



UNIVERSITAS INDONESIA

**Analisis Struktur Material Laminasi Untuk
Lambung Kapal Kayu Tradisional**

SKRIPSI

Januar Diniarto

06 06 07 7806

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 : Januar Diniarto

NPM : 06 06 07 7806

Tanda Tangan :

Tanggal :



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Januar Diniarto
NPM : 06 06 07 7806
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Analisis Struktur Material Laminasi Untuk Lambung Kapal Kayu Tradisional

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 bntuan, pada kesempatan iniperkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Sunaryo, Ph.D , 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, adik 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 pengalamanny .
5. Para sahabat, teman dekat dan pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

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

Depok, Januari 2011

Januar Diniarto

Januar Diniarto

NPM 06 06 077806

Departemen Teknik Mesin

Desen Pembimbing

Dr.Ir.Sunaryo, Ph.D

ANALISA STRUKTUR MATERIAL LAMINASI UNTUK LAMBUNG KAPAL KAYU TRADISIONAL

ABSTRAK

Penelitian kekuatan material laminasi untuk lambung kapal pinisi adalah sebuah pembahasan ilmiah yang menarik untuk mendapatkan material alternatif yang baru yang dapat diaplikasikan untuk lambung kapal pinisi. Dengan metode laminasi ini sangat memungkinkan sebagai pengganti kayu, karena dengan laminasi, selain memiliki kekuatan yang lebih baik dan mudah didapat juga harga yang lebih murah dibandingkan kayu. Dengan pertimbangan material laminasi ini masih jarang digunakan pada kapal, maka diperlukan pengujian terhadap material tersebut.

Penelitian kali ini dilakukan untuk melihat karakteristik mekanik dan mengevaluasi penggunaan material laminasi. Adapun uji yang dilakukan meliputi uji tarik dan uji lentur yang di uji di laboratorium untuk melihat kekuatan tarik, modulus tarik, kekuatan lentur dan modulus lenturnya.

Hasil Pengujian dari pengujian tarik didapat nilai tensile strength kayu laminasi 7,316 MPa , fiber laminasi 93,9167 MPa dan bambu laminasi 56,583 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material laminasi yang memiliki nilai terdekat dengan nilai yang ada pada peraturan BKI dan Germanisher Lloyd adalah fiber laminasi.

Kata Kunci :Kapal Pinisi, Laminasi,

STRUCTURAL ANALYSIS OF LAMINATED MATERIAL FOR TRADITIONAL WOODEN BOAT HULL

ABSTRACT

The research strength of laminated material for hull pinisi is an interesting scientific discussion to get a new alternative materials that can be applied to the hull pinisi. With lamination method is very possible as a substitute for wood, due to the lamination, in addition to having a better strength and easy to obtain also the prices are cheaper than wood. With consideration of these laminate materials are rarely used on ships, the required testing terhadap material.

Research time was carried out to see the mechanical characteristics and evaluate the use of laminated materials. The test was conducted on the tensile and bending tests in the laboratory test to see tensile strength, tensile modulus, flexural strength and bending modulus.

The test results obtained from tensile testing tensile strength values of wood laminate is 7.316 MPa, fiber laminate is 93.9167 MPa and bamboo laminate 56.583 MPa. The test results showed that the laminate material that has a value closest to the existing value in the BKI regulations and Germanisher Lloyd is fiber laminate.

Keyword : Pinisi, Lamination

DAFTAR ISI

halaman

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
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	05
2.2 MATRIKS RESIN EPOXY	06
2.3 LAMINASI	09
2.4 MIKROMEKANIKA KOMPOSIT	14
2.5 TEORI KEGAGALAN	19
BAB III EKSPERIMENTAL	
3.1 PEMBUATAN KOMPOSIT	20
3.2 METODOLOGI PENELITIAN	21

3.3 STANDARISASI PENGUJIAN KOMPOSIT.....21

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 DATA DAN PENGOLAHAN PENGUJIA..... 23

4.2 ANALISIS HASIL PENGUJIAN..... 29

BAB V KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN34

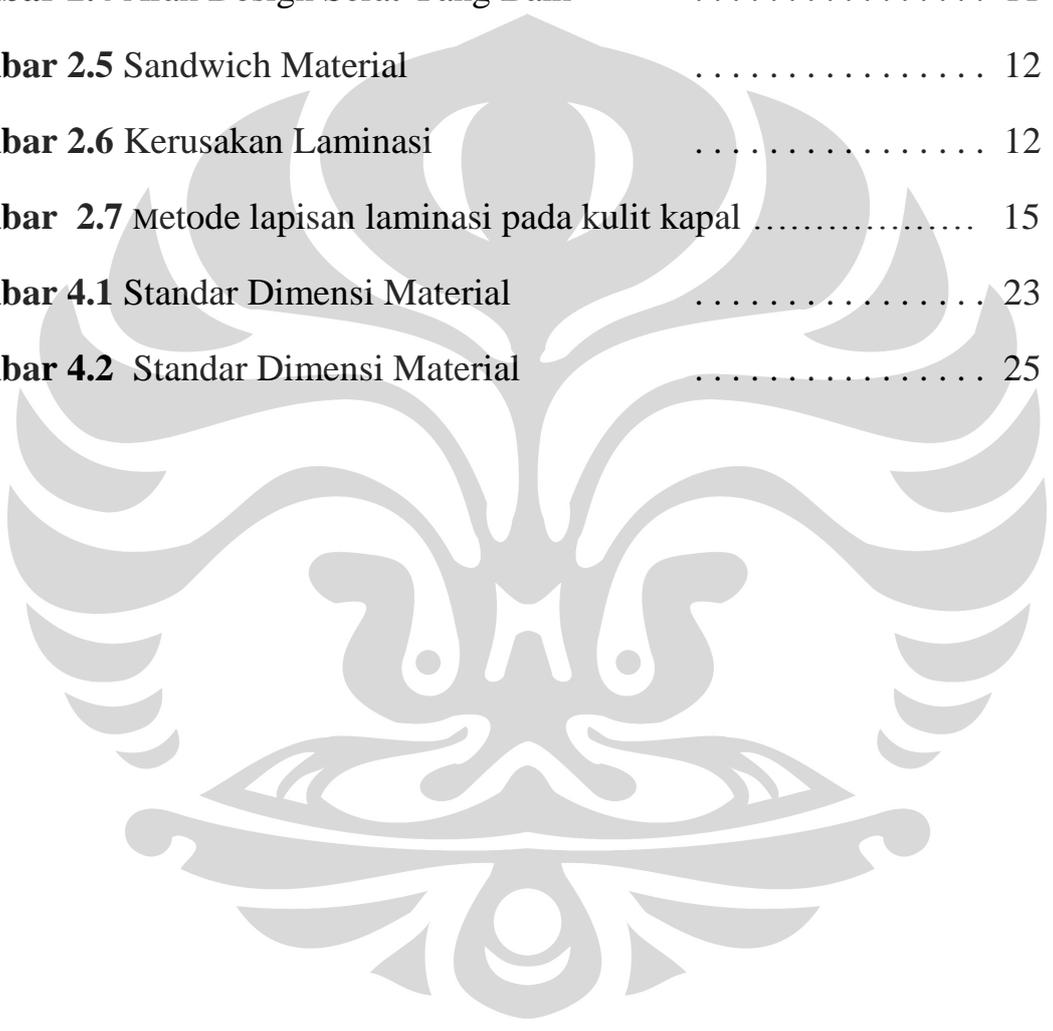
5.2 SARAN34

DAFTAR PUSTAKA35



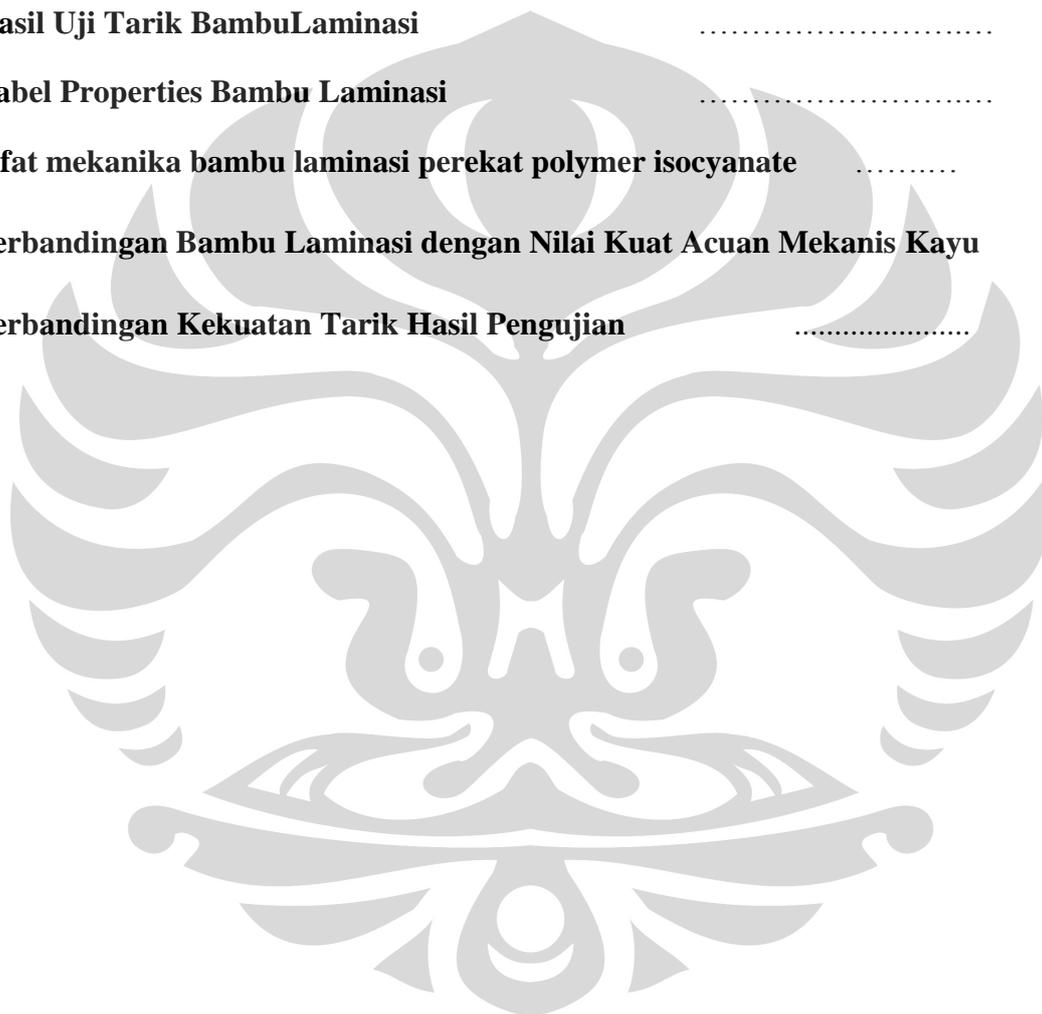
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arah serat pada saat pengujian tarik dan kompress	10
Gambar 2.2	Efek dari orientasi Serat	10
Gambar 2.3	Mediocre Design	11
Gambar 2.4	Arah Design Serat Yang Baik	11
Gambar 2.5	Sandwich Material	12
Gambar 2.6	Kerusakan Laminasi	12
Gambar 2.7	Metode lapisan laminasi pada kulit kapal	15
Gambar 4.1	Standar Dimensi Material	23
Gambar 4.2	Standar Dimensi Material	25



DAFTAR TABEL

	halaman
4.1 Hasil Uji Tarik Kayu Laminasi	24
4.2 Tabel Properties Kayu Laminasi	24
4.3 Hasil Uji Tarik Fiber Laminasi	25
4.4 Tabel Properties Fiber Laminasi	26
4.5 Hasil Uji Tarik Bambu Laminasi	26
4.6 Tabel Properties Bambu Laminasi	27
4.7 Sifat mekanika bambu laminasi perekat polymer isocyanate	27
4.8 Perbandingan Bambu Laminasi dengan Nilai Kuat Acuan Mekanis Kayu	28
4.9 Perbandingan Kekuatan Tarik Hasil Pengujian	29



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi pembangunan kapal rakyat dari masa ke masa terus mengalami kemajuan seiring dengan adanya penemuan metode konstruksi baru yang lebih efisien dari segi waktu dan harga. Saat ini kapal rakyat yang masih eksis dalam pelayaran nasional kita salah satunya ialah kapal pinisi. Pinisi merupakan kapal layar tradisional khas asal Indonesia, yang berasal dari suku bugis dan suku makassar di 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; umumnya digunakan untuk pengangkutan barang antarpulau. Pinisi adalah sebuah kapal layar yang menggunakan jenis layar sekunar dengan dua tiang dengan tujuh helai layar yang mempunyai makna bahwa nenek moyang bangsa Indonesia mampu mengharungi tujuh samudera besar di dunia.

Dewasa ini di tengah berbagai kendala yang ada, Pinisi masih melanjutkan tradisinya sebagai pelayaran di luar sistem yang melayari perairan Nusantara dan menembus pulau yang tak terjangkau kapal pelayaran Nasional. Kapal pinisi ini digunakan untuk mengangkut beras, sapi, semen, bahkan suara pemilihan umum ke pulau paling terpencil sekalipun dan tidak bisa dipungkiri bahwa sampai saat ini lautan luas Nusantara masih dalam genggamannya. Namun, dibalik kedigdayaan kapal pinisi tersebut, saat ini kapal rakyat ini telah mengalami penyusutan yang disebabkan oleh adanya kelangkaan kayu dan harga yang semakin mahal.

Saat ini Penggunaan material utama (kayu) untuk pembangunan kapal pinisi sulit didapatkan dan harganya semakin mahal. Namun dengan misi untuk menyelamatkan pelayaran rakyat ini. Diperlukan suatu pengembangan teknologi dalam pembangunan kapal rakyat ini, Tentunya yang lebih efisien dari segi harga dan juga untuk meningkatkan kualitas dari kapal pinisi tersebut. Dengan semakin mahalnya harga kayu maka perlu dilakukan pencarian material alternatif sebagai pengganti kayu.

Salah satu terobosan yang ditempuh yaitu dengan melakukan metode laminasi. Dengan metode laminasi ini sangat memungkinkan sebagai pengganti kayu, karena dengan

laminasi, selain memiliki kekuatan yang lebih baik dan mudah didapat juga harga yang lebih murah dibandingkan kayu. Dengan pertimbangan material laminasi ini masih jarang digunakan pada kapal, maka diperlukan pengujian terhadap material tersebut.

Dalam Penelitian ini , ada 3 material laminasi yang diuji. Diantaranya yaitu, laminasi bambu, laminasi kayu dan juga laminasi fiber. Adanya 3 material yang diuji ini bertujuan untuk membandingkan, dari ketiga material tersebut mana yang paling memungkinkan untuk dijadikan sebagai alternatif pengganti material kayu pada kapal pinisi.

I.2 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan material akibat uji tarik dan perilaku tersebut ditentukan teknologi produksi yang feasible dalam pembuatan laminasi untuk kebutuhan komponen pada kapal kayu. Dan juga bertujuan untuk adalah membandingkan harga laminasi dengan kayu.

I.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.

1.4 BATASAN MASALAH

Penelitian ini hanya bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari material laminasi . Yang dikorelasikan dengan rules klasifikasi apakah material tersebut feasible untuk bagian *hull* kapal .

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. 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.

3. Pengolahan data

Data mentah dari penelitian 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.

4. Analisis data

Data-data dari pengolahan digunakan untuk menganalisis bagaimana kekuatan dari ketiga material tersebut. Kekuatan material tersebut dapat diperoleh dari nilai-nilai yang telah

didapatkan sebelumnya seperti Ultimate Tensile Stress, Ultimate Tensile Strain dan Tensile Modulus Of Elasticity.

I.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan tugas akhir ini meliputi beberapa bab, yaitu:

BAB I : Bab ini membahas mengenai latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, metode penelitian, batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini, metode penulisan dalam hal ini bagaimana penulis mendapatkan informasi mengenai penelitian ini serta sistematika penulisan.

BAB II : Bab ini menjelaskan tentang landasan teori, tlamisasi, karakteristik komposit, ASTM D 3500, dan persamaan umum dalam uji tarik (Tensile Test).

BAB III : Bab ini menjelaskan tentang peralatan-peralatan pendukung dalam pengujian, kondisi dalam pengujian serta prosedur pengujian dan pengambilan data.

BAB IV : Bab ini menjelaskan tentang pengolahan data, menampilkan data penelitian, grafik yang didapat dari pengujian, hasil dari pengujian serta analisis dari hasil penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Komposit Dalam Industri Kelautan

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.

Material Komposit relatif merupakan material baru di dunia perkapalan. Pembangunan Kapal Tradisional (*Traditional Ship Building*) menggunakan material dari kayu , baja dan alumunium telah digantikan oleh komposit untuk bagian dari struktur kapal dan interior pada kapal. Komposit pertama kali dikenalkan adalah komposit *Fiber Reinforced Plastic* (FRP) yang merupakan bagian dari *Glass Reinforced Composite* (GRC) yang digunakan kapal Angkatan Bersenjata Amerika Tahun 1940.

Penggunaan komposit pada kapal telah banyakk digunakan terutama pada kapal-kapal kecil dan perahu. Penyusun dari komposit pun semakin beragam mulai dari matriksny baik itu polymer, epoxy resin, thermoplastic , dll ; dan serat juga sudah mulai banyak dikembangkan yaitu serat kaca (glass), carbon dan sejenisnya.

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 (*stiffnesI*), 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*. Banyak dipakai untuk membuat komposit atau struktur komposit karena menawarkan sifat-sifat kombinasi yang unik yang tidak diperoleh pada jenis resin termoset lainnya. Dalam pengertian umum, resin epoksi dapat didefinisikan sebagai sebuah molekul yang memiliki tiga buah lingkaran dari konfigurasi segitiga yang terdiri dari 1 atom dan diikat dengan 2 atom karbon.

Kelebihan yang dimiliki *epoxy* antara lain memiliki kekuatan yang tinggi, penciutan yang rendah, proses adhesi yang baik berbagai substrate, tingkat toksik 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 Keuntungan Laminasi

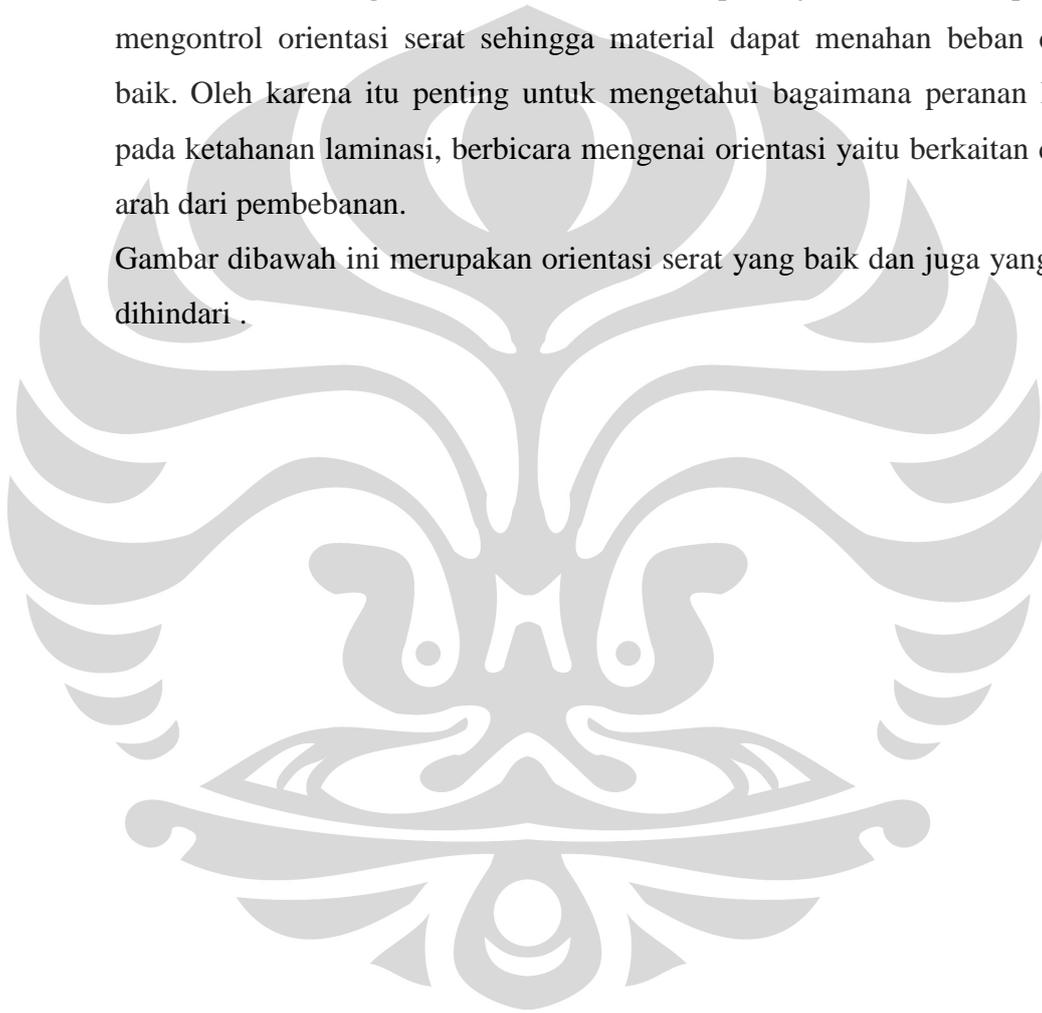
1. Teknologi laminasi secara tidak langsung dapat mengatasi masalah retak, pecah ataupun cacat akibat pengeringan karena lamina terdiri atas lembaran lembaran yang tipis sehingga pengeringan lebih cepat dan mudah.
2. Produk lamina yang berlapis-lapis memungkinkan untuk memanfaatkan lamina berkualitas rendah untuk disisipkan diantara lapisan luar (face) dan lapisan belakang (back) seperti halnya produk kayu lapis.
3. Teknologi laminasi memungkinkan pembuatan struktur bangunan berukuran besar yang lebih stabil karena seluruh komponen (lembaran) yang digunakan telah dikeringkan sebelum dirakit menjadi produk laminasi.

4. Arah serat lamina dapat dipasang saling bersilangan, sehingga susunan ini akan menjadikan kembang-susut produk tidak besar

2.3.2 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 .



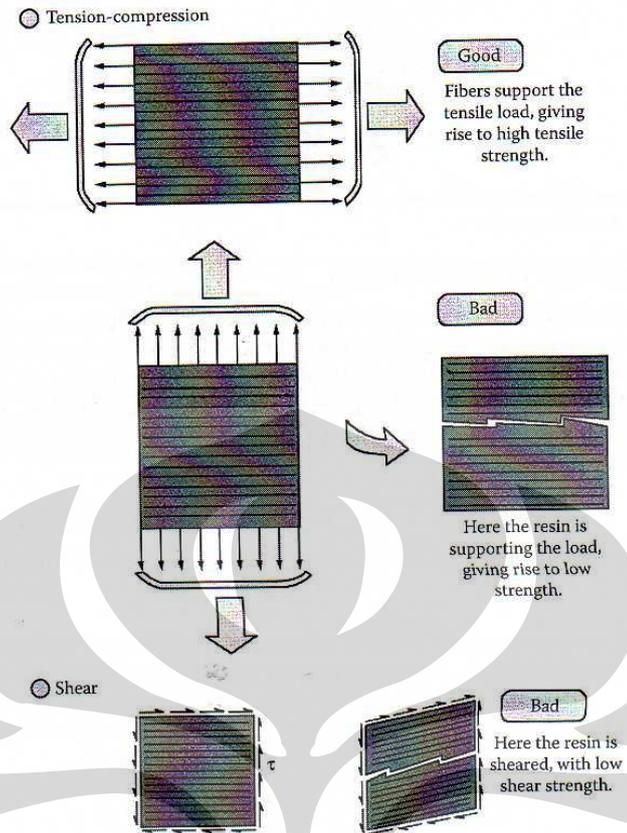
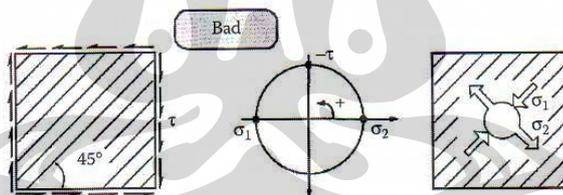


Figure 5.6 Effect of Ply Orientation



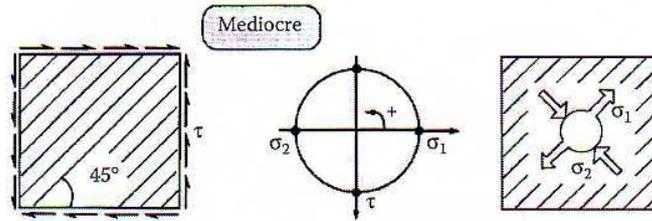


Figure 5.8 Mediocre Design

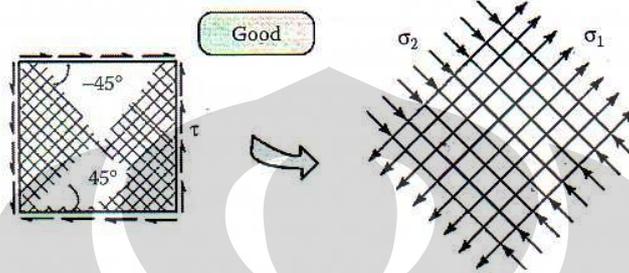
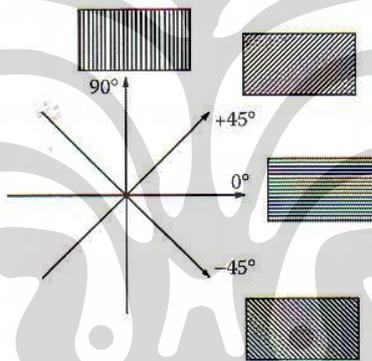


Figure 5.9 Good Design

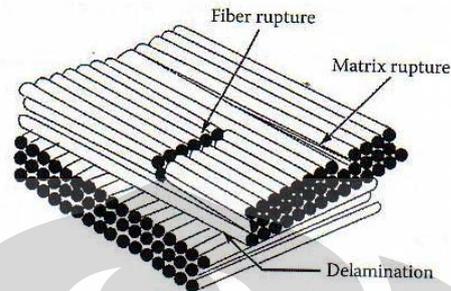


2.3.3 Kegagalan Pada Laminasi

- **Kerusakan**

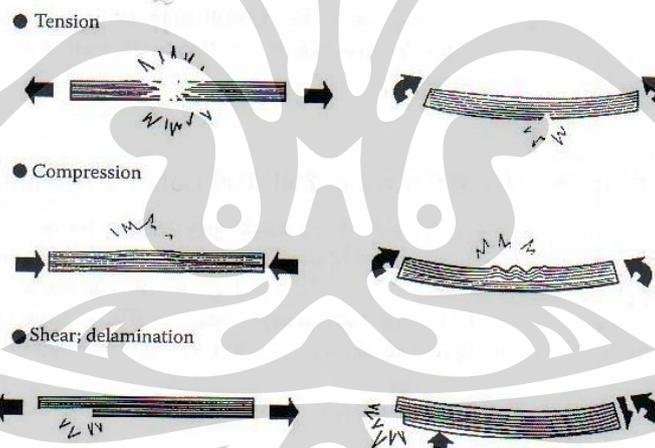
Pada gambar 2.7 menunjukkan skematis berbagai jenis kegagalan yang menyebabkan kerusakan sebuah laminasi

Figure 5.17 Description of a Sandwich Material



Mode Kerusakan utama pada laminasi yaitu ketika diberikan beban yang melebihi batasan criticalnya, seperti dilihat pada gambar 2.8

Figure 5.18 Different Modes of Failure



a. Teknik Laminasi

- Hot press

Kayu lapis adalah kayu laminasi dengan orientasi *veneer*-nya pada 90 derajat. Veneer untuk pembuatan panel kayu lapis ketebalannya antara 1 – 2 mm.

Kayu lapis atau plywood terdiri dari sekurang2nya 3 *ply* (lapisan): 2 lapisan permukaan ("*face veneer*") dan satu lapisan pengisi ("*fill*"). Untuk

panel yang lebih tebal, lapisannya menjadi 5, 7, dsl. *Veneer* permukaan (searah dengan panjang panel) adalah kayu pilihan; sampai batas-batas tertentu, kualitas *face veneer* menentukan kualitas sebuah panel kayu lapis. Lapisan pengisi (“*fill*”) biasanya kayu murahan /ringan dan lapisannya lebih tebal. Dengan alasan-alasan ekonomis, *face veneer* permukaan depan dan permukaan belakang sebuah panel *plywood* biasanya berbeda kualitasnya. Permukaan “luar” dan “dalam” sebuah panel kayu lapis tidak perlu sama; bagian dalamnya umumnya “tidak terlihat”.

Semua jenis *plywood* terbuat dari veneer yang diperoleh dengan cara “*rotary peel*” dari kayu gelondongan yang basah (kalau kayu gelondongan atau “log”-nya kering, veneernya akan retak²). Karena *veneernya* (setelah dikupas secara radial dari log) keadaannya basah, proses pengelemannya berlangsung dengan pengepresan didalam oven pemanas (*hot glue process*). Jadi, lembaran *plywood* keluar dari proses produksi dalam keadaan kering dan lemnnya sudah keras.

- Cold molding.

Sebaliknya, pada kapal kayu laminasi, karena lengkungan lambung, pengelemannya tidak dapat dilakukan dengan pengepresan dan oven, melainkan dilakukan dengan perekat dalam keadaan dingin. Oleh karena itu, perekatan veneer yang membentuk lambung kapal dikenal dengan istilah “*Cold Molding*”.

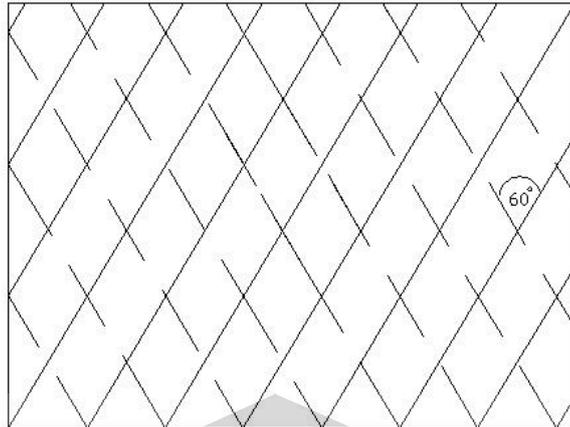
Perekat yang dipergunakan adalah *Resorcinol* atau *Epoxy*. Kedua lem tersebut mengeras bukan karena penguapan tetapi oleh reaksi kimia antara resin dan hardenernya. Lem *Resorcinol* mengalami penyusutan pada waktu mengering. Dengan lem sejenis ini, permukaan kayunya harus sangat rata dan saling berhimpitan. Kalau tidak, hasilnya akan terjadi rongga² pada permukaan rekatannya. Lem *epoxy* sebaliknya, tidak menyusut pada waktu mengeras, jadi dikenal sebagai lem yang memiliki sifat “*gap-filling*”. Permukaan yang kurang rata yang akan direkatkan, akan terisi oleh lem *epoxy* tersebut.

Veneer yang dipergunakan untuk membentuk lambung kapal sebaiknya lebih tebal, karena lem epoxy harganya mahal. Semakin tipis veneernya, semakin banyak lapisan lemnya.

Orientasi veneer terhadap garis tengah mold dilakukan dengan sudut 60 derajat silih berganti lapis demi lapis, sehingga sudut antara lapisan dan lapisan pun menjadi 60 derajat. *Constant Camber mold* sebelumnya dibungkus lembaran plastik tipis, agar lapisan yang pertama tidak rekat pada mold. Setiap lapisan, setelah lemnya kering, perlu sedikit digerinda/diampelas agar permukaannya rata dari sisa lem yang “melejit” ketika veneernya di pres dengan paku2 kecil. Pencabutan paku dilakukan dengan alat bantu sederhana berupa pahat tipis yang ujungnya digerinda menjadi bentuk “V”.

- **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 60^0 (gambar 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.



Gambar 2.8 metode lapisan laminasi pada kulit kapal

Dengan sistim konstruksi yang demikian maka terbentuklah suatu kulit lambung yang kekar dan ringan. Sesuai dengan fungsi dan rancang bangun kapal-kapal, bagian dalam lambung kapal perlu diberi dinding-dinding penyekat melintang (bulk heads) berupa balok geladak dan tulang-tulang memanjang (stringers) berupa galar-galar (gambar 2). Hal tersebut bertujuan agar badan kapal tersebut menjadi kekar dan tidak lentur. Namun bagian-bagian kerangka tersebut tidak perlu besar dan dapat dilaminasi dari kayu gergajian biasa. Balok dan gading pemasangan laminasinya mengikuti alur serat memanjang.

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 : $\sigma = \text{Tekanan(stress)}$

P = Besar pembebanan

A = Luas Area Pembebanan

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

Strain dirumuskan sebagai berikut :

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

Keterangan : $\varepsilon = \text{Regangan(strain)}$

ε_t = panjang akhir material

ε_0 = **panjang mula – mula material**

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

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

Keterangan : E = modulus young

ε = regangan (strain)

$\sigma = \text{Tekanan (stress)}$

Dalam analisa mikromekanik digunakan untuk memperkirakan karakteristik dari komposit serta karakteristik unsur pembentuknya baik itu 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.

2.4.1 Fraksi Massa

Fraksi Massa unsur pembentuk ialah perbandingan massa sebuah unsur pembentuk dengan massa keseluruhan.

Rumus sebagai berikut :

$$F_w = \frac{w_i}{w_e} \dots (2.4)$$

Keterangan ; F_w = Fraksi massa dari unsur pembentuk

w_i = Massa unsur pembentuk, gr

w_e = Massa Keseluruhan, gr

Penjumlahan fraksi massa pembentuk komposit sama dengan 1. Fraksi massa dari ruang kosong (void) dianggap nol.

Dirumuskan :

$$W_f + W_m = 1 \dots (2.5)$$

Keterangan : W_f = Fraksi massa fiber

W_m = Fraksi massa matriks

2.4.2 Fraksi Volume

Fraksi volume ialah perbandingan volume sebuah unsur pembentuk dengan volume keseluruhan. Dirumuskan :

$$F_v = \frac{v_i}{v_e} \dots (2.6)$$

Keterangan : F_v = Fraksi volume dari unsur

v_i = Volume unsur pembentuk, mm^3

v_e = Volume komposit, mm^3

Penjumlahan fraksi dan fiber, matriks dan ruang kosong (void) sama dengan satu. Sama dengan satu.

Dirumuskan :

$$V_f + V_m + V_o = 1 \dots (2.7)$$

2.4.3 Densitas

Densitas dari komposit dapat ditentukan dari penjumlahan dari perkalian tiap-tiap unsur pembentuk dengan fraksi volumenya.

$$\rho_c = \frac{\rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m}{v_e} \dots (2.8)$$

Keterangan : ρ_c = Densitas Komposit, gr/mm^3

ρ_f = Densitas Fiber, gr/mm^3

ρ_m = Densitas Matriks, gr/mm^3

2.4.4 Modulus Young Longitudinal

Dalam pengujian tarik komposit, bila ditarik dengan arah serat akan menimbulkan tegangan yang sama besarnya diterima oleh serat dan matriks. Regangan yang ditimbulkan pun akan sama jika tidak ada slip antara serat maupun matriks.

Gaya yang diterima komposit mengacu pada hukum campuran (*Law of Mixture*) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_c = F_f + F_m \dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

F_c = gaya yang diterima komposit, N

F_f = gaya yang diterima serat, N

F_m = Gaya yang diterima matriks, N

Mengingat stress sama dengan gaya pembebanan per luas area.

Maka, $F_c = \sigma_c \cdot A_c$, $F_f = \sigma_f \cdot A_f$, dan $F_m = \sigma_m \cdot A_m$, sehingga dapat dirumuskan:

$$\sigma_c \cdot A_c = \sigma_f \cdot A_f + \sigma_m \cdot A_m$$

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot A_f / A_c + \sigma_m \cdot A_m / A_c$$

Karena fraksi area sama dengan fraksi volume maka :

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot A_f / A_c + \sigma_m \cdot A_m / A_c$$

$$E_c \cdot \epsilon_c = E_f \cdot \epsilon_f \cdot v_f + E_m \cdot \epsilon_m \cdot v_m$$

Regangan yang timbul adalah sama antara komposit dengan regangan fiber dan matriks maka :

$$E_c = E_f \cdot v_f + E_m \cdot V_m \dots (2.10)$$

Keterangan L: $E_c = E_1 = \text{Modulus Young Longitudinal, N/m}^2$

Kekuatan tarik maksimum longitudinal dari lamina dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\sigma_{1t}^{ult} = \sigma_{1f}^{ult} V_f + (\epsilon_{1f}^{ult}) E_m (1 - V_f) \dots (2.11)$$

Keterangan :

σ_{1t}^{ult} = Ultimate Longitudinal Strength

$\sigma_{1f}^{ult} V_f$ = Ultimate Tensile Strength of Fiber

$(\epsilon_{1f}^{ult}) E_m$ = Ultimate Failure Strain of Fiber

Regangan maksimum longitudinal dari lamina dirumuskan sebagai berikut :

$$(\epsilon_1^T)^{ult} = \sigma_{1t}^{ult} / E_1 \dots (2.12)$$

Keterangan :

$(\epsilon_1^T)^{ult}$ = Ultimate Longitudinal Strain

2.5 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 (*debonding*),
4. Terpisahny lamina satu sama lain (*delamination*).

BAB 3

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 dan hardener dicampur dengan skala 1:1 sesuai berat dan ketebalan yang diinginkan. Lalu timbang serat anyaman yang sudah disesuaikan dengan bingkai triplek tersebut. Perbandingan serat anyaman dengan larutan resin yaitu

- *Bagging*

Setelah itu, larutan resin dioleskan pada serat anyaman di atas cetakan kaca. Untuk meratakan ketebalan dan menghindari udara yang terperangkap di lapisan resin, kami memberi tekanan pada serat anyaman dengan menggunakan cetakan kaca.

- *Curing*

Proses *curing* dilakukan pada temperatur ruang selama lebih kurang 9 – 12 jam. Pada proses ini terjadi proses pengeringan serat dan resin

(polimeralisasi).

- *Debugging*

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.

3.3 Standardisasi 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.

a. Peralatan uji tarik

- Mesin uji servopulser shimadzu 20 ton
- Jangka sorong digital mitutoyo

b. Sampel uji tarik

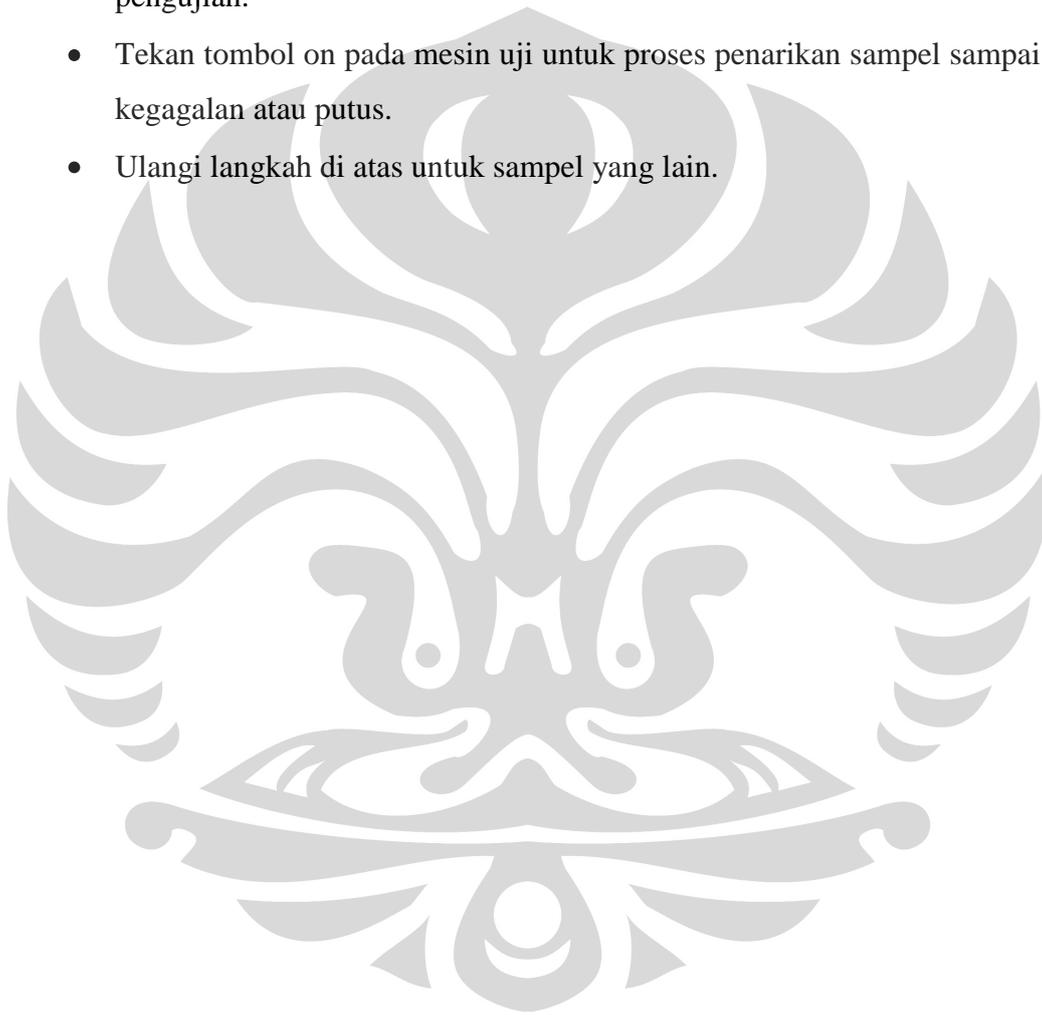
Sampel uji yang digunakan berupa pelat hasil cetakan dari komposit yang memiliki ukuran 25 cm x 5 cm x 0.5 cm. Jumlah pelat yang diuji yaitu 10 buah yang terdiri dari 5 buah pelat anyaman hasil tenunan dan 5 buah pelat anyaman tikar.

c. Kondisi pengujian

Uji tarik dilakukan pada kondisi standar laboratorium yaitu pada suhu $23 \pm 3^\circ \text{C}$ dengan kelembaban relatif $50 \pm 10 \%$.

d. 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 sumbunya.
- 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.



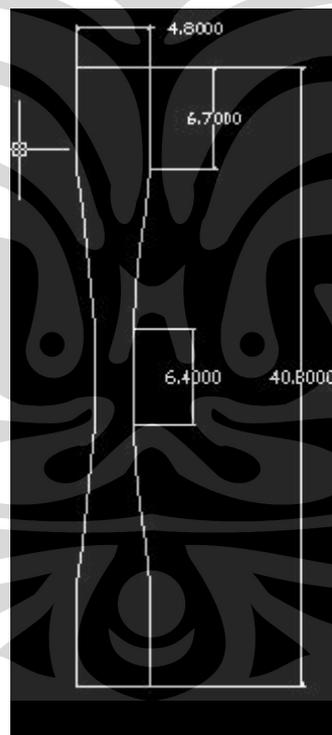
BAB IV

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:



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 :

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* (δ), *Strain* (ϵ) dan *Tensile Modulus Young* (E).

Contoh Perhitungan :

Ultimate Tensile Strength (UTS)

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

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

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

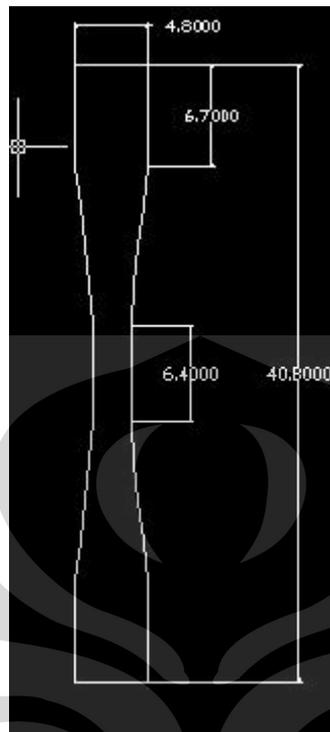
Dibawah ini merupakan tabel hasil penghitungan di atas :

Sampel	Dimensi		Luas Area	Panjang Ukur	Beban Maksimum	Tegangan	Regangan	Modulus Young	Ket
Kode	Lebar (mm)	Tebal (mm)	(mm ²)	(mm)	(Kg)	δ (MPa)	ϵ (%)	(MPa)	
Kayu here.	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:



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

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

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* (δ), *Strain* (ϵ) dan *Tensile Modulus Young* (E).

Contoh Perhitungan :

Ultimate Tensile Strength (UTS)

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

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

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

Dibawah ini merupakan tabel hasil penghitungan di atas :

Sampel	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan δ (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)

4.1.2 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* (δ), *Strain* (ϵ) dan *Tensile Modulus Young* (E).

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

Contoh Perhitungan :

Ultimate Tensile Strength (UTS)

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

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

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

Dibawah ini merupakan tabel hasil penghitungan di atas :

Sampel Kode	Dimensi		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	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 baiknya 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.

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)

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

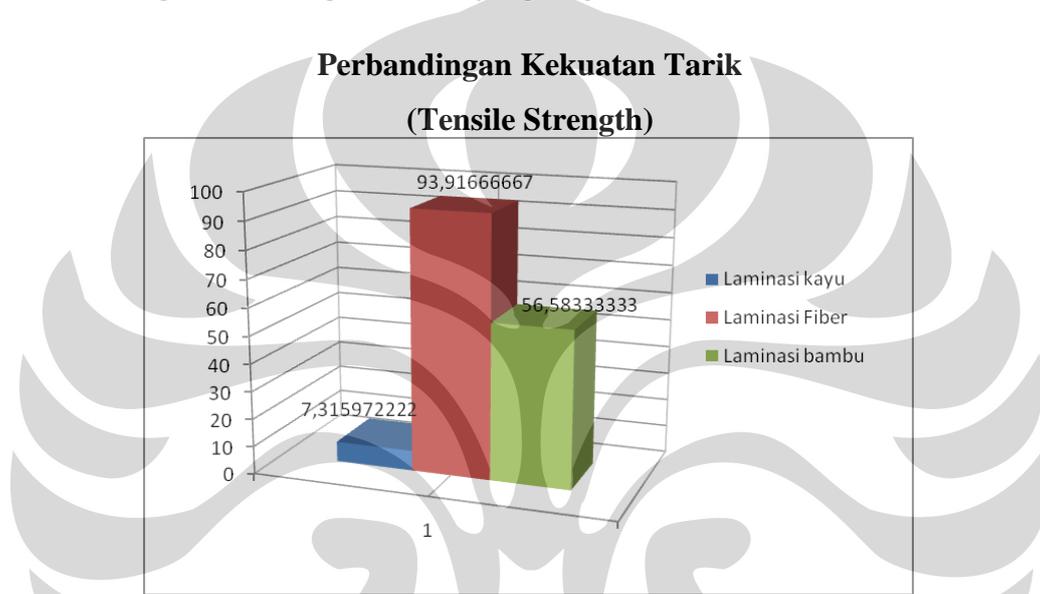
Berdasarkan hasil perbandingan sifat mekanika bambu laminasi dengan nilai kuat acuan sifat mekanis kayu kadar air 15 %, bambu laminasi dengan perekat polymer isocyanate memiliki nilai karakteristik mekanika untuk E_b , F_t , F_c sejajar, dan F_v di atas kode mutu E26,

yang mana kode mutu E26 termasuk kedalam kelas kuat kayu I. Sedangkan Fb masuk dalam kode mutu E25, dan Fc 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 4.9 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 fiber lah 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.

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	7,46527778

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 %

4.2.2.2 Germanisher Lloyd

Peraturan dari Germanisher Lloyd adalah peraturan yang terdapat pada *Chapter II: Rules for Classification and Construction Material and Welding pada bagian Non-Metallic materials yaitu Fiber Reinforced Plastic and Bonding* yang secara spesifik yang digunakan sebagai acuan terdapat pada section 2 tentang *Materials and minimum mechanical properties* terdapat pada point 3.5

Dimana untuk peraturan dari Germanisher Lloyd ini minimum properties dicari dengan menggunakan rumus :

$$X_{min} = X_{ref} \left(\frac{\varphi}{0.4} \right)$$

Dimana : X_{min} = nilai minimum yang diisyaratkan

X_{ref} = nilai referensi untuk fiber volume 0.4

α = Factor untuk lay-up

φ = Fiber Volume $0,2 \leq \varphi \leq 0,6$

Dari Persamaan diatas dapat dilakukan penghitungan minimum properties sebagai berikut :

$$X_{min} = X_{ref} \left(\frac{\varphi}{0.4} \right)$$

- Tensile Strength Minimum :

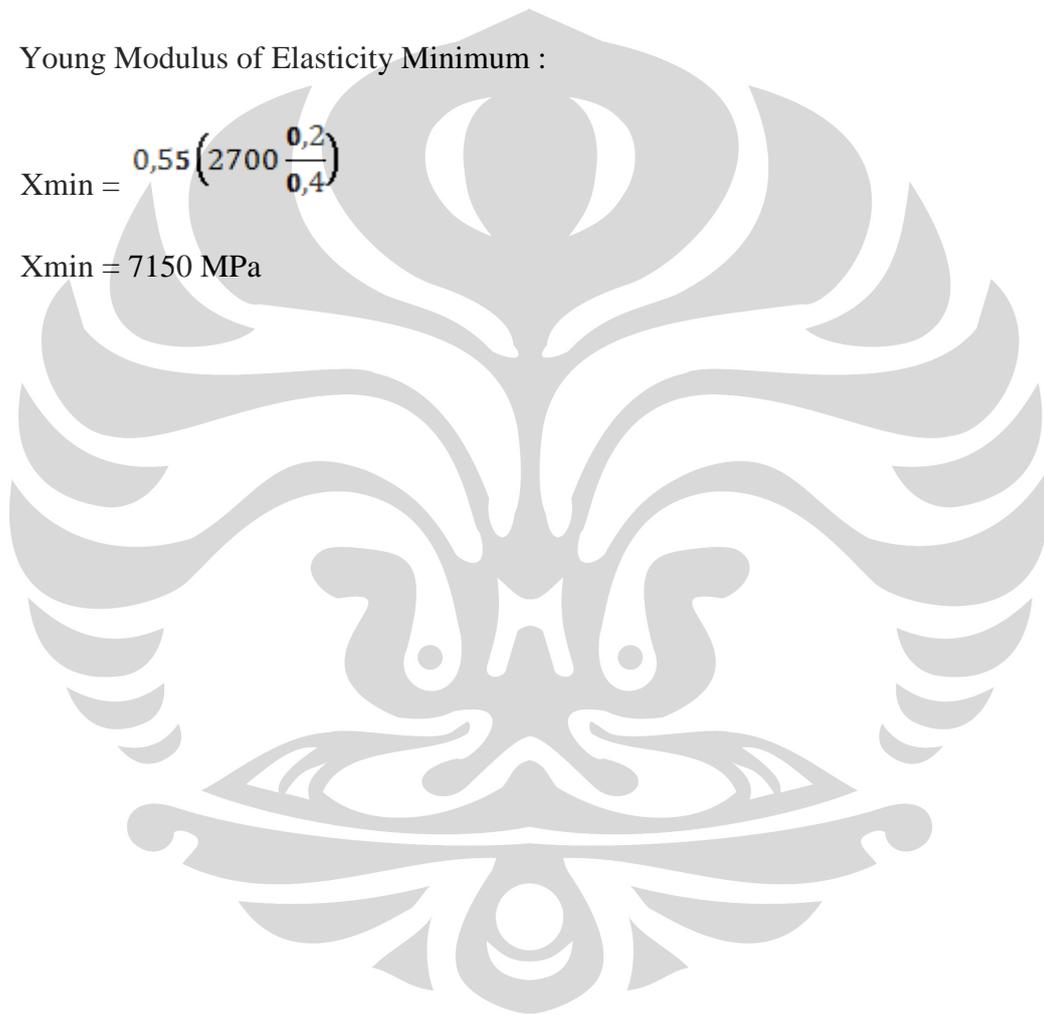
$$X_{\min} = 0,45 \left(500 \frac{0,2}{0,4} \right)$$

$$X_{\min} = 112,5 \text{ MPa}$$

- Young Modulus of Elasticity Minimum :

$$X_{\min} = 0,55 \left(2700 \frac{0,2}{0,4} \right)$$

$$X_{\min} = 7150 \text{ MPa}$$



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 . 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 ketiga material tersebut tidak dapat dihitung nilai modulus young-nya , karena ketiga material tersebut tidak mengalami pemuluran /elongasi sehingga nilai strain tidak bisa dihitung besarnya.
3. Dari hasil data yang ada , dari aspek kekuatan materialnya bambu laminasi memungkinkan untuk menjadi material dalam pembuatan lambung kapal (pinisi). Dengan Kekuatan tarik // serat sebesar 135.43 MPa atau 1381.001 Kg/cm². Nilai Properties ini memenuhi dengan syarat nilai minimum yang ditentukan BKI yaitu sebesar 430 Kg/cm²

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)

Suprijanto, Iwan , Rusli dan Dedi Kusmawan . *Standarisasi Bambu Laminasi Sebagai Alternatif Pengganti Kayu Konstruksi*. Prosiding PPI Standardisasi. (Jakarta, 2009)