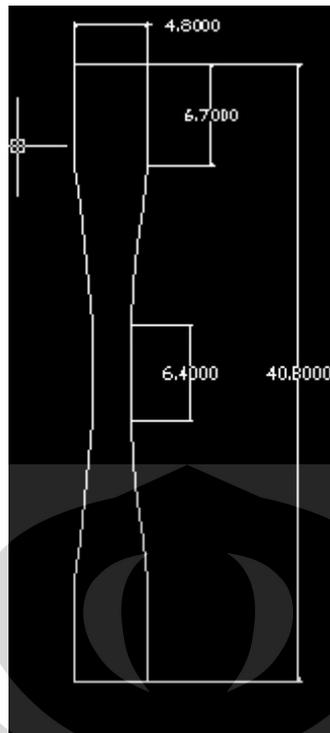
Tabel 4.2 Hasil penghitungan kayu

Sampel Kode	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan σ (MPa)	Regangan ϵ (%)	Modulus Young (MPa)	Ket
	Lebar (mm)	Tebal (mm)							
Kayu	48	6	288	64	215	7,315972222			Patah

Dari tabel diatas tidak terdapat nilai regangannya (ϵ), hal itu dikarenakan untuk pengujian tarik pada material laminasi kayu ini tidak mengalami pemuluran (elongation) sehingga nilai dari modulus young nya pun tidak bisa ditentukan. Tidak terjadinya pemuluran ketika dilakukan uji tarik (*Tensile Test*) dimungkinkan karena karakteristik dari materialnya itu sendiri. Material laminasi kayu memiliki sifat getas (*Brittle*).

4.1.2 Uji Tarik (Tensile Test) Laminasi Fiber

Standar Uji yang digunakan untuk material ini yaitu menggunakan **ASTM D-3500** dengan rincian spesimen sebagai berikut:



Gambar 4.2 Material fiber

Dengan Ketebalan : $t = 3\text{mm}$

Kemudian material tersebut di uji di Laboratorium Uji Material Departemen Teknik Metalurgi dan Material.

Tabel 4.3 Sampel Fiber

Sampel Kode	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)
	Lebar (mm)	Tebal (mm)			
Fiber	48	3	144	64	1380

Dari data diatas dapat dilanjutkan untuk penghitungan untuk mendapatkan nilai *Ultimate Tensile Strength* (σ), *Strain* (ϵ) dan *Tensile Modulus Young* (E).

Contoh Perhitungan :

Ultimate Tensile Strength (UTS)

$$\sigma = P_{\max} / A$$

$$\sigma = 1380 \text{ Kg} / 144 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 93,916 \text{ MPa}$$

Dibawah ini merupakan tabel hasil penghitungan di atas :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Fiber

Sampel	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan σ (MPa)	Regangan ϵ (%)	Modulus Young (MPa)	Ket
	Lebar (mm)	Tebal (mm)							
Fiber	48	3	144	64	1380	93,91666667			Patah

Pada pengujian tarik untuk material laminasi fiber pun sama halnya dengan hasil pengujian tarik untuk laminasi kayu. Pada pengujian ini pun material yang diuji tidak mengalami elongasi, sehingga tidak bisa ditentukan nilai regangan (ϵ) dan Modulus Youngnya (E)

4.1.3 Uji Tarik (Tensile Test) Laminasi Bambu

Standar Uji yang digunakan untuk material ini yaitu menggunakan **ASTM D-3500** dengan rincian spesimen sama seperti dengan fiber dan kayu. Dengan ketebalan 7 mm. Kemudian material tersebut di uji di Laboratorium Uji Material Departemen Teknik Metalurgi dan Material.

Dari data diatas dapat dilanjutkan untuk penghitungan untuk mendapatkan nilai *Ultimate Tensile Strength* (σ), *Strain* (ϵ) dan *Tensile Modulus Young* (E).

Tabel 4.5 Sampel Bambu

Sampel	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan σ (MPa)
	Lebar (mm)	Tebal (mm)				
Bambu	48	7	336	64	1940	56,58333333

Contoh Perhitungan :

Ultimate Tensile Strength (UTS)

$$\sigma = P_{\max} / A$$

$$\sigma = 1940 \text{ Kg} / 336 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 56,583 \text{ MPa}$$

Dibawah ini merupakan tabel hasil penghitungan di atas :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Bambu

Sampel Kode	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan σ (MPa)	Regangan ϵ (%)	Modulus Young (MPa)	Ket
	Lebar (mm)	Tebal (mm)							
Bambu	48	7	336	64	1940	56,58333333			tdk Patah

Seperti keterangan diatas, pada pengujian tarik untuk material laminasi bambu ini tidak mengalami patah pada gage length. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor memungkinkan yang membuat material laminasi bambu ini tidak mengalami patah/putus pada gage length ialah karena penjepit pada ujung laminasi bambu ini pada saat melakukan uji tarik mengalami slip. Faktor kemungkinan yang lain ialah dikarenakan kurang baikny penetrasi serat pada saat pembuatan laminasi. Karena tidak mengalami putus pada gage length maka nilai dari regangan(ϵ) dan modulus Young (E) tidak bisa dihitung.

4.1.4 Hasil pengujian sifat mekanika bambu laminasi dengan kadar perekat optimum polymer isocyanate

Hasil pengujian mekanika bambu laminasi perekat polymer isocyanate dengan menggunakan berat labur 225 gr/m² dan crosslinker 10 % diperoleh data sebagai berikut: rata kuat tekan sejajar serat 50.22 Mpa, kuat tekan tegak lurus serat 19.81 MPa, tarik sejajar serat 135.43 MPa, tarik tegak lurus serat 1,01 MPa, kuat geser 6.89 Mpa, kuat lentur 64.16 Mpa, dan MOE 46671.80 MPa ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Hasil pengujian mekanika bambu laminasi

No	Jenis Pengujian	Kekuatan Benda Uji (MPa)			Rata - rata
		1	2	3	
1	Tekan // serat	49.72	50.75	50.19	50.22
2	Tekan tegak lurus serat	18.73	21.36	19.34	19.81
3	Tarik // serat	111.13	167	128.17	135.43
4	Tarik tegak lurus serat	0.96	0.62	1.44	1.01
5	Geser // serat	-	-	-	6.89
6	Kuat lentur	63.51	64.44	64.59	64.18
7	MOE	48190.34	42815.35	49009.70	46671.80

4.1.5 Nilai Perbandingan Bambu Laminasi dengan Nilai Kuat Acuan Mekanis Kayu Kadar Air 15% (Mpa)

Tabel 4.8 Nilai Perbandingan Bambu Laminasi dengan Nilai Kuat Acuan Mekanis Kayu Kadar Air 15%

Kode Mutu	Modulus elastisitas Lentur E_b		Kuat Lentur F_b		Kuat Tarik Sejajar Serat F_t		Kuat Tekan Sejajar Serat F_c		Kuat Geser F_v		Kuat Tekan tegak lurus serat F_c	
	SNI	Balam	SNI	Balam	SNI	Balam	SNI	Balam	SNI	Balam	SNI	Balam
E26	25000	46671	66		60	135,4	46	50,22	6,6	6,89	24	
E25	24000		62	64,18	58		45		6,5		23	
E24	23000		59		56		45		6,4		22	
E23	22000		56		53		43		6,2		21	
E22	21000		54		50		41		5,9		20	
E21	20000		56		47		40		5,8		19	19,81
E20	19000		47		44		39		5,6		18	
E19	18000		44		42		37		5,4		17	
E18	17000		42		39		35		5,4		16	
E17	16000		38		36		34		5,2		15	
E16	15000		35		33		33		5,1		14	
E15	14000		32		31		31		4,9		13	
E14	13000		30		28		30		4,8		12	
E13	12000		27		25		28		4,6		11	
E12	11000		23		22		27		4,5		10	
E11	10000		20		19		25		4,3		9	

Keterangan :

Balam = Bambu laminasi

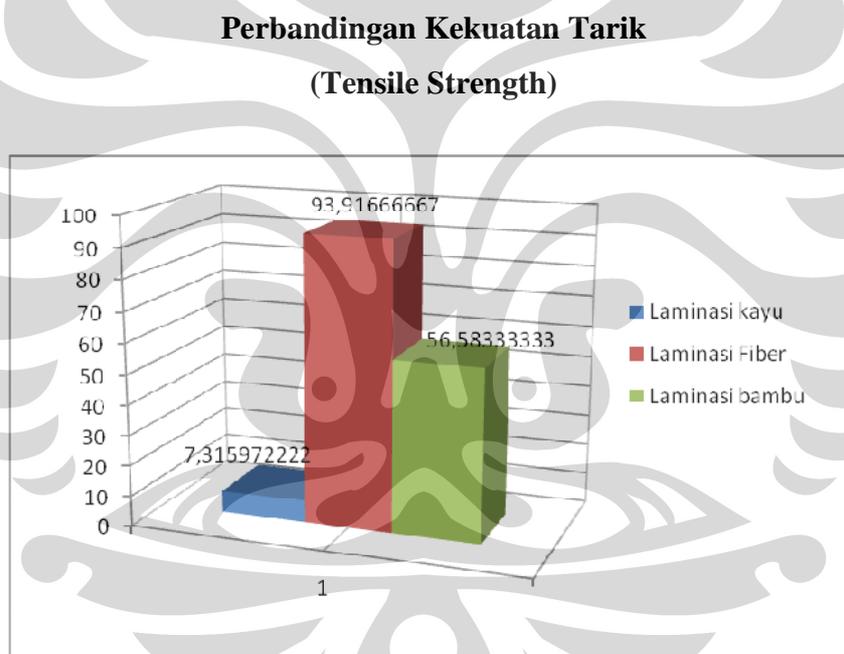
SNI = Kelas kayu sesuai Standar Nasional Indonesia

Berdasarkan hasil perbandingan sifat mekanika bambu laminasi dengan nilai kuat acuan sifat mekanis kayu kadar air 15 %, bambu laminasi dengan perekat polymer isocyanate memiliki nilai karakteristik mekanika untuk E_b , F_t , F_c sejajar, dan F_v di atas kode mutu E26, yang mana kode mutu E26 termasuk kedalam kelas kuat kayu I. Sedangkan F_b masuk dalam kode mutu E25, dan F_c tegak lurus masuk dalam kode mutu E22

4.2 Analisa Hasil Pengujian

4.2.1 Analisa Karakteristik Hasil Pengujian

Dalam Sub-bab ini akan dibahas perbandingan Kekuatan Tarik hasil uji tarik antara material satu dengan material lainnya. Dibawah ini merupakan grafik perbandingan kekuatan tarik (tensile strength) dari ketiga material yang diuji.



Gambar 4.3 Perbandingan Kekuatan Tarik Hasil Pengujian

Dari diagram diatas terlihat bahwa kekuatan tarik paling tinggi ialah material laminasi fiber yaitu dengan nilai 93,9167 MPa. Namun sebenarnya tidak bisa disimpulkan bahwa laminasi fiberlah yang memiliki kekuatan tarik (*Tensile Strength*) paling besar. Hal ini dikarenakan pada pengujian tarik untuk laminasi bambu tidak mengalami putus pada *gage length* (panjang ukur) sehingga kekuatan tarik pada laminasi bambu yang sebenarnya belum dapat ditentukan besarnya.

4.2.2 Rules Biro Klasifikasi

Adapun tujuan dilakukan perbandingan hasil pengujian spesimen dengan peraturan dari Biro klasifikasi adalah untuk mengetahui apakah komposit yang diteliti dalam penelitian ini telah sesuai dengan rules material dari Biro Klasifikasi sehingga dapat digunakan dalam pembuatan material alternatif dalam pembuatan kapal pinisi. Adapun biro klasifikasi yang digunakan sebagai pembanding adalah :

1. Biro Klasifikasi Indonesia
2. Llyod Register

4.2.2.1 Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Peraturan yang digunakan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) adalah peraturan untuk *Fibre Reinforced Plastic Ship* yang terdapat pada *Section I: General* dan terletak pada bagian *C : General Rules for Hull Constuction and Equipment* pada point 4 *Scantling* Dimana Spesifikasi *minimum properties* nya menurut peraturan tersebut yaitu :

1. Tensile Strength : 10 kg/mm²
2. Modulus Of Tensile Elasticity : 700 kg/mm²
3. Bending Strength : 15 kg/mm²
4. Modulus of Bending Elasticity : 700 kg/mm²

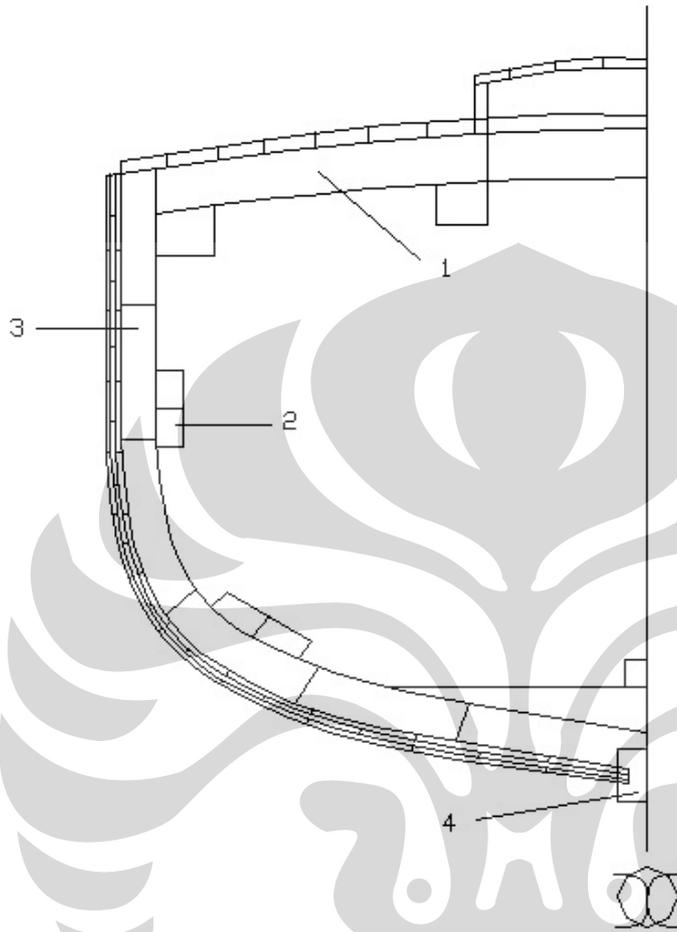
Dibawah ini merupakan perbandingan hasil uji dengan rules BKI.

Tabel 4.9 Perbandingan hasil uji dengan rules BKI

Sampel	Properties	BKI	Hasil Uji	Rasio Hsil Uji
Kode		(Kg/mm2)	(Kg/mm2)	(%)
Bambu	Tensile Strength	10	5,773809524	57,73809524
Fiber			9,583333333	95,83333333
Kayu			0,746527778	7,46527778

Dari Tabel diatas terlihat bahwa setelah dibandingkan antara peraturan Biro Klasifikasi Indonesia dan hasil uji didapat bahwa data hasil uji yang paling mendekati dengan minimum properties kekuatan tarik yang sesuai dengan rules BKI adalah Fiber Laminasi dengan rasio hasil uji sebesar 95,833 %

dan dapat dilaminasi dari kayu gergajian biasa. Balok dan gading pemasangan laminasinya mengikuti alur serat memanjang.



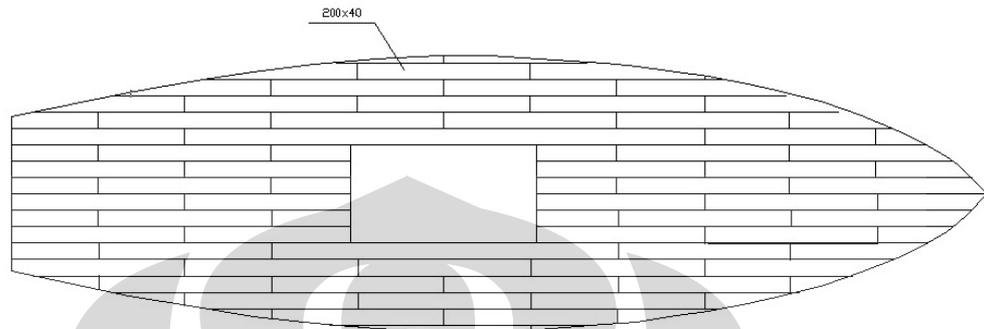
Gambar 4.5 Midship

Keterangan gambar :

1. Balok geladak
2. Galar samping
3. Gading
4. Lunas

4.3.3 Deck Plate

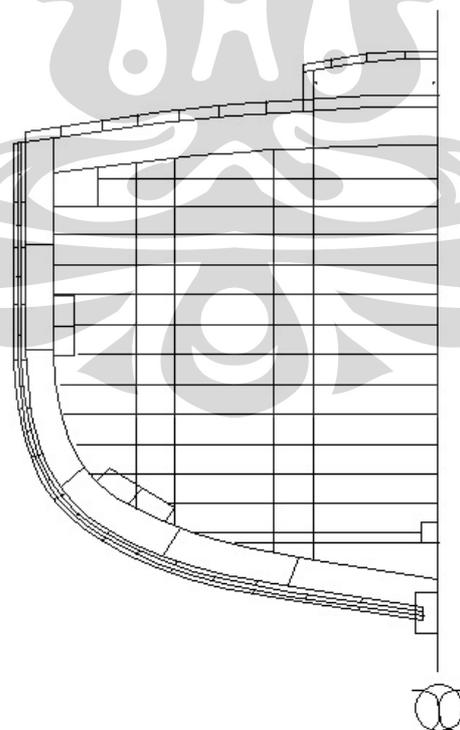
Pada bagian deck plate ini tidak terjadi banyak perubahan dalam hal pemasangan dan konstruksinya serta ukuran dari material laminasinya disesuaikan dengan ukuran kapal. Panjang material laminasi disesuaikan dengan panjang kapal.



Gambar 4.6 Deck Plate

4.3.4 Sekat

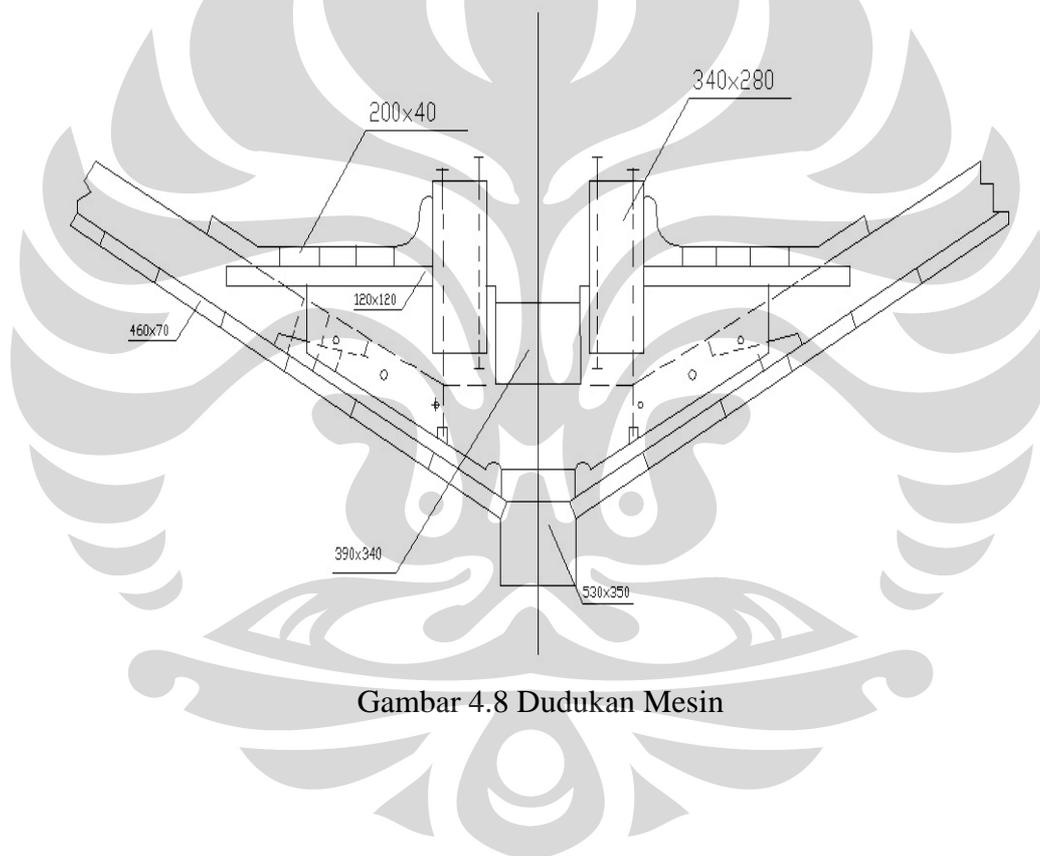
Pada tiap kapal, kamar mesin, ruang akomodasi dan ruang muatan harus terpisah satu dengan yang lain oleh sekat-sekat kedap air. Sekat harus diperkuat dengan penegar sekat. Sekat kamar mesin yang bagianya terletak diatas penumpu bujur pondasi mesin harus dipasang penegar. Papan sekat sedapat mungkin utuh tanpa sambungan dan dipasang melintang.



Gambar 4.7 Sekat

4.3.5 Dudukan Mesin

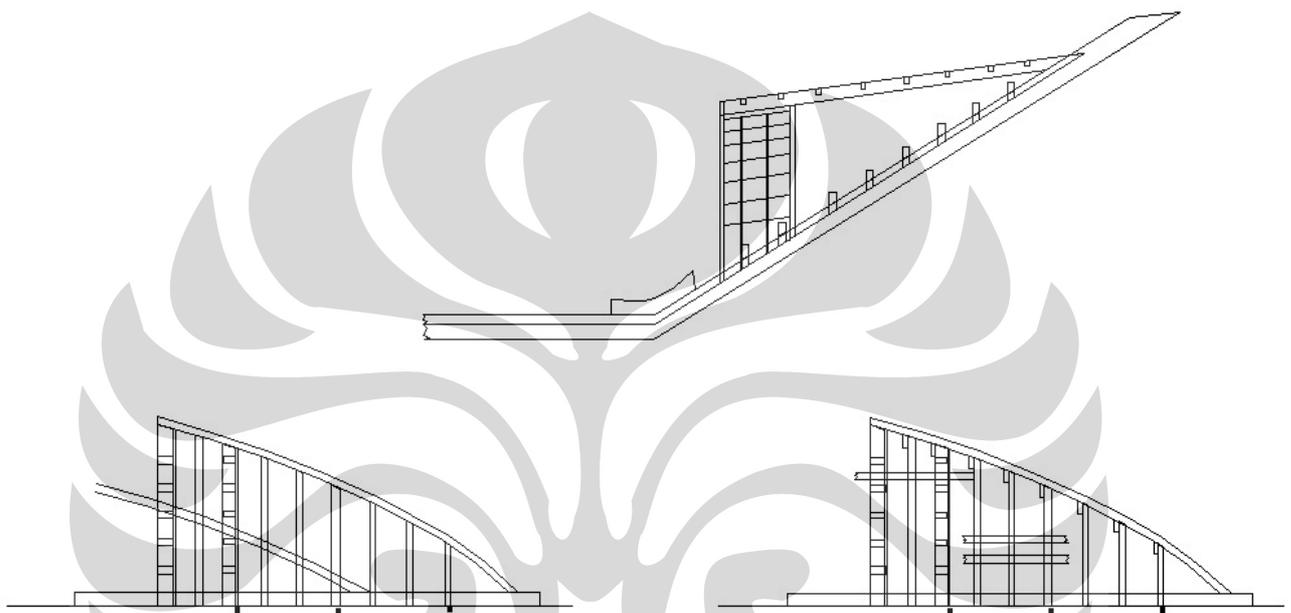
Untuk konstruksi dudukan mesin hampir sama dengan konstruksi awal. Penumpu bujur harus dibuat sepanjang mungkin sehingga dapat memikul mesin, roda gigi dan bantalan dorong. Selain itu harus pasang mulai dari sekat ruang mesin bagian depan sampai dengan sekat ruang mesin bagian belakang. Penumpu bujur dan pelat atas harus disambung pada gading-gading dengan lutut baja atau penguat lainnya serta harus disambungkan dengan wrang. Ditiap pertemuan antara mesin dan wrang harus diikat kuat dengan baut pengikat pondasi mesin ini agar tidak bergerak ataupun bergetar karena daya dorong dari pesawat penggerak / motor bantu



Gambar 4.8 Dudukan Mesin

4.3.6 Haluan

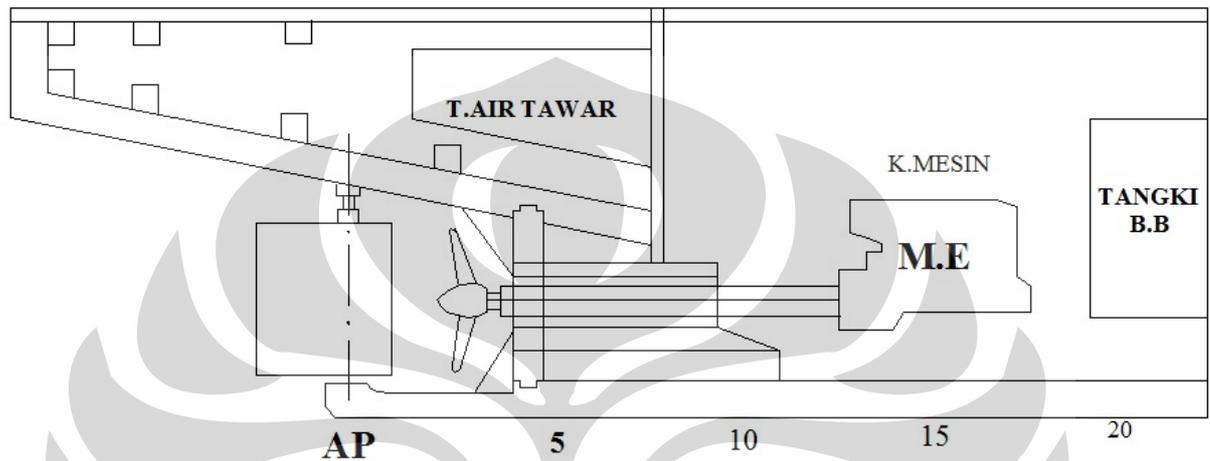
Konstruksi haluan kapal adalah konstruksi yang meliputi bagian ujung depan kapal sampai dengan sekat tubrukan. Bagian depan kapal dirancang untuk memisahkan air secara baik dan menahan gelombang. Linggi haluan merupakan bagian terdepan kapal. Linggi ini menerus ke bawah sampai ke lunas.



Gambar 4.9 Haluan

4.3.7 Buritan

Konstruksi linggi buritan adalah bagian konstruksi kapal yang merupakan kelanjutan lunas kapal. Pada konstruksi ini tidak terjadi banyak perubahan hanya dibagian linggi buritan diberi penumpu



Gambar 4.10 Buritan

Seperti yang diperlihatkan pada gambar diatas, linggi buritan harus dihubungkan kuat-kuat dengan bagian konstruksi lain dibelakang kapal. Hal ini diperlukan sebagai peredam getaran dibelakang kapal yang berasal dari baling-baling atau kemudi dan untuk menahan gaya-gaya yang timbul oleh gerakan kemudi atau baling-baling

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data pengujian material laminasi maka didapat :

1. Nilai Kekuatan Tarik (Tensile Strength) dari antara ketiga material yang diuji ialah fiber laminasi yaitu sebesar 9,58333. Namun, belum dapat disimpulkan fiber laminasi itu memiliki kekuatan tarik terbesar. Hal ini dikarenakan hasil pengujian untuk bambu laminasi dapat ditentukan besaran kekuatan tarik yang sesungguhnya karena benda uji tidak mengalami patah pada gage length.
2. Dari hasil perbandingan rules klasifikasi kapal ternyata rasio pengujian untuk kekuatan tarik (Tensile Strength) yang paling mendekati nilai minimum properties rules BKI adalah fiber laminasi yaitu sebesar 95,833% . rinciannya sebagai berikut:

Sampel Kode	Properties	BKI (Kg/mm ²)	Hasil Uji (Kg/mm ²)	Rasio Hsil Uji (%)
Bambu	Tensile Strength	10	5,773809524	57,73809524
Fiber			9,583333333	95,83333333
Kayu			0,746527778	7,465277778

3. Modernisasi kapal kayu tradisional dapat direalisasikan dengan material laminasi, dimana mempermudah dalam proses pembuatan bagian-bagian yang memerlukan kelengkungan. Akan tetapi perlu dikaji lebih jauh lagi tentang kekuatan dari material laminasi terhadap beban-beban yang ada dan juga biaya produksi kapal
4. Ketebalan material laminasi disesuaikan dengan gaya-gaya yang bekerja pada lambung kapal

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Material, *Annual Book of ASTM Standarts , D3500 Standard Test Methods for Structural Panels in Tension*

Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules and Regulation for the Classification and Construction of Ship (Fiberglass Reinforced Plastics Ships)* (Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia, 1996)

Germanischer Lloyd, *Rules for Classification and Construction Material and Welding for Fibre Reinforced Plastic Ship* (Germanischer Lloyd, 1996)

Gay , Daniel, “*Composite Materials Design and application*” , (CRC press, 2007)

Tarkono, “*Kajian Teknologi Produksi Laminasi Bambu-kayu Berbentuk Balok sebagai Bahan Alternatif Bangunan Kapal Kayu*” Jurnal Staf pengajar Fakultas Teknik Universita Lampung, 2006.

Jones, R.M. 1987. *Mechanics of Composite Materials*. Mc.Graw-Hill . New York. USA

Biro Klasifikasi Indonesia, *Konstruksi Kapal Kayu* (Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia, 1989)

DPP Pelra, *Petunjuk Teknis Pembangunan KLM Baru* (Jakarta , 1983)

Bar, Rudolf , *Dasar-dasar kapal kayu* (Jakarta, 2008)

Kusna D, Indra, Dkk, *Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid Idan 2* (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008)

Puskopelra, Laphas, *Rancangan Kapal Kayu* (Jakarta, 1983)

LAMPIRAN

Ukuran Lunas dan Linggi (Sumber : DPP PELRA)

Panjang (m)	Lunas Luar dan Dalam		Linggi Depan dan Belakang	
	Luar (mm)	Dalam (mm)	Depan (mm)	Belakang (mm)
27	280 x 350	270 x 295	295 x 440	310 x 460
30	310 x 390	300 x 325	325 x 480	340 x 505
32	335 x 408	325 x 350	350 x 520	365 x 545
34	350 x 435	340 x 375	370 x 550	390 x 580

Ukuran Gading dan Kulit Luar (Sumber : DPP PELRA)

Panjang (m)	Jarak Gading (mm)	Ukuran Gading (Tebal x Tinggi)	Tebal Kulit Luar (mm)
27	500	160 x 225	65
30	500	165 x 255	70
32	500	175 x 279	75
34	500	180 x 280	80

Ukuran Wrang (Sumber : DPP PELRA)

Panjang (m)	Tebal Papan Wrang (mm)	Tinggi Wrang (mm)
27	160	325
30	165	355
32	175	375
34	180	395

Ukuran Galar (Sumber : DPP PELRA)

Panjang (m)	Galar			
	Balok Tinggi x Lebal (mm)	Balok Samping Tinggi x Lebal (mm)	Balok Bawah Tinggi x Lebal (mm)	Balok Kim Tinggi x Lebal (mm)
27	2 x 270 x 77	135 x 135	2 x 235 x 75	275 x 65
30	2 x 285 x 86	146 x 146	2 x 255 x 77	305 x 67
32	2 x 310 x 89	155 x 155	2 x 270 x 82	310 x 68
34	2 x 325 x 92	162 x 162	2 x 285 x 86	315 x 68

Ukuran Papan Geladak (Sumber : DPP PELRA)

Panjang (m)	Tebal Papan Geladak (mm)	Jarak Balok Geladak (mm)
27	65	500
30	73	865
32	75	900
34	78	930

Ukuran Balok Geladak (Sumber : DPP PELRA)

Panjang (m)	Balok Geladak (mm)
27	135 x 135
30	140 x 140
32	150 x 150
34	160 x 160

Ukuran Sekat Kedap Air (Sumber DPP PELRA)

Panjang (m)	Jarak Penegar Sekat Biasa dan (Tubrukan) (mm)	Tebal Papan Sekat		Ukuran Penegar	
		Biasa (mm)	Tubrukan (mm)	Sekat Biasa (mm)	Sekat Tubrukan (mm)
27	500 (500)	60	70	100 x 130	120 x 140
30	590 (500)	70	70	128 x 192	135 x 202
32	590 (500)	73	73	141 x 151	148 x 160
34	620 (500)	80	80	150 x 225	150 x 225

Ukuran Pondasi Mesin (Sumber : DPP PELRA)

Panjang (m)	Tinggi x Lebar (mm)
27	325 x 275
30	330 x 280
32	340 x 280
34	355 x 280

Tabel perbandingan laminasi dengan kayu (sumber BKI)

Luas penampang	Kayu	Laminasi
1. Lunas (jika satu balok)	Tetap	Dikurangi 10 %
2. Lunas luar	Tetap	Dikurangi 15 %
3. Galar Kim	Tetap	Dikurangi 25 %
4. Galar Balok	Tetap	Dikurangi 10 %
5. Balok Geladak	Tetap	Dikurangi 15 %

