

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin meningkat, membuat manusia menjadi semakin tertantang untuk dapat mengembangkan hal-hal baru yang dapat memperbaiki penemuan-penemuan sebelumnya. Hasilnya akan mempunyai nilai lebih dari penemuan sebelumnya. Kelebihan yang diperoleh bernilai guna, ekonomis, praktis, dan efisien. Material komposit merupakan salah satu jenis perkembangan teknologi, yang dilakukan dengan cara menggabungkan dua atau lebih material yang berbeda dalam skala makroskopis. Rekayasa material komposit bertujuan untuk mendapatkan material baru yang mempunyai sifat lebih baik dari sifat sebelumnya. Adapun sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain: kekuatan, kekakuan, berat jenis, *fatigue life*, ketahanan gesek, ketahanan korosi dan beberapa sifat lain yang lebih baik dari sifat sebelumnya (Jones, 1975).

Para industriawan mulai tertarik akan penggunaan komposit sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya, seperti ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam. Komposit begitu cepat diserap dan dipakai oleh industri otomotif, militer, pesawat terbang, alat olah raga, bahkan sampai peralatan rumah tangga. Produsen mobil *Daimler - Benz* bekerjasama dengan UNICEF mengembangkan komposit serat alam sebagai panel interior mobil (Sumardi dkk, 2003).

Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, impact, dan meredam getaran. Komposit *sandwich* biasanya terdiri dari *flat* komposit dan *core*. *Core* yang biasa dipakai di industri adalah *Divynycell*, *Polyvynil Clorida* (PVC), *Polyuretan* (PU), *Core balsa* dan *honeycomb*. Saat ini di PT INKA sedang mengembangkan pembuatan pintu kereta api K-1 dengan menggunakan komposit *sandwich* dengan bahan dasar kayu sengon laut.

Sebelumnya pintu kereta api masih menggunakan bahan logam yang limbahnya dapat mencemari lingkungan, terutama air dan tanah PT. INKA merupakan salah satu perusahaan yang mengembangkan aplikasi komposit sebagai panel gerbong kereta api. Pemanfaatan dan aplikasi komposit *glass fiber reinforced plastic* (GFRP) untuk *front end* KRLI, *mask* KRL-Nas, *mask* KRDE (2005) dan *mask* KRDI (2007) serta pembuatan *composite train roof Rail Bus* (2007) dengan metode *dry vacuum*. Bahan serat gelas (*glass fibre*) terutama mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan elemen logam oksida dan banyak dipakai dengan matriks *polyester* dan *epoksi*. Salah satu terobosan baru dalam dunia otomotif yang dilakukan oleh PT. INKA yaitu pembuatan pintu kereta api K-1 dari komposit *sandwich* berpenguat serat gelas dengan *core* kayu sengon laut.

Ketergantungan dengan produk impor (serat gelas, PVC, dan *honeycomb*) merupakan kebijakan terbalik dengan kondisi alam Indonesia yang kaya akan sumber daya alamnya. Bahkan, inti kayu balsa dari Australia telah masuk di Indonesia (sumber: PT. JUSTUS). Oleh karena itu, kajian riset dengan memanfaatkan bahan lokal dipandang penting untuk dilakukan.

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam yang berlimpah. Berbagai jenis kayu dapat ditemukan di Indonesia. Pohon sengon laut merupakan sumber daya alam yang banyak ditemukan di beberapa daerah sebagian Jawa. Pohon ini memiliki nama latin *Albizia falcataria*. Berat jenisnya adalah sekitar  $0,33 \text{ gr/cm}^3$  sehingga kayu sengon laut diklasifikasikan sebagai kayu ringan. Kayu sengon laut juga memiliki sifat fisis lain yaitu penyusutan 4,57% pada arah tangensial dan 2,715% pada arah radial dengan kandungan kadar air 10-11% pada umur 5-6 tahun (Atmosuseno,1999).

Konsep rekayasa *core* kayu merupakan tahapan alih teknologi yang diilhami oleh masuknya *core* impor kayu balsa dari Australia ( sumber: PT JUSTUS. Jakarta 2003). Harga inti impor kayu balsa mencapai Rp. 90.000.-/m<sup>2</sup>., sedangkan harga papan kayu sengon laut hanya sepetiganya dengan ketebalan 2 cm. Padahal sifat fisik dan mekanis kayu sengon laut dapat dikatakan hampir sama dengan kayu balsa.

Melalui inovasi iptek, kayu sengon laut sangat menguntungkan dan menarik untuk dikaji sebagai *core* komposit *sandwich*.

Ketersediaan kayu sengon laut sangat melimpah, dan biasanya hanya dipakai untuk landasan cor beton, sehingga nilai ekonomisnya rendah. Kayu ini merupakan SDA (Sumber Daya Alam) yang dapat direkayasa menjadi produk teknologi andalan nasional sebagai *core* komposit *sandwich*.

Aplikasi struktur komposit *sandwich* ini sangat cocok digunakan untuk dinding, dan pintu kereta api, bodi mobil, atau sebagai penyekat ruangan (*paneling*). Beberapa komponen gerbong kereta api sudah dibuat dari komposit (GFRP), namun aplikasinya terbatas pada komponen beban rendah. Kajian riset pengembangan komposit *sandwich* yang mampu menahan beban tinggi menjadi topik penting untuk diteliti.

Meningkatnya nilai jual kayu sengon laut juga akan meningkatkan pendapatan petani. Lapangan kerja pengolahan kayu juga terbuka lebar untuk masyarakat. Oleh karena itu, perlu dikembangkan penggunaan kayu sengon laut di bidang rekayasa teknologi, seperti pemanfaatan kayu sengon laut sebagai *core* untuk pembuatan pada pintu kereta api K1 dari bahan komposit *sandwich* menambah nilai ekonomi dan teknologi.

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan utama yang penting untuk dikaji adalah perlunya pemanfaatan bahan alam (khususnya kayu sengon laut) sebagai bahan rekayasa. Penggunaan bahan alam tersebut dapat digunakan sebagai komponen komposit *sandwich*. Adapun inti masalah yang diambil adalah :

1. Potensi kayu sengon laut yang besar.
2. Peluang substitusi *core sintetis* dengan *core* kayu sengon laut.

3. Kebutuhan PT. INKA untuk mesubtitusi *panel car body* kereta api, khususnya pintu K1 dengan mempertimbangkan aspek kekuatan, berat, biaya, manufakturingabilty.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Kadar air pada kayu sengon laut (KSL) diasumsikan sama.
2. Semua kondisi spesimen uji diasumsikan uniform.
3. Ikatan inti dan kulit diasumsikan sempurna.
4. Proses manufaktur dengan wet vacuum yang ada di PT. INKA.
5. Void diasumsikan tidak ada.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian adalah sebagai berikut :

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat dan menganalisa sifat mekanis (*properties*) pintu kereta api K-1 dari bahan komposit *sandwich* dengan *core* kayu sengon laut (KSL) berpenguat serat gelas GFRP di PT. INKA.
2. Analisa ekonomi penggunaan *core* kayu sengon laut pada panel *sandwich* yang digunakan sebagai pintu kereta api K-1.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah ;

1. Komposit *sandwich* dibuat dari kayu sengon laut dapat meningkatkan nilai ekonomis.
2. Memanfaatkan sumber daya alam Indonesia yang kaya akan kayu dan serat alam.

3. Membuka peluang lapangan kerja jika hasilnya positif dan dapat diaplikasikan untuk pintu kereta api K1.
4. Dapat memberikan kontribusi positif bagi ilmu pengetahuan dan inovasi iptek terhadap pemanfaatan kayu sengon laut, khususnya di bidang material aplikasi industri .
5. Memperkaya inovasi iptek terhadap pemanfaatan bahan komposit di dunia industri.
6. Sebagai masukan penting bagi kalangan industri sebagai landasan berdirinya industri yang bergerak dibidang rekayasa, khususnya yang berkaitan dengan material komposit.

#### **1.6. Sistematika Penulisan.**

Dalam sistematika penulisan penelitian ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasan. Pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima bab yaitu Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian dan Sistematika Penulisan dijelaskan dalam Bab I Pendahuluan.

Bab II berisi penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk memecahkan masalah. Untuk menunjang dasar teori diperlukan data pengamatan yang dijelaskan dalam Bab III. Bab IV merupakan analisa dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan dan saran dijelaskan pada Bab V Penutup.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Yanuar dan Diharjo (2002) telah melakukan pengujian kekuatan bending komposit GFRP 3 layer. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa komposit GFRP 3 layer dengan menggunakan serat *E-Glass chopped strand mat* 300 gr/m<sup>2</sup> mempunyai kekuatan bending 18 % lebih tinggi daripada dengan menggunakan serat *E - Glass chopped strand mat* 450 gr/m<sup>2</sup>. Pada pengujian bending, komposit tersebut mengalami kegagalan pada bagian bawah spesimen. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit GFRP pada saat uji bending lebih besar jika dibandingkan dengan kekuatan tekannya.

Kowangid dan Diharjo (2003), melakukan pengujian kekuatan bending komposit *sandwich* menggunakan *core* PVC. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa komposit *sandwich* dengan *core* PVC tipe H 200 mempunyai kekuatan bending 15,4 % lebih tinggi daripada dengan menggunakan *core* PVC tipe H 100. Kekuatan bending komposit *sandwich* berbanding lurus terhadap kekuatan *core*nya. Semakin tinggi kekuatan *core*, maka akan semakin tinggi pula kekuatan komposit *sandwich*.

Wahyanto dan Diharjo (2004), melakukan pengujian kekuatan bending komposit *sandwich* menggunakan *core* kayu sengon laut. Dari hasil pengujian didapatkan kekuatan bending komposit *sandwich* dengan menggunakan *core* kayu sengon laut adalah 125,44 MPa. Komposit *sandwich* GFRP dengan menggunakan *core* kayu sengon laut mempunyai kekuatan bending lebih besar 43,4 % dari kekuatan komposit *sandwich* dengan menggunakan *core* PVC tipe H 100 (70,977 MPa) dan lebih besar 34,8 % dari kekuatan komposit *sandwich* dengan *core* PVC tipe H 200 (81,692 MPa) yang pernah diteliti oleh Kowangid dan Diharjo (2003) dengan komposisi yang sama.

Kekuatan bending komposit *sandwich* akan meningkat seiring dengan meningkatnya kepadatan *core* yang digunakan. Jika dikaji dari sisi kemampuan dalam menahan beban bending, maka besarnya beban maksimum yang dapat ditahan oleh komposit GFRP 1 layer, GFRP 3 layer, komposit *sandwich* dengan

*core* PVC H 100, dan komposit *sandwich* dengan *core* PVC H 200 dengan adalah 6,2 kg; 27,3 kg; 48,1 kg; dan 58,15 kg. Kajian ini menunjukkan bahwa beban yang mampu ditahan oleh komposit *sandwich* jauh lebih besar jika dibandingkan dengan komposit lamina (Diharjo dkk., 2004).

Penambahan tebal *core polyurethane* (PU) pada komposit *sandwich* GFRP tidak mampu meningkatkan kekuatan bending. Namun jika dilihat dari kemampuan dalam menahan momen, kekuatan komposit *sandwich* akan meningkat seiring dengan penambahan tebal *core* yang digunakan (Sudiono & Diharjo, 2004)

Steeves & Fleck (2004) melakukan uji bending pada komposit *sandwich* dengan *skin* serat glass WR/Epoksi dan *core* PVC H 100. Metode pengujian yang digunakan adalah *three-point bending*. Hasilnya menunjukkan bahwa tergantung pada geometri balok *sandwich* yang diuji dan properti penyusunnya, model kerusakan yang terjadi berupa *core shear*, *micro buckling* pada *skin*, dan *indentation* di bawah *loading rooller*.

## 2.2 Pengertian Komposit

Bahan komposit merupakan suatu sistem bahan yang digabungkan dari campuran atau kombinasi dua atau lebih bahan penyusun yang pada skala makro berbeda dalam bentuk atau komposisi bahan yang masing-masing tidak larut satu sama lain (Schwardz, 1984). Skala makro berarti bahwa komponen awal setelah dicampur masih terlihat.

Penggabungan material ini dimaksudkan untuk menemukan atau mendapatkan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan bahan-bahan penyusunnya. Adapun beberapa sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain : kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan lelah, ketahanan pemakaian, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur (Jones, 1975).

Dalam hal ini gabungan bahan ada dua macam :

a. Gabungan makro :

1. Bisa dibedakan dengan cara melihat (dengan mata).

2. Penggabungan lebih secara fisis dan mekanis.
3. Bisa dipisahkan lagi secara fisis dan mekanis.

b. Gabungan mikro :

1. Tidak bisa dibedakan dengan cara melihat (dengan mata).
2. Penggabungan ini lebih secara khemis
3. Sulit dipisahkan, tetapi dapat dilakukan secara khemis.

Karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda, dan mempunyai batas antara material penyusun yang tetap dapat dikenali (ASTM D 3878-01, 1998).

### 2.3 Komposit *Sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan gabungan dua lembar *skin* yang disusun pada dua sisi luar dan material yang ringan yang dikenal *core* di antara kedua *skin*. Banyak variasi definisi dari komposit *sandwich*, tetapi faktor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan, sehingga memperkecil berat jenis dari material tersebut, dan kekakuan lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *sandwich* (ASTM C 274-99, 1998).

Komponen komposit *sandwich* ada dua yaitu *skin* dan *core*, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur komposit *sandwich* (sumber : DIAB Barracuda Technology)



Kesatuan ikatan antara *skin* dan *core* mencegah kegagalan interfasial karena pembebanan yang terjadi dan meningkatkan sifat lengkung (*flexural properties*) komposit *sandwich*. Tidak ada aturan umum tentang hubungan antara ketebalan *skin* dan *core*. Hal ini tergantung pada aplikasi dan sifat-sifat yang dibutuhkan. Keuntungan utama komposit *sandwich* adalah adanya kemungkinan penyesuaian sifat mekanis dengan cara memilih material penyusun yang tepat (ASTM C 274-99, 1998).

### 2.3.1 Komponen Penyusun Komposit *Sandwich*

Komponen utama komposit *sandwich* terdiri dari dua, yaitu *skin* dan *core*. Jika digunakan perekat dalam menggabungkan *skin* dan *core*, maka lapisan bahan perekat dapat dipertimbangkan sebagai komponen tambahan dalam material tersebut. Tebal lapisan perekat umumnya diabaikan karena lebih kecil dari tebal *skin* maupun *core*. Sifat mekanis komposit *sandwich* sangat tergantung pada sifat mekanis *core*, *skin*, dan karakteristik ikatan antara keduanya (ASTM C 274-99, 1998).

#### 2.3.1.1. *Core*

Berdasarkan persyaratan performanya, banyak sekali material yang bisa digunakan sebagai *core*. Material *core* yang digunakan dalam komposit *sandwich* secara umum dapat digolongkan (ASTM C 274-99, 1998) :

- a. Berat jenis rendah, material padat : foam susunan struktur sel terbuka atau tertutup, balsa dan jenis kayu lainnya
- b. Berat jenis medium, dikembangkan dalam format selular : sarang lebah
- c. Berat jenis tinggi, material dikembangkan dalam format berkerut

Material dengan berat jenis tinggi yang biasa digunakan untuk pembuatan *core* adalah aluminum, titanium, dan berbagai jenis polimer. Struktur material *core* akan mempengaruhi area kontak interfasial antara *skin* dan *core*. Material dengan berat jenis yang tinggi biasanya memberikan area kontak yang lebih kecil jika dibandingkan dengan material padat dengan berat jenis yang rendah. Pilihan struktur material *core* untuk merancang komposit *sandwich* dapat disesuaikan dengan kondisi pemakaian (ASTM C 274-99, 1998).

Penggunaan *core*, seperti *foam core* sel tertutup memberikan kelebihan yang berbeda dengan *foam core* sel terbuka. Kekuatan tekan spesifik *foam core* sel tertutup lebih tinggi dibandingkan dengan *foam core* sel terbuka (ASTM C 274-99, 1998).

Banyak sekali pilihan jenis *core* yang bisa digunakan dalam komposit *sandwich*, mulai dari kayu (sengon laut dan balsa), *polyurethane* (PU), PVC, struktur *honeycomb*, dan lain sebagainya. *Foam core* seperti Divinycell® banyak dipakai pada struktur *sandwich* seperti pada dinding perahu layar, *power boat*, kapal pesiar, bus, truk, badan pesawat terbang, dan pesawat luar angkasa ([www.diabgroup.com](http://www.diabgroup.com)). *Core* Divinycell® diproduksi oleh DIAB Barracuda Technology, karena memiliki banyak varian sehingga bisa dipilih jenis *core* yang tepat sesuai dengan yang kita butuhkan. Hal ini sangat berbeda apabila digunakan *core* dari kayu (*core* alami), di mana sangat sulit untuk mendapatkan *core* kayu yang memiliki keseragaman kekuatan dan massa jenis (sumber : [www.diabgroup.com](http://www.diabgroup.com)).

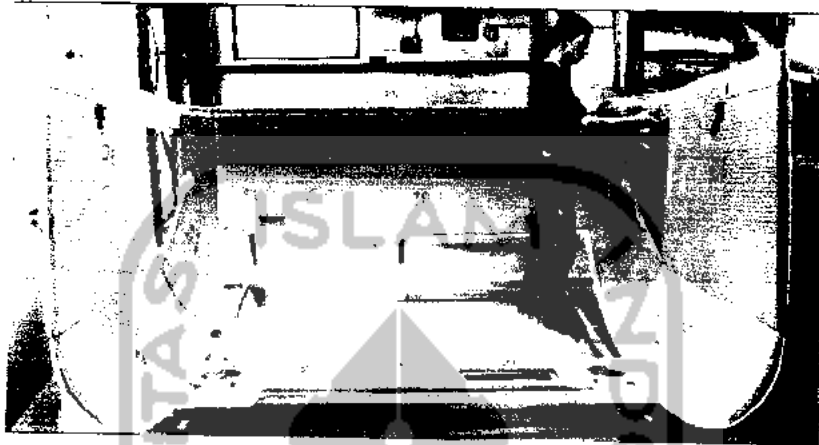


Gambar 2.2. Berbagai variasi bentuk *core* PVC (sumber : [www.diabgroup.com](http://www.diabgroup.com))

Biasanya *core* Divinycell® diperoleh dalam bentuk segmen-segmen persegi dengan ukuran tertentu. Segmen tersebut diikat dengan menggunakan anyaman serat dan perekat pada salah satu permukaan *core*. Dengan adanya segmentasi tersebut akan sangat menguntungkan/memudahkan jika *core* tersebut digunakan untuk membuat struktur *sandwich* yang memiliki bentuk komplek/rumit. Sehingga pada bagian-bagian yang rumit akan tetap dapat terisi oleh material *core* (sumber : [www.diabgroup.com](http://www.diabgroup.com)).

*Core* Divinycell® bisa digunakan untuk berbagai aplikasi di mana struktur tersebut membutuhkan kekuatan namun juga harus ringan dan juga memiliki

karakteristik mekanis yang bagus. Divinycell® grid H bisa diperoleh dengan densitas yang bervariasi, untuk disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan (sumber : [www.diabgroup.com](http://www.diabgroup.com)).



**Gambar 2.3.** Fleksibilitas *core* terhadap bentuk yang rumit (sumber : [www.diabgroup.com](http://www.diabgroup.com))

Sifat-sifat mekanis *core* Divinycell® H 60 dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1.** Sifat-sifat mekanis *core* Divinycell® H 60, (sumber dari brosur DIAB Barracuda Technology)

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Keterangan
<i>Berat Jenis</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	60	<i>ASTM D 1622</i>
<i>Compressive Strenght</i>	<i>Mpa</i>	0,8	<i>ASTM D 1621</i>
<i>Compressive Modulus</i>	<i>Mpa</i>	60	<i>ASTM D 1621</i>
<i>Tensile Strenght</i>	<i>Mpa</i>	1,6	<i>ASTM D 1623</i>
<i>Tensile Modulus</i>	<i>Mpa</i>	56	<i>ASTM D 1623</i>
<i>Shear Strenght</i>	<i>Mpa</i>	0,7	<i>ASTM C 273</i>
<i>Shear Modulus</i>	<i>Mpa</i>	22	<i>ASTM C 273</i>
<i>Poisson Rasio</i>	-	0,32	

### 2.3.1.2. *Skin*

Berbagai jenis material dapat digunakan sebagai *skin*. Lembaran plat logam seperti aluminium, baja, titanium dan *polymer* diperkuat oleh serat (GFRP) merupakan beberapa contoh umum material yang biasa digunakan sebagai *skin*. Pada kasus *skin* GFRP, sifat mekanis material dapat dikontrol secara langsung untuk menentukan sifat mekanis komposit *sandwich*. Komposit GFRP digunakan secara luas sebagai *skin* komposit *sandwich* karena densitasnya yang rendah dan kekuatan spesifik yang tinggi. Keunggulan lain *skin* komposit GFRP adalah polimer yang sama dapat digunakan untuk membuat *skin* dan *core* sekaligus. *Cross-linking* polimer *core* dan *skin* akan memberikan daya ikat yang sama terhadap kekuatan polimernya. Hal ini akan menjadikan *skin* sebagai kesatuan struktur sehingga tidak dibutuhkan adhesif tambahan. Jika adhesif digunakan untuk menggabungkan *skin* dan *core* maka pemilihan adhesif menjadi sangat penting, karena adhesif harus kompatibel dengan material *core* maupun *skin* (ASTM C 274-99, 1998).

Pemilihan jenis *skin* menjadi sangat penting dilihat dari sudut pandang di mana lingkungan kerja komponen tersebut akan digunakan. Korosi, karakteristik transfer panas, karakteristik ekspansi termal, daya serap uap air (*moisture*), dan sifat-sifat yang lainnya dapat dikontrol dengan melakukan pemilihan material *skin* yang tepat. Biasanya *skin* pada komposit *sandwich* terbuat dari tipe yang sama, akan tetapi juga dapat terbuat dari jenis yang berbeda tergantung pada persyaratan spesifik yang diperlukan. Perbedaan bisa berupa pada jenis material, tebal, orientasi serat, fraksi volume serat atau dalam bentuk yang lain (ASTM C 274-99, 1998).

Pada struktur *sandwich* fungsi utama *skin* pada struktur *sandwich* adalah menahan beban aksial dan bending, sedangkan *core* berfungsi untuk mendistribusikan beban aksial menjadi beban geser pada seluruh luasan yang terjadi akibat pembebanan gaya dari luar. Kekuatan mekanis struktur *sandwich* sangat bergantung pada material penyusunnya, oleh sebab itu untuk meningkatkan sifat mekanis kekuatan bending struktur *sandwich* salah satunya dapat dilakukan

dengan cara pemilihan jenis material *skin* yang tepat (Steeves & Fleck, 2004).  
Bahan-bahan penyusun komposit GFRP antara lain :

### 2.3.1.3. Kayu Sengon Laut

Bahan utama pada penelitian ini adalah resin, serat gelas dan kayu sengon laut (*albizzia falcataria*) dengan masa terbang 5-6 tahun yang diperoleh dari daerah Majenang, Cilacap, Jawa Tengah. Kayu sengon tersebut dipotong melintang atau tegak lurus arah serat dengan ketebalan 20 mm. sifat-sifat kayu sengon laut dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 2.2. Propertis kayu sengon laut  
( Dumanauw J.F dan Virsarany Teddy,1981 )

<b>Nama dagang</b>	<b>Jeunjing</b>
Nama lain	Sengon laut, Batai, Sengon Sabrang, Sawalaku
Nama botanik - <i>Species</i> / jenis - <i>Familia</i> / suku	<i>Albizzia falcata</i> Backer <i>Mimosaceae</i>
Berat jenis kering udara	Max : 0,49 ; Min : 0,24 ; Rata-rata : 0,33
Warna kayu teras kering udara	Putih kemerah - merahan
Sifat pengerjaan	Mudah
Kembang susut	Agak besar
Daya retak	Agak tinggi
Kekerasan	Lunak
Tekstur	Agak kasar
Serat	Lurus atau berpadu
Penyebaran	Jawa, maluku, Irian Jaya
Nama dagang	Jeunjing
Nama lain	Sengon laut, Batai, Sengon Sabrang, Sawalaku

## 2.4. Kajian Teori Komposit.

### 2.4.1. Resin/Matrik

Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik (tidak ada reaksi yang mengganggu). Umumnya matrik dipilih yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi (Diharjo . & Triyono , 2000).

Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matrik harus mengikat penguat (serat) secara optimal agar beban yang diterima dapat diteruskan oleh serat secara maksimal sehingga diperoleh kekuatan yang tinggi. Pada dasarnya matrik berfungsi untuk :

- ▲ Memegang dan mempertahankan posisi serat agar tetap pada posisinya.
- ▲ Mendistribusikan beban yang diterima pada serat secara merata.
- ▲ Memberikan sifat-sifat tertentu bagi komposit seperti : keuletan, ketangguhan, ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap reaksi kimia, dan sifat elektrik.
- ▲ Melindungi dari pengaruh lingkungan yang merugikan, mencegah permukaan serat dari gesekan mekanik.

Jenis resin yang biasa digunakan sebagai matrik pada komposit GFRP adalah : Poliester yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Unsaturated Polyester* (UP) Yukalac® 268 BQTN-EX. Resin UP merupakan salah satu jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai bahan pembentuk komposit GFRP. Poliester berarti *polymer* yang tersusun dari *monomer* yang mengandung gugus *ester*. Poliester sendiri termasuk dalam kategori *plastik termoseting*. Apabila poliester dipanaskan maka tidak akan mencair dan mengalir, tetapi akan terbakar dan menjadi arang.

Resin ini banyak digunakan untuk aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan harga relatif murah, waktu *curing* cepat, warna jernih, kestabilan dimensional baik dan mudah penanganannya (Berthelot, 1997). Pemberian bahan tambahan katalis jenis *metyl etyl keton peroksida* (MEKPO) pada resin UP berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*) pada suhu yang lebih tinggi. Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing*. Hal ini dapat menurunkan kualitas atau merusak produk komposit. Oleh karena itu pemakaian katalis dibatasi maksimum 1 % dari volume resin (Justus, 2001).

Pada proses pembuatan komposit GFRP dengan menggunakan proses *hand lay up*, salah satu masalah yang timbul adalah *void* (rongga udara). *Void* yang terjebak di dalam matrik sangat berbahaya, karena pada saat terjadi pembebanan, pada bagian serat yang kekurangan resin/matrik seluruh tegangan ditahan serat sebab tidak terjadi transfer tegangan dari matrik pada serat. *Void*

pada suatu material akan bersifat sebagai pemicu konsentrasi tegangan yang berlebih, yang dapat menyebabkan timbulnya retakan, sehingga komposit akan gagal lebih awal (Diharjo. & Triyono, 2000).

#### 2.4.2. Serat Glass (*fibre glass*)

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit GFRP, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada matrik penyusun komposit (Diharjo. & Triyono, 2000).

Diameter dan panjang serat juga mempunyai pengaruh terhadap kekuatan, diameter yang kecil akan semakin baik, karena luas permukaan serat akan lebih besar untuk setiap berat yang sama sehingga transfer tegangan dari matrik yang diterima oleh serat akan lebih maksimal (Diharjo. & Triyono, 2000).

Sifat-sifat komposit tidak dapat dilepaskan dari pengaruh kekuatan serat sebagai salah satu penyusun utama komposit, dengan kandungan serat yang tinggi maka kekuatan tariknya juga akan tinggi, tetapi dengan kekuatan tarik yang tinggi belum tentu sifat-sifat yang lain juga akan lebih baik. Oleh karena itu perbandingan jumlah resin dan serat merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat-sifat material komposit (Diharjo & Triyono, 2000).

Bentuk serat utamanya adalah benang panjang atau pendek dan biasanya dalam bentuk acak atau sudah dalam bentuk anyaman dari pabrik dengan variasi berat. Serat dalam bentuk anyaman atau acak bertujuan untuk memberikan pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi dari material.

Persyaratan fungsional yang diperlukan serat sebagai penguat plastik adalah sebagai berikut :

- ▲ Modulus elastisitas tinggi
- ▲ Kekuatan patah tinggi
- ▲ Kekuatan seragam di antara serat
- ▲ Keseragaman diameter serat

Serat gelas mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Dalam penggunaannya, serat gelas disesuaikan dengan sifat/ karakteristik yang dimilikinya. Sifat-sifat dan komposisi kimia serat *glass* dapat dilihat pada tabel 2.2 dan 2.3

**Tabel 2.3.** Sifat-sifat serat *glass*

No	Jenis serat		
	E-glass	C-glass	S-glass
1	Isolator listrik yang baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2	Kekakuan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari E-glass	Lebih tahan terhadap suhu tinggi
3	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari E-glass	Harga lebih mahal dari E-glass

**Tabel 2.4.** Komposisi senyawa kimia serat *glass*

Tipe serat	Komposisi senyawa kimia (%)								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	BaO
E-glass	52.4	14.4	0.2	17.2	4.6	0.8	10.6	-	-
C-glass	64.4	4.1	0.1	13.4	3.3	9.6	4.7	0.4	0.9
S-glass	64.4	4.4	-	-	10.3	0.3	-	-	-

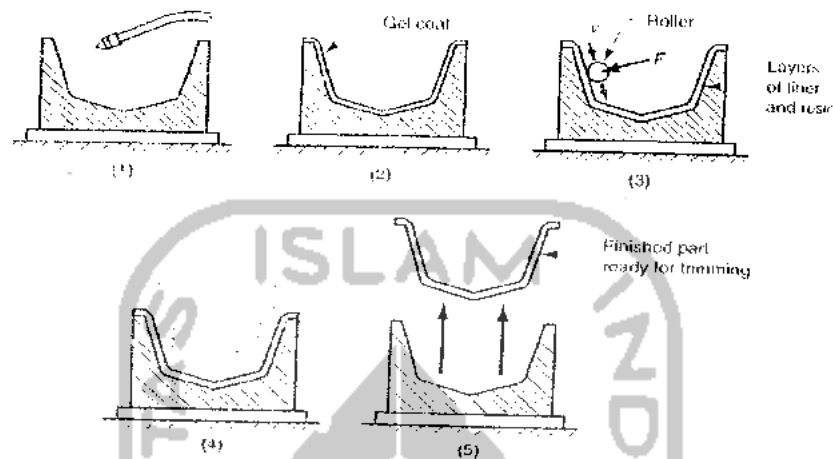
## 2.5. Proses Manufaktur Komposit

Terdapat beberapa cara dalam proses manufaktur komposit yang dipakai, diantaranya proses *hand lay up*, *vacuum bagging*.

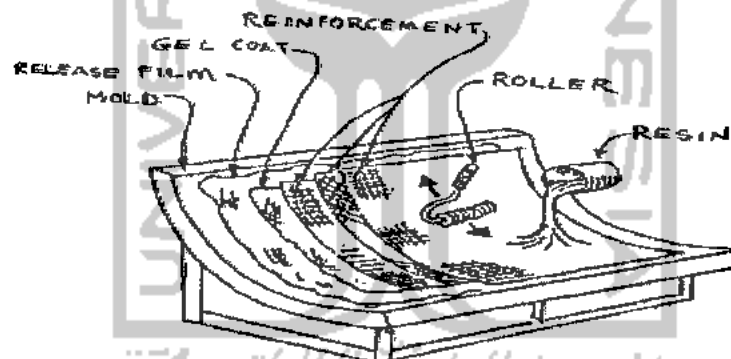
### 2.5.1. Hand Lay Up (HLU)

Pembentukan panel komposit pada proses HLU terdapat beberapa tahapan, laminasi dilakukan tiap layer secara manual pada cetakan *open molding*. Tahapan manufaktur panel komposit terdiri dari empat tahapan sbb: (1) pembersihan dan pemberian *release agen*; (2) pemberian *gelcoat* (resin, *cobalt* dan pigmen pewarna) sebagai permukaan panel luar komposit yang dihasilkan; (3) pemberian resin dan serat gelas; (4) proses pengeringan; (5) proses pelepasan panel komposit dari cetakan.





Gambar 2.4 Proses *hand lay-up* (Groover, 2002)



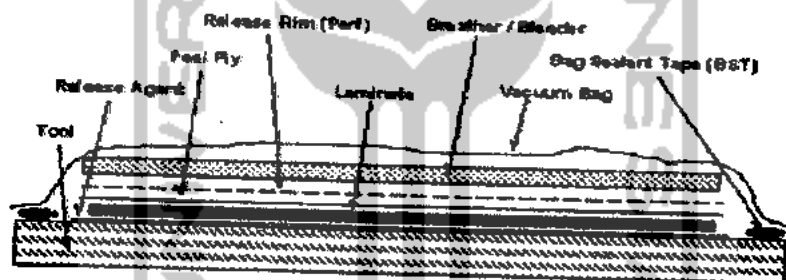
Gambar 2.5. *Hand Lay Up*, (sumber : Georgia Institute of Technology)

Fraksi volume serat yang tinggi dapat diperoleh dengan cara mengkombinasikan metode *hand lay up* dengan cetak tekan (*press molding*). Pada metode cetak tekan pengontrolan fraksi volume biasanya dilakukan dengan menggunakan *stopper*.

### 2.5.2. Vacuum bagging

Pada proses ini, resin dan penguat dimasukkan ke dalam cetakan khusus kemudian ditutup dengan *vacuum bag film* selanjutnya udara yang ada di dalam cetakan dan komposit dikeluarkan ke atmosfer dengan bantuan mesin/pompa vakum. Dengan proses ini akan dihasilkan komposit yang memiliki rasio resin dan serat yang tinggi (produk akhir yang lebih kuat), sifat mekanis yang seragam, jumlah *void* lebih sedikit, dan lebih tipis tebalnya/kompak (Crary P.M., 2001).

Prinsip *Dry Vacuum* adalah memanfaatkan tekanan atmosfer sebagai alat (*tool*). Pada permukaan air laut, satu atmosfer sama dengan 14,7 Psi atau 29.92 in-Hg. Ketika tidak *divacuum*, permukaan/luasan akan mempunyai tekanan atmosfer pada semua sisi dan sama besarnya. Ketika dilakukan pevakuman hanya pada salah satu sisi saja. Hasilnya adalah peningkatan/penambahan tekanan pada sisi yang lain sama dengan sejumlah/sebesar pemvakuman yang dilakukan (Crary, 2001).



Gambar 2.6. Basic Vacuum Bagging (sumber : NIDA CORE CORP., 2005)

Pada proses pembuatan komposit *sandwich* yang menggunakan sistem *Dry vacuum*. Di mana komposit *sandwich* yang akan dibuat terdiri dari komponen-komponen seperti : skin ( GFRP dan Aluminium, ZinkAluminium), *adhesive*, dan *core*. Pemvakuman pada proses ini mempunyai tujuan yang berbeda dengan sistem *vacuum infusion/wet vacuum*, di mana pemvakuman salah satunya bertujuan untuk mengurangi jumlah *void* yang ada. Akan tetapi pada sistem *dry vacuum*, pemvakuman bertujuan untuk memastikan proses perekatan *skin* pada *core* dengan menggunakan adhesif berlangsung sempurna, sehingga permukaan *sandwich* akan menjadi lebih rata (Sugiarto, 2005).

## 2.6. Komposisi

Jumlah perbandingan yang biasanya digunakan dalam pembuatan komposit adalah rasio berat (fraksi berat) dan rasio volume (fraksi volum), hal ini dikarenakan satuan dari matrik dan serat biasa dihitung dengan satuan massa dan volume.

Fraksi Volume ( $v$ ) :

$$v_{\text{serat}} = \frac{\text{Volume serat}}{\text{Volume komposit}} \times 100\%$$

$$v_{\text{matriks}} = \frac{\text{Volume matriks}}{\text{Volume komposit}} \times 100\%$$

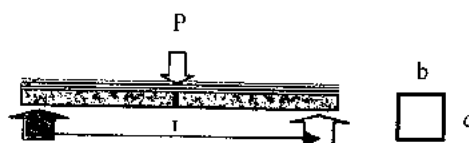
$$v_1 = \frac{W_1 / \rho_1}{W_1 / \rho_1 + W_2 / \rho_2} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan catatan  $v_1$  = fraksi volum serat (%),  $W_1$  = massa serat (kg),  $W_2$  = massa matrik (kg),  $\rho_1$  = massa jenis serat ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\rho_2$  = massa jenis matrik ( $\text{kg/m}^3$ ).

## 2.7. Kekuatan Bending

Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material, dapat dilakukan dengan pengujian bending terhadap material tersebut. Material komposit pada umumnya mempunyai nilai modulus elastisitas bending yang berbeda dengan nilai modulus elastisitas tariknya.

Akibat pengujian bending, pada bagian atas spesimen akan mengalami tekanan, dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi daripada kekuatan tariknya. Kegagalan yang terjadi akibat pengujian bending, komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima. Pada komposit GFRP kekuatan bendingnya dapat dirumuskan (ASTM D 790) :



Gambar 2.7. Bentuk dan Dimensi Uji Bending komposit *Sandwich*, ASTM C 393

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan catatan P = beban (N), L = panjang span (mm), b = lebar (mm), d = tebal (mm).

nilai modulus elastisitas bending ( $E_b$ ) material dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3} \text{ (ASTM D 790)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana  $E_b$  : elastisitas bending (Mpa), m : *slope of tangent* (N/mm)

Nilai Momen bending dicari dengan menggunakan rumus :

$$M = \frac{PL}{4} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan catatan M = momen (N.mm).

Jika uji bending dilakukan dengan metode *midspan load* maka kekuatan bending komposit sandwich (*facing bending stress*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus (ASTM C 393) :

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b} \dots\dots\dots (2.5)$$

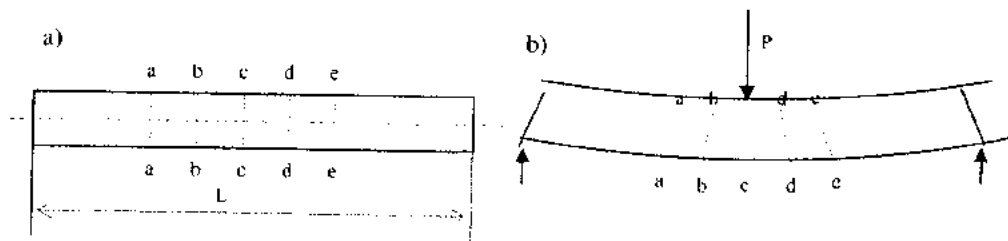
dengan catatan P = beban yang diberikan (N), d = tebal *sandwich* (mm), c = tebal *core* (mm),  $\sigma$  = kekuatan bending permukaan *sandwich* (MPa), t = tebal *skin* bawah (mm), L = panjang *span* (mm), b = lebar *sandwich* (mm).

Gaya geser *core* dari komposit *sandwich* pada pengujian bending dapat kita tentukan dengan persamaan 2.6.

$$\tau = \frac{P}{(d+c) \times b} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan catatan  $\tau$  = tegangan geser *core* (MPa), P = beban yang diberikan (N), d = tebal *sandwich* (mm), c = tebal *core* (mm), b = lebar *sandwich* (mm).

Defleksi yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan pada bagian tengah balok dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.8. Fenomena defleksi Pada Balok

Berdasarkan gambar 2.8 di atas dapat dilihat bahwa deformasi yang terjadi akibat pengujian bending pada balok dengan tumpuan sederhana. Titik a, b, c, d dan e pada garis pusat lapisan permukaan, garis aa, bb, cc, dd dan ee terlihat mengalami perputaran, tetapi berkas garis tengah pusat pembebanan sebagai titik pusat defleksi, masih terlihat jelas tegak lurus terhadap sumbu pusat. Hal ini memperlihatkan bahwa lapisan atas mengalami tekanan dan bagian bawah mengalami tegangan tarik.

## 2.8. Model Kegagalan Komposit *Sandwich* Akibat Uji Bending

Tergantung pada geometri balok dan kekuatan material penyusunnya, model kegagalan komposit *sandwich* akibat mengalami uji bending (*three/four point bending*) biasanya berupa *face yield/micro buckling*, *core shear*, *core crushing*, dan *indentation* (Steeves & Fleck, 2004).

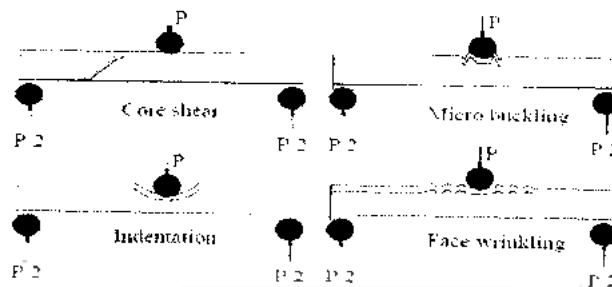
### a. *Core shear*

Kegagalan *core shear* biasanya terjadi pada balok *sandwich* yang mempunyai *skin* yang relatif tebal dibandingkan tebal *core* dan *span* yang pendek. Dimana kegagalan didominasi oleh lemahnya kekuatan *core* yang digunakan (Steeves & Fleck, 2004).

### b. *Face yield/Micro buckling*

*Micro buckling* dapat terjadi pada *skin* komposit *sandwich* setelah dilakukan uji bending, hal ini biasanya terjadi pada balok *sandwich* yang mempunyai *skin* yang relatif tipis terhadap tebal *core* yang digunakan (Steeves &

Fleck, 2004). Kegagalan seperti ini dapat menyebabkan menurunnya kekuatan bending komposit *sandwich* secara drastis.



Gambar 2.9. Skema Model kerusakan komposit *sandwich* akibat uji bending *Indentation* (Steeves & Fleck, 2004).

Kegagalan *Indentation* akan muncul pada balok *sandwich* yang mempunyai *core* yang relatif tebal jika dibandingkan dengan tebal *skin* dan kekuatan *core* yang sangat rendah. Biasanya pada kegagalan seperti ini akan dihasilkan defleksi yang lebih besar dibandingkan dengan model kegagalan yang lainnya (Steeves & Fleck, 2004).



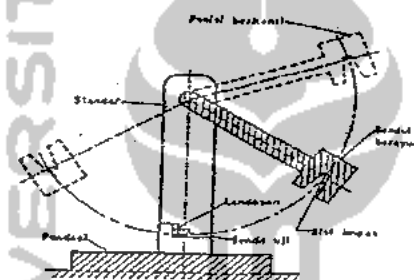
Gambar 2.10. Model kerusakan (a) *Core shear* (b) *Face yield/ Micro buckling* (c) *Indentation* (Tagerriali & Fleck, 2005)

## 2.9. Kekuatan Impak

Kekuatan material terhadap beban kejut dapat diketahui dengan cara melakukan uji impak. Maksud utama pengujian impak adalah untuk mengukur kegetasan bahan atau juga keuletan bahan terhadap beban tiba-tiba dengan cara mengukur perubahan energi potensial pendulum yang dijatuhkan pada ketinggian

tertentu. Perbedaan ketinggian ayunan pendulum merupakan ukuran energi yang diserap oleh benda uji (Gambar 2.11.). Besar energi yang diserap tergantung pada keuletan bahan uji dan dinyatakan dalam joule. Bahan yang ulet menunjukkan nilai impak yang besar (Mudjijana; 2000). Kekuatan impak material komposit rata-rata masih di bawah kekuatan impak logam. Ikatan antar molekul sangat berpengaruh pada kekuatan impak, semakin kuat ikatan maka semakin kuat kekuatan impaknya (Surdia, 1985).

Kita mengetahui ada dua metode pengujian impak yaitu *Charpy* dan *Izod* yang digunakan untuk material isotropik dan digunakan secara luas. Untuk *Charpy* (Gambar 2.11.) spesimen dikenai beban kejut di tengah-tengah spesimen sedangkan impak *Izod* beban kejut diterima di ujung spesimen dimana spesimen dijepit pada ragum/cekam. (Agarwal; 1990).



Gambar 2. 11. Metode pengujian impak *Charpy*

Besarnya kekuatan impak atau ketahanan bahan dapat dihitung setelah kita mendapatkan energi serap atau energi impak yaitu dengan persamaan sebagai berikut (ASTM D 5942-6) :

$$\text{Ketahanan bahan} = \frac{\text{Tenaga Untuk Mematahkan Benda Uji (Joule)}}{\text{Luas Penampang Patahan Benda Uji (mm}^2\text{)}}$$

Setelah diuji impak, spesimen akan mengalami gagal / patah yang bervariasi, yaitu :

- a. *Fracture*, yaitu kegagalan benda uji impak berupa patah / pecah pada seluruh bagian penampang benda uji impak.
- b. *Tarik*, yaitu kegagalan benda uji impak berupa patah pada bagian depannya.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Alat dan Bahan

##### 3.1.1. Alat-alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Gerenda potong
2. Spidol/pensil
3. Kuas
4. Sarung tangan
5. Amplas
6. Meteran gulung
7. Rol
8. Mesin amplas listrik/hidrolik
9. Masker
10. Kaca mata
11. Meteran
12. Mesin amplas
13. Triplek
14. Mesin vacuum.
15. Alat uji bending universal testing machine.
16. Alat uji impak charpy.

##### 3.1.2. Bahan-bahan yang digunakan.

Bahan yang digunakan pada pembuatan panel kayu sengon laut ini adalah:

1. Kayu sengon laut.
2. Lem epoxy + hardener
3. Lem kayu.



Bahan-bahan yang digunakan untuk sampel uji terdiri dari :

1. Kayu sengon laut (KSL) sebagai *core*.
2. Serat gelas jenis *E-glass* dalam bentuk *Woven Roving (WR)* 300 gr/m<sup>2</sup>.
3. Serat gelas jenis *E-glass* dalam bentuk acak *chopped strain mat (CSM)* 300 gr/m<sup>2</sup> dan 450 gr/m<sup>2</sup>.
4. Resin Poliester SHPC 268 BQTN.
5. Katalis jenis *metyl etyl keton peroxide (MEKPO)*.
6. *Lesonal* sebagai pembersih.
7. Papan triplek dengan tebal 20 mm.
8. Papan triplek dengan permukaan halus.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan pintu kereta api KI ini terdiri dari:

1. Kayu sengon laut (KSL) sebagai *core*.
2. Serat gelas jenis *E-glass* dalam bentuk *Woven Roving (WR)* 300 gr/m<sup>2</sup>.
3. Serat gelas jenis *E-glass* dalam bentuk acak *chopped strain mat (CSM)* 300 gr/m<sup>2</sup> dan 450 gr/m<sup>2</sup>.
4. Resin Poliester SHPC 268 BQTN.
5. Katalis jenis *metyl etyl keton peroxide (MEKPO)*.
6. *Lesonal* sebagai pembersih.
7. Papan triplek dengan tebal 20 mm.
8. Papan triplek dengan permukaan halus.

## 3.2 Pelaksanaan penelitian

### 3.2.1. Pencampuran bahan penyusun matrik

Resin yang digunakan adalah resin *Singapore High polymer Chemical Produk (SHCP)*. Jenis resin ini akan menghasilkan bahan dengan kualitas yang bagus apabila

dicampur dengan bahan lain pada volume yang tepat. (*Singapore High polymer Chemical Produk Pte Ltd, 2007*).

a. **Matrik sebagai bahan penyusun komposit lamina**

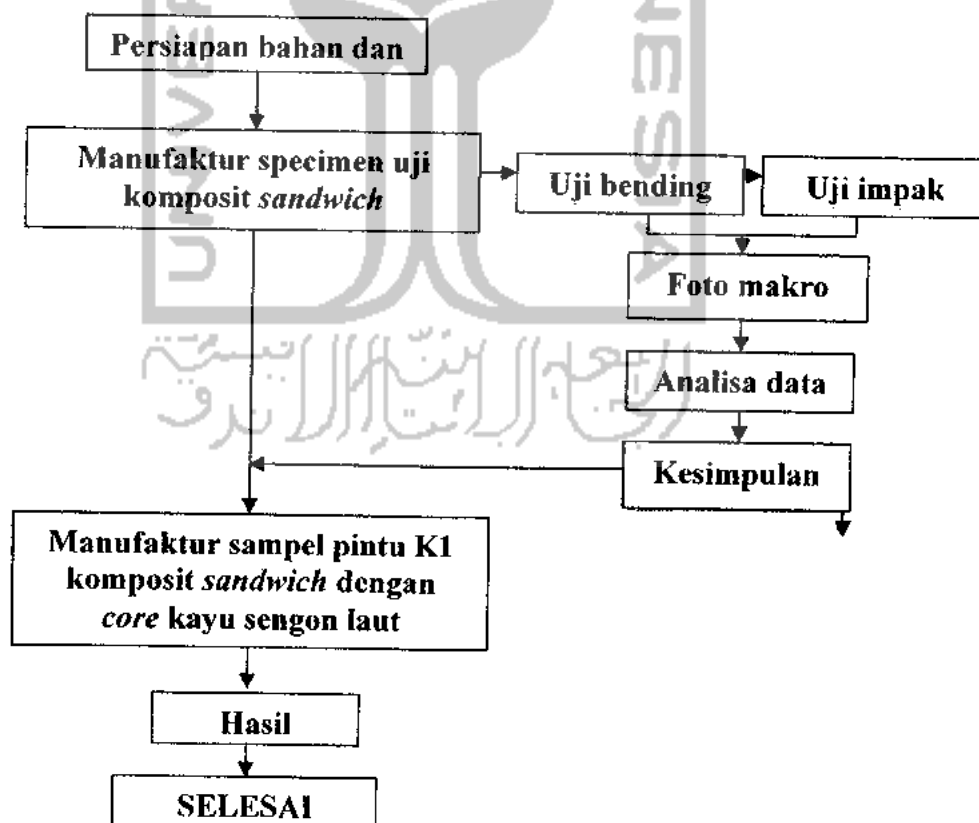
**Tabel 3.1** Komposisi bahan matrik untuk pembuatan komposit GFRP

No	Bahan	Type	Volume (ml)	Prosentase (%)
1	Resin non FR	SHCP 268 BQTN	1000	99
2	Katalis	MEKPO	10	9,9

Sumber : PT Inka Madiun

3.3. **Diagram Alur Penelitian.**

Penelitian dilakukan dengan mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Serat Gelas.

Fungsi utama dari serat gelas adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit GFRP. Sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan. Karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik dan akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Bentuk serat utamanya adalah benang panjang atau pendek dan biasanya dalam bentuk acak atau sudah dalam bentuk anyaman dari pabrik dengan variasi berat. Serat dalam bentuk anyaman atau acak bertujuan untuk memberikan pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi dari materil. Jenis bahan serat gelas yang digunakan yaitu volume 300 / 450 gr/m<sup>2</sup>



a. Serat gelas acak

b. Serat gelas anyam

Gambar 3.2. Gambar serat gelas.

### 3.5. Resin dan Katalis sebagai matriks

Jenis resin yang digunakan yaitu *Unsaturated Polyester* Yucalac 268<sup>®</sup> BQTN, yang diperoleh dari PT. Justus Kimia Raya. Katalis berfungsi sebagai pengeras ikatan persenyawaan dengan resin sehingga jenis resin polyester ini mampu membentuk pelekatan resin yang baik dan kuat antara serat dengan matriks. Sehingga matriks harus bisa menimbulkan pelekatan mekanis atau khemis dengan serat.

### 3.6. Pengolahan Bahan Kayu Sengon Laut

Batang kayu sengon laut berbentuk gelondongan (memiliki massa tebang 5-6 tahun) dipotong membujur searah serat dengan gergaji potong mesin di lab pengolahan kayu UGM. Potongan-potongan kayu tersebut dikeringkan dalam suatu ruangan sehingga tidak terkena sinar matahari secara langsung. Proses pengeringan dengan cara ini bertujuan untuk mencegah penyusutan kayu sengon secara cepat yang dapat mengakibatkan pecah atau retaknya kayu sengon. Kayu sengon laut yang telah dikeringkan selama kurang lebih dua minggu kemudian dipotong melintang dengan ketebalan 20mm (Gambar 3.3.a). Potongan-potongan kayu tersebut digunakan untuk pembuatan panel kayu sengon dengan ukuran 1m<sup>2</sup> dan disatukan dengan cara direkatkan dengan lem kayu (Gambar 3.3.b).

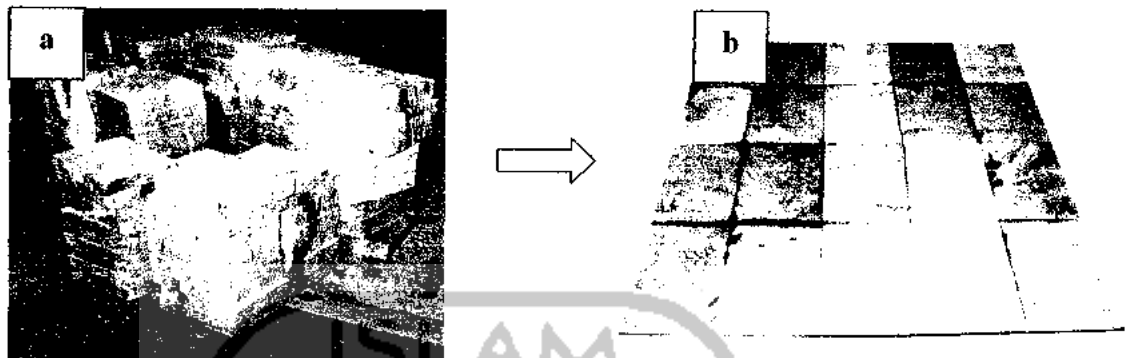


a. Kayu sengon bentuk gelondongan



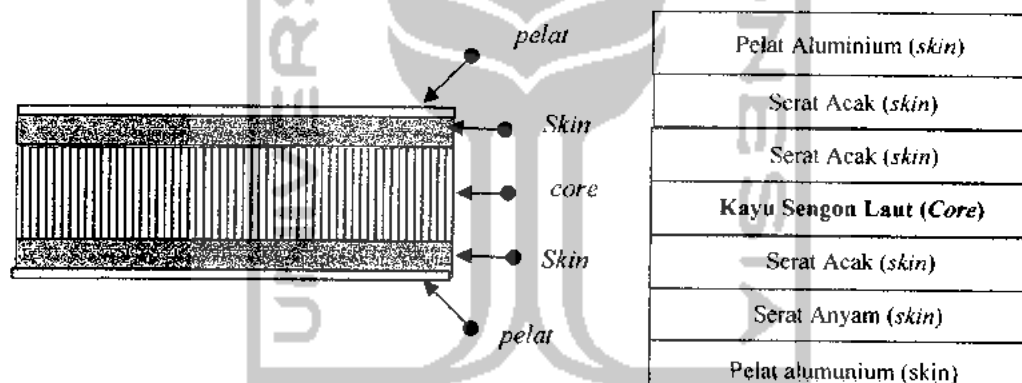
b. Tampak depan kayu sengon

**Gambar 3.3.** Bentuk kayu sengon laut dalam bentuk gelondongan dan tampak depan



**Gambar 3.4.** (a). Bentuk potongan melintang kayu sengon laut dengan tebal 20 mm  
(b). Bentuk panel sengon laut dari potongan-potongan yang telah disatukan

### 3.7. Disain dan Konfigurasi Sandwich Panel



**Gambar 3.5.** Struktur *Sandwich Panel*

**Gambar 3.5.** Susunan serat pada *sandwich panel*

Jenis serat yang digunakan sebagai penguat komposit adalah serat gelas anyam dan acak. Kayu Sengon Laut (KSL) yang digunakan sebagai *core sandwich panel* memiliki ketebalan 20 mm. Komposit *sandwich* yang sudah jadi kemudian dibuat spesimen uji bending dan spesimen uji impak sesuai dengan standar pengujian. Untuk pengujian impak specimen uji dibuat dengan dimensi  $p \times l \times t = (55 \times 15 \times 26)$  sedangkan untuk pengujian bending dengan dimensi yaitu  $p \times l \times t = (170 \times 40 \times 28)$ .

### 3.8. Pengujian Komposit

Pengujian bending komposit sandwich dilakukan dengan menggunakan universal testing machine, seperti pada gambar 3.6. Pemasangan spesimen dilakukan pada dudukan *support* dengan panjang span 170 mm. Metode uji bending yang diterapkan adalah *three point bending* dengan jarak antar titik beban 85 mm. Sesuai dengan standar ASTM C 393. Data yang diambil selama pengujian adalah beban maksimum dan defleksi yang diukur dengan *dial indicator*.



Gambar 3.6. Uji Bending dan Spesimen uji.

Pengujian impak dilakukan dengan mesin uji impak *charpy*. Jarak antar tumpuan spesimen adalah 6 kali tebal spesimen. Spesimen yang digunakan acuan adalah spesimen dengan tebal *core* 10 mm. Spesimen ini memiliki tebal (*core* dan kulit) 15 mm, dan memiliki panjang 100 mm. Penempatan spesimen uji pada mesin uji impak *charpy* ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Mesin Uji Impak dan Penempatan Spesimen Uji Charpy

### 3.9. Cara pembuatan pintu kereta api dengan core kayu sengon laut (KSL)

Bahan serat gelas yang dipakai dalam laminasi pembuatan *molding* sebanyak 5 lapis sehingga akan menghasilkan komposit lamina yang kuat, kaku dan tidak berubah bentuk pada saat penggunaan maupun saat perawatan dan penyimpanan. Langkah proses laminasi pembuatan pintu kereta K-I sebagai berikut:

1. Keseluruhan permukaan *plat aluminium* diolesi cairan resin, pemberian cairan resin harus merata.
2. Pada saat kondisi resin masih basah, permukaan diberi lapisan mat sebanyak 1 lapis, mat yang digunakan adalah SMC 300 gr/m<sup>2</sup>. penggunaan mat sebagai lapisan pertama bertujuan untuk mempermudah laminasi.
3. Sebagai lapisan kedua mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m<sup>2</sup>. Pemberian lapisan dilakukan pada saat kondisi resin setengah *gel*, selanjutnya pemasangan core kayu sengon laut sebagai inti (*core*)
4. Sebagai lapisan ketiga dan ke empat mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m<sup>2</sup>, proses laminasi sama seperti pada proses kedua.
5. Sebagai lapisan terakhir dipakai *woven roving* 300 gr/m<sup>2</sup>

6. Setelah hasil laminasi kering maka tahap selanjutnya adalah diangkat dan merapikan bagian tepi panel komposit yang melebihi *plat* alumunium dengan menggunakan gerinda.

### **3.10. Pembongkaran dan *finishing* produk.**

#### **3.10.1. Pembongkaran produk pintu kereta api K1**

Dalam melakukan proses pembongkaran produk pintu kereta api K1 terdapat beberapa tahapan yaitu pertama pelepasan penutup plastik dan selanjutnya produk pintu yang telah jadi dapat diangkat.

#### **3.10.2. *Finishing* produk pintu kereta api K1**

Proses *finishing* bertujuan untuk merapikan produk dan munculnya bagian yang tidak diinginkan yang timbul saat proses *pemvacuuman* berlangsung.

### **2.11. Pembahasan dan analisa data.**

Analisa dilakukan dengan cara memproses data dari tiap-tiap tahapan pembuatan/ manufaktur pintu kereta api K1, pembahasan meliputi proses dan *finishing* produk. Pengamatan serta foto dilakukan dan dimunculkan untuk mendukung analisa dari proses pembuatan pintu kereta api K1.



## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Sifat Mekanis Komposit *Sándwich*.

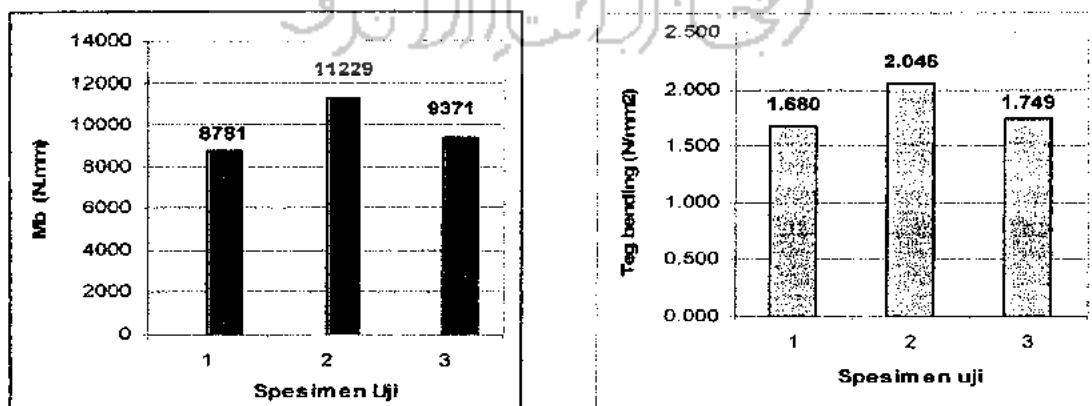
#### 4.1.1. Pengujian Bending.

Uji bending ialah pengujian mekanis secara statis dimana benda uji lengkung ditumpu dikedua ujung dengan tumpuan, kemudian dibebani tekan P(N) ditengah-tengah jarak antara dua tumpuan tersebut. Spesimen dengan panjang span 170 mm yang terdiri dari tiga (3) buah spesimen uji.

Momen bending dan tegangan bending dari ketiga sampel uji, dapat dilihat pada gambar 4.1. Momen bending yang terbesar didapat pada spesimen uji no 2 yaitu sebesar 11229 N.mm, spesimen uji no 3 yaitu 9371 N.mm dan yang terkecil spesimen uji no 1 yaitu 8781 N.mm. Momen bending rata-rata dari ketiga buah spesimen uji tipe A adalah 9793 N.mm.

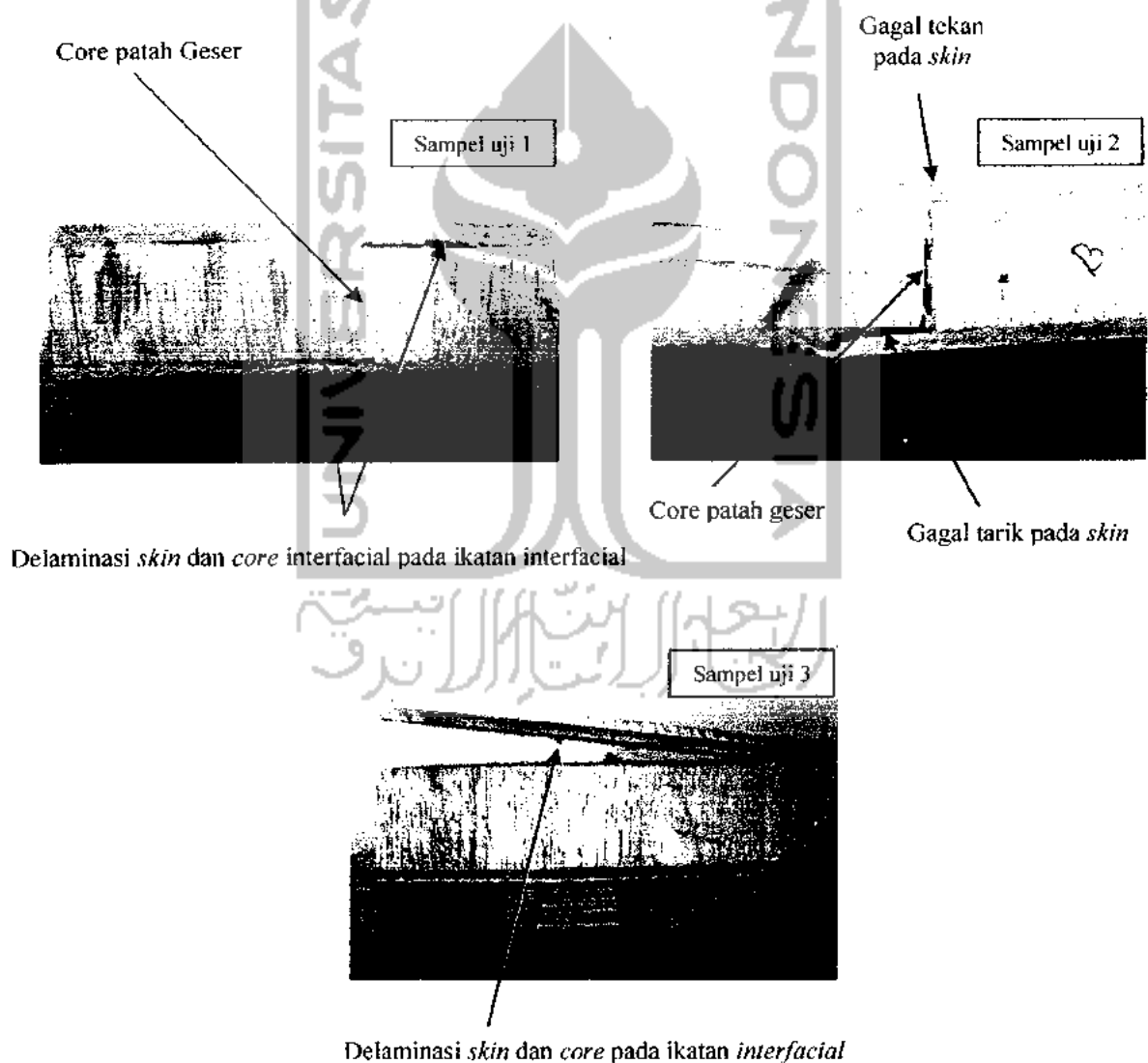
Tabel 4.1. Ukuran spesimen bending.

Specimen	Panjang (P) mm	Lebar (L) mm	Tebal (T) mm
1	170	40	26
2	170	42	27
3	170	41	28



Gambar 4.1. Besar momen bending dan tegangan bending pada spesimen uji .

Tegangan bending terbesar didapatkan pada spesimen uji no 2 sebesar  $2,046 \text{ N/mm}^2$ , kemudian spesimen uji 3 sebesar  $1,749 \text{ N/mm}^2$ , hal ini disebabkan pengambilan sampel uji 1 dan 2 terletak di bagian tepi sandwich panel sedangkan harga bending terkecil teletak pada spesimen uji 1 yaitu sebesar  $1,680 \text{ N/mm}^2$  dengan pengambilan sampel di bagian tengah sandwich panel. Harga rata-rata tegangan bending spesimen tope A yaitu  $1,825 \text{ N/mm}^2$ .



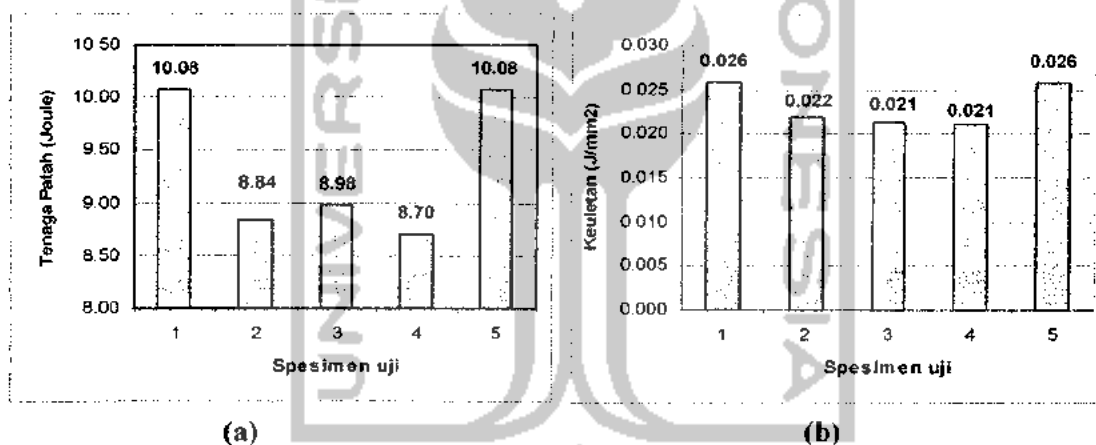
**Gambar 4.2.** Bentuk patahan dan delaminasi pengujian bending.

### 4.1.3. Pengujian Impak

Hasil pengujian komposit *sandwich* dengan *core* kayu sengon laut sesuai dengan standar ASTM D 5942.

**Tabel 4.2.** Tenaga patah hasil uji impak komposit *sandwich*

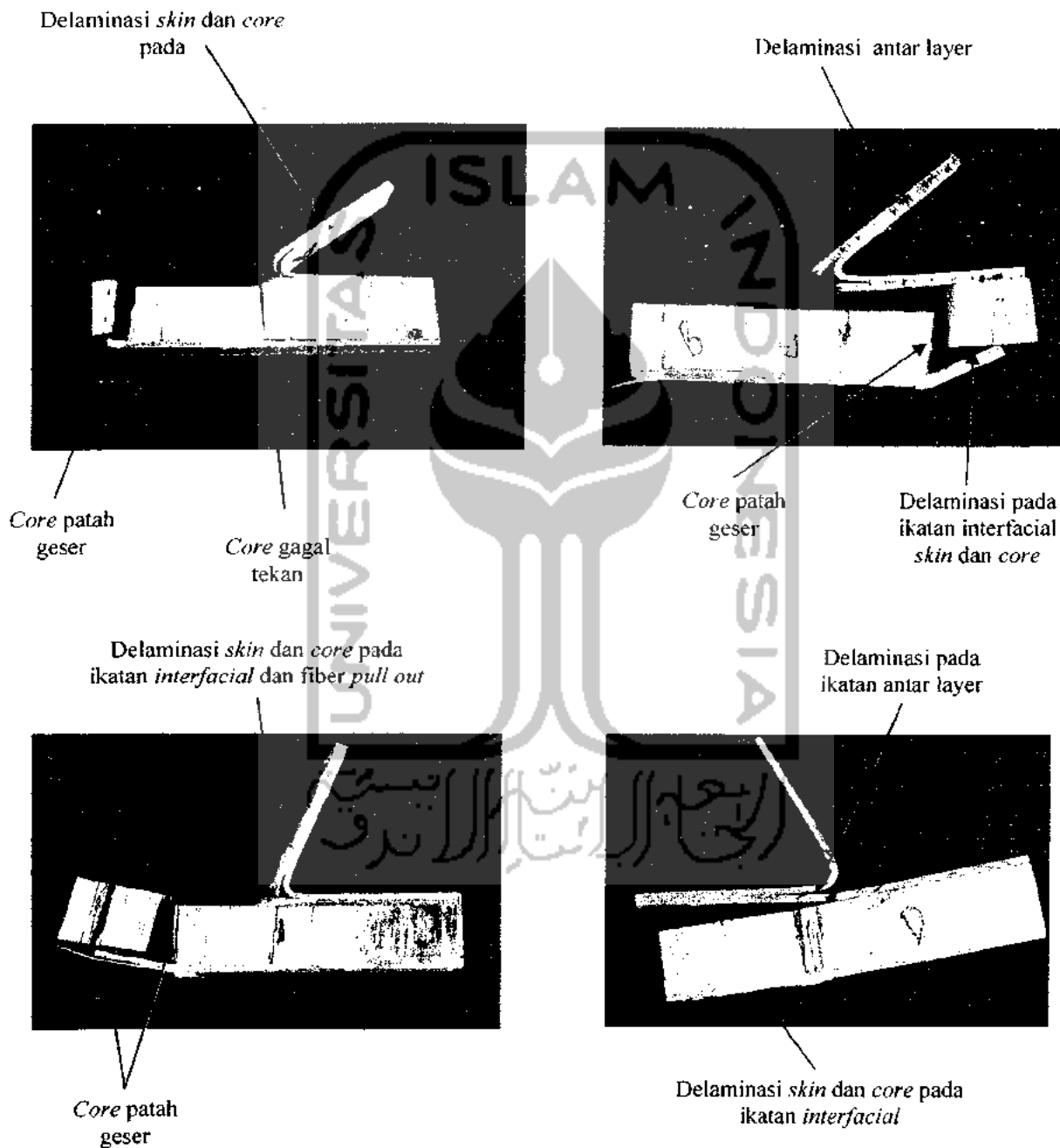
Spesimen uji	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas Penampang (mm)	Tenaga Patah (Joule)	Keuletan(joule/m <sup>2</sup> )
1	26	15	390	10,08	0,026
2	27	15	405	8,84	0,022
3	28	15	420	8,98	0,021
4	27,5	15	413	8,70	0,021
5	26	15	390	10,08	0,026

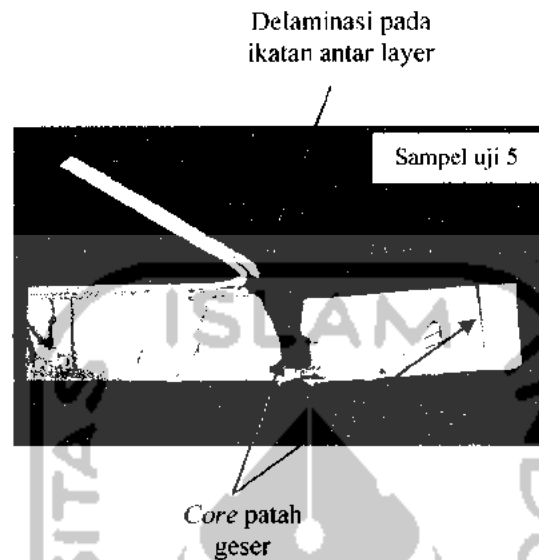


**Gambar 4.3.** Diagram batang hasil tenaga patah (a) dan nilai keuletan komposit *sandwich* pada pengujian impak (b).

Komposit *sandwich* dengan *core* kayu sengon laut yang diperkuat serat gelas mampu menyerap energi impak yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dari pengujian impak *Charpy* diperoleh kemampuan tenaga patah komposit *sandwich* paling tinggi yaitu sebesar 10,08 joule. Hasil ini sebanding dengan nilai keuletan bahan yang menunjukkan harga keuletan yang paling baik adalah spesimen no.1 dan spesimen no.2 sebesar 0,026 joule/mm<sup>2</sup>. Perbedaan hasil uji pada pengujian impak disebabkan kehomogenan pengambilan lokasi pada panel komposit *sandwich*. Dari kelima

spesimen tersebut didapatkan harga rata-rata untuk tenaga patah sebesar 9,34 Joule dan harga keuletan sebesar 0,23 Joule/mm<sup>2</sup>





**Gambar 4.4.** Bentuk patahan dan delaminasi komposit *sandwich* pada pengujian impact

Dengan demikian, penambahan pelat aluminium dan serat gelas (*fiber glass*) sebagai penguat struktur pada komposit *sandwich* dengan inti (*core*) spon laut menunjukkan peningkatan kemampuan menyerap energi impact yang baik.

#### 4.2. Manufaktur Komposit *Sandwich*.

1. Pertama-tama yang dilakukan adalah menyiapkan mesin *vacuum* dan alat untuk proses *pemvacuuman*.
2. Siapkan *plat* aluminium yang digunakan pada bagian skin terluar dari *sandwich* panel. Sebelum diproses terlebih dibersihkan dengan menggunakan *lesonal* (cairan pembersih). Tujuannya adalah untuk menghilangkan adanya debu yang menempel antara *layer* dan skin (Gambar 4.5).
3. Setelah laminasi tahap pertama, dilanjutkan dengan pemberian resin lembaran serat acak  $300\text{gr/m}^2$  dan dilanjutkan dengan laminasi tahap kedua (Gambar 4.6).

4. Setelah resin merata pada laminasi tahap pertama kemudian ratakan dengan rol besi, lanjutkan dengan penempatan lembaran serat acak 450gr/m<sup>2</sup> dan dilanjutkan dengan laminasi tahap tiga (Gambar 4.7 dan Gambar 4.8).
5. Pada tahap ini pemasang inti (*core*) dari komposit *sandwich* menggunakan Kayu Sengon Laut (KSL) dilanjutkan dengan laminasi dan dilanjutkan dengan pemasangan lembaran serat acak 450gr/m<sup>2</sup> dan kemudian dilaminasi lagi (Gambar 4.9 dan Gambar 4.10).
6. Pada tahapan ini setelah proses laminasi dilanjutkan dengan meat acak 450gr, kemudian dilaminasi kembali dan dilanjutkan dengan 300gr *woven roving* (serat anyam), (Gambar 4.11 dan Gambar 4.12).
7. Laminasi dengan resin pada tahap terakhir sebelum proses *vacuum* dimulai (Gambar 4.13).
8. Proses terakhir adalah pemasangan penutup plastik dengan ketebalan 0,3 mm, dimana setiap sisi dari alat *vacuum* telah diberi solasi bolak-balik agar plastik dapat menempel (Gambar 4.14)
9. Setelah semuanya telah siap, selanjutnya proses *vacuum* dimulai. Dalam proses *vacuum* ini kebocoran-kebocoran pada plastik harus diminimalisir agar produk tidak mengalami ngulet. Lama *pemvacuuman*  $\pm 1,5 - 2$  jam (Gambar 4.15).
10. Setelah  $\pm 2$  jam produk tidak langsung diangkat, tetapi dibiarkan terlebih dahulu  $\pm 15$  menit setelah itu angkat penutup plastik (Gambar 4.16).
11. Gambar pintu kereta api K-I yang telah *difinishing* (Gambar 4.17).



Gambar 4.5. Persiapan tempat dan alat.



Gambar 4.6. Proses laminasi 1.



Gambar 4.7. Pemasangan serat acak 300gr, dilanjutkan dengan laminasi ke dua.



**Gambar 4.8.** Setelah laminasi kedua, dilanjutkan pemasangan serat acak 450gr.



**Gambar 4.9.** Laminasi tahap tiga, diratakan menggunakan rol besi.



**Gambar 4.10.** Pemasangan inti *sandwich* menggunakan *core* kayu sengon laut (*KSL*), dilanjutkan dengan laminasi tahap empat.





**Gambar 4.11.** Pemasangan serat acak 450gr, dilanjutkan dengan laminasi tahap lima.



**Gambar 4.12.** Pemasangan serat acak 450gr, dilanjutkan dengan laminasi tahap enam.



**Gambar 4.13.** Pemasangan *woven roving* (serat anyam), dilanjutkan laminasi tahap tujuh atau akhir.



**Gambar 4.14.** Persiapan *pemvacuuman* dengan menutup produk dengan plastik khusus dengan tebal 0.3 mm. Pada saat awal proses pemvacuuman.



**Gambar 4.15.** Proses *pemvacuuman* setelah 1.5 jam – 2 jam.





Gambar 4.16. Setelah produk jadi plastik penutup diangkat.



Gambar 4.17.. Produk yang telah jadi pintu.

#### 4.3. Analisa Produk Pintu Kereta Api Dari Bahan Komposit Sandwich.

##### 4.3.1. Permasalahan Pada Proses Pevacuuman

1. Lapisan plastik yang digunakan untuk penutup pada saat proses *pevacuuman* mudah sobek.
2. Faktor cuaca berpengaruh, apabila cuaca tidak terlalu panas produk akan lebih maksimal dan sebaliknya apabila cuaca panas produk akan sedikit terjadi ngulet, ini disebabkan panas yang tinggi dari cuaca yang panas dan dari campuran resin dan katalis.

3. Dalam proses *pemvacuuman* kadang resin masuk kedalam selang vacuum, sehingga proses pemvacuuman kurang sempurna kerana terjadi penyumbatan pada selang *vacuum*.
4. Tabung *vacuum* terlalu kecil sehingga ketika resin masuk tidak dapat menampung banyak, dan mengakibatkan resin masuk kedalam mesin vacuum.

#### 4.3.2. Pemecahan Masalah Pada Proses *Pemvacuuman*

1. Tabung *vacuum* diganti dengan yang lebih besar, agar daya tampung resin yang masuk bisa lebih banyak.
2. Agar produk tidak terjadi ngulet, pada saat *pemvacuuman* mesin *vacuum* harus tetap menyala sampai produk benar-benar dingin.
3. Plastik yang mengalami kebocoran dapat ditambal dengan solasi, dan jika sudah terlalu banyak kebocoran plastik dapat diganti dengan yang baru.
4. Selang *vacuum* harus selalu dicek agar tidak terjadi penyumbatan, apabila terjadi penyumbatan selang harus segera diganti dikarenakan akan mengurangi daya *vacuum*.

#### 4.3.3. Laminasi pembuatan pintu K-I.

Bahan serat gelas yang dipakai dalam laminasi pembuatan *molding* sebanyak 5 lapis sehingga akan menghasilkan komposit lamina yang kuat, kaku dan tidak berubah bentuk pada saat penggunaan maupun saat perawatan dan penyimpanan. Langkah porses laminasi pembuatan pintu kereta K-I sebagai berikut:

1. Keseluruhan permukaan *plat* alumunium diolesi cairan resin, pemberian cairan resin harus merata.
2. Pada saat kondisi resin masih basah, permukaan *plat* alumunium diberi lapisan mat sebanyak 1 lapis, mat yang digunakan adalah SMC 300 gr/m<sup>2</sup>. penggunaan mat sebagai lapisan pertama bertujuan untuk mempermudah laminasi.

3. Sebagai lapisan kedua mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m<sup>2</sup>. Pemberian lapisan dilakukan pada saat kondisi resin setengah *gel*, selanjutnya pemasangan inti (*core*) kayu sengon laut.
4. Sebagai lapisan ketiga dan ke empat mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m<sup>2</sup>, proses laminasi sama seperti pada proses kedua.
5. Sebagai lapisan terakhir dipakai *woven roving* 300 gr/m<sup>2</sup>
6. Setelah hasil laminasi kering maka tahap selanjutnya adalah diangkat dan merapikan bagian tepi panel komposit yang melebihi plat alumunium dengan menggunakan gerinda.

#### **4.4 Kelebihan dan kekurangan metode *Hand lay up*.**

##### **4.4.1 Kelebihan metode *hand lay up***

- a. Mudah dalam proses.
- b. Biaya tenaga kerja yang murah karena dapat dilakukan dengan jumlah tenaga kerja yang tidak membutuhkan kemampuan yang tinggi.
- c. Proses pencetakan dan pembuatan pintu kereta api K1 dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sederhana.
- d. Lebih banyak pilihan material (resin, serat maupun pengisi/*core*) yang dapat dikerjakan dengan metoda *hand lay up*.

##### **4.4.2 Kekurangan metode *hand lay up*.**

- a. Kualitas produk pintu kereta api K1 yang dihasilkan sangat tergantung dari kemampuan operator.
- b. Pada pembuatan produk dengan kontur yang rumit dan berdimensi kecil metode ini susah untuk dilakukan.
- c. Sering terjadinya *void*/ rongga udara skibat proses laminasi yang kurang sempurna.

#### 4.5. Analisa kegagalan dan solusinya.

Pada saat proses *pemvacuuman* kadang terjadi kebocoran pada plastik yang digunakan yang akan berakibat tidak maksimalnya produk yang dihasilkan, hal tersebut disebabkan tipisnya plastik yang digunakan yaitu 0,3 mm. Untuk mengatasi terjadinya kebocoran pada plastik dapat dilakukan dengan cara menambal bagian yang berlubang dengan menggunakan solasi/ lakban.

#### 4.6. Analisa Ekonomi.

Ketergantungan dengan produk impor (serat gelas, PVC, dan *honeycomb*) merupakan kebijakan terbalik dengan kondisi alam Indonesia yang kaya akan sumber daya alamnya. Harga satu buah panel *divinycell H80* yang mencapai Rp 600.000,- sangat memberatkan biaya produksi. Pohon sengon laut merupakan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk konsep rekayasa inti (*core*) *sandwich*. Saat ini sedang dikembangkan pembuatan pintu kereta api KI dengan menggunakan komposit *sandwich* dengan bahan dasar kayu sengon laut (KSL) oleh PT. INKA. Sebelumnya pintu kereta api masih menggunakan bahan logam yang limbahnya dapat mencemari lingkungan, terutama tanah dan air. Panel komposit *sandwich* dengan bahan kayu sengon laut mampu menjawabnya, dengan bahan yang melimpah, proses yang mudah, bahan kayu yang mempunyai alur garis permukaan yang indah dan mampu diaplikasikan sebagai pintu kereta api, diharapkan mampu menekan biaya produksi, dengan tidak mengesampingkan nilai rekayasa teknologi maupun nilai seni arsitektur. Harga panel core kayu sengon laut yang hanya sepertiga dari *divinycell* diharapkan mampu untuk memangkas biaya produksi perusahaan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan uji data foto penampang komposit *sandwich* dengan matrik polyester berpenguat serat gelas dan anyam dengan inti kayu sengon laut maka dapat disimpulkan:

1. Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap proses pembuatan pintu panel kereta api K-I dari bahan komposit berpenguat serat gelas (GFRP), dengan metode *dry vaccum* yang berfungsi mengurangi kemungkinan adanya gelembung-gelembung udara (*void*) pada proses *curing* sehingga terjadi perekatan yang sempurna antara skin dengan *core*. Hal ini ditunjukkan dengan pengujian mekanis bending dan impak. Adapun hasil uji bending didapat tegangan bending rata-rata  $1,757 \text{ N/mm}^2$ , untuk energi impak didapat harga rata-rata energi impak sebesar 9,34 Joule dan harga keuletan  $0,23 \text{ Joule/mm}^2$ .
2. Berdasarkan penggunaan material dari bahan kayu sengon laut sebagai *core* panel pintu kereta api K-I dapat diperoleh dengan harga yang jauh lebih murah yaitu sepertiga harga *devinyycell PH80*.

### 5.2. Saran

Saran – saran untuk kelanjutan dan pengembangan penelitian:

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan jumlah variable yang lebih banyak terhadap aplikasi bahan alam sebagai komponen komposit *sandwich*.
2. Perlu penelitian lebih lanjut terhadap proses *treatmen* untuk mendapatkan properties yang lebih baik.
3. Perlu tambahan tes untuk spesimen *sandwich* ini untuk aplikasi *secondary* struktur.

4. Kemudahan proses memegang peranan penting untuk prospek aplikasi komposit sandwich, maka perlu dikembangkan teknik yang lebih sesuai untuk menapatkan hasil komposit yang lebih optimal.





## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1998. "Annual Book of ASTM Standar", West Conshohocken
- Atmosuseno. BS., "Budi Daya. Kegunaan, dan Prospek Sengon".1999, Penerbit Penebar Swadaya, Bogor.
- Barthelot J. M., 1999. 'Composite Material : Mechanical Behaviour and Structural Analysis'. Springer, New York.
- Dumanauw J.F dan Virsarany Teddy, 1981, "Mengenal sifat-sifat kayu Indonesia dan penggunaannya."
- Diharjo K., dan Triyono T., 2000. 'Material Teknik', Buku Pegangan Kuliah Jurusan Teknik Mesin FT-UNS, Surakarta.
- Diharjo K., dan Ngafwan, 2004. 'Pengaruh Ketebalan Inti PVC Terhadap Peningkatan Kekuatan Bending & Impak', Penelitian Dosen Muda DIKTI, Jakarta.
- Groover M. P, 2002. "Fundamental of modern manufacturing", Jhon Wiley&Sonn Ink, Second edition.
- Jones, R. M., 1975. 'Mechanics of Composite Materials', Scripta Book Company, Washington D.C., USA.
- Kowangid dan Diharjo K., 2003. 'Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Gelas Dengan Core PVC', Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT-UNS, Surakarta.
- Sudiono dan Diharjo K., 2004. 'Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Glass dengan Core Foam/PU'. Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta.
- Steeves C. A., dan Fleck N.A., 2004. 'Collaps Mechanism of Sandwich Beam with Composite Face and Foam Core Loaded in Three Point Bending', Available Online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- Sugiarto, 2005. 'Diskusi Proses Pembuatan Komposit Sandwcih dengan Metode Dry Vacuum', INKA, Madiun.
- Sumardi T.P., Zulfa A., Basukriadi A., Raditya D., dan Rahman F., 2003. "Rekayasa dan Manufaktur bahan Komposit berpenguat Serat Limbah Pisang Sebagai bahan Interior Otomotif dan Pesawat Terbang.", Hibah Bersaing X, DP3M-Dikti, Jakarta.
- Patrick Mc. Crary, 2005, 'Basic Vacuum Bagging', diakses dari [www.bertram31.com](http://www.bertram31.com), pada tanggal 15 Maret 2008.
- Wahyanto B., dan Diharjo K., 2004, 'Karakteristik Uji Bending dan Impak Komposit Sandwich GFRP dengan Core Kayu Sengon Laut', Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta.