

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Morisco (1999:6-8), kekuatan tarik rata-rata dalam keadaan kering oven bambu petung adalah  $1900 \text{ kg/cm}^2$  (tanpa buku) dan  $1160 \text{ kg/cm}^2$  (dengan buku). Ditinjau dari sisi potongan bambu, kekuatan tarik potongan bambu petung pada bagian pangkal  $2278 \text{ kg/cm}^2$ , bagian tengah  $1770 \text{ kg/cm}^2$  dan bagian ujung  $2080 \text{ kg/cm}^2$  berdasarkan pengujian kuat tekan rata-rata bambu petung bulat pada bagian pangkal  $2769 \text{ kg/cm}^2$  pada bagian tengah  $4089 \text{ kg/cm}^2$  dan pada bagian ujung  $5479 \text{ kg/cm}^2$ .

Kosjoko (2014), meneliti pengaruh perendaman (NaOH) terhadap kekuatan tarik dan bending komposit serat bambu tali (*Gigantochloa Apus*). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa : komposit serat bambu tali (*gigantochloa apus*) tanpa diperlakukan perendaman menggunakan alkali (NaOH), pada fraksi volume 20%, 30% dan 40% yang menunjukkan uji tarik yang paling kuat adalah pada fraksi volume 20% serat. Nilai kekuatan uji tarik sebesar  $15 \text{ kN/mm}^2$ , Uji bending sebesar  $6,9 \text{ kN/mm}^2$ . Kekuatan tarik dan bending rata-rata serat komposit (*fibrous composite*) bambu tali (*gigantochloa apus*) perlakuan 5% NaOH selama 120 menit dengan fraksi volume serat bambu tali 40% serat, nilai kekuatan uji tarik sebesar  $42 \text{ kN/mm}^2$  dan uji bending sebesar  $15,4 \text{ kN/mm}^2$ .

Ahmad Wildan (2010), meneliti studi proses pemutihan serat kelapa sebagai *reinforced fiber*, hasil dari penelitian tersebut menunjukkan semakin meningkatnya

konsentrasi hidrogen peroksida 0,5%, 1%, 2% dan 3% berturut-turut adalah 62,89 MPa, 63,44 MPa, 67,71 MPa dan 78,44 MPa. Sebelum penelitian ini telah ada penelitian terhadap objek yang sama dimana konsentrasi hidrogen peroksida 5% kuat tarik yang dihasilkan menurun menjadi 65,18 MPa sehingga digunakan konsentrasi hidrogen peroksida antara 0,5% hingga 3%.

Ditinjau dari penelitian yang telah dilakukan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik dan bending dipengaruhi oleh adanya perlakuan pada serat, semakin diberi perlakuan alkali semakin tinggi pula kekuatannya.maka dari itu penulis akan mencoba untuk meneliti komposit *sandwich* berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan alkali dan *bleaching*.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Sepeda**

Sepeda gunung (*mtb*) merupakan jenis sepeda yang digunakan dalam medan yang berat. Pertama kali diperkenalkan pada tahun 1970, oleh pengguna sepeda di perbukitan San Fransisco. Ketika pertama kali dipamerkan pada New York Bike Show pada tahun 1981, penemu sepeda gunung mengatakan bahwa sepeda jenis ini tidak akan pernah populer. Kenyataannya 80% sepeda yang terjual di Amerika Serikat adalah jenis ini. Sepeda gunung adalah jenis sepeda yang pertama kali dinaiki sampai ke puncak gunung Kilimanjaro, titik tertinggi di benua Afrika, 5.895 mdpl.

Sejak saat itu dunia mengenal sepeda gunung ini. Ciri-cirinya adalah ringan, bentuk kerangka yang terbuat dari baja, aluminium dan yang terbaru menggunakan bahan komposit serat karbon (*carbon fiber reinforced plastic*) dan

menggunakan *shock breaker* (peredam guncangan). Sedangkan ban yang dipakai adalah tipe ban yang memiliki kemampuan untuk mencengkeram tanah dengan kuat. Sepeda gunung memiliki 18-30 gear pindah yang berguna untuk mengatur kecepatan dan kenyamanan dalam mengayuh pedalnya. Sepeda gunung dengan 30 gear berarti memiliki crankset depan dengan 3 piringan dan cassette sprocket dengan 10 piringan, sehingga  $3 \times 10 = 30$  tingkat kecepatan yang berbeda.



Gambar 2.1 Frame sepeda gunung (*mtb*) serat karbon  
(sumber: <http://alibaba.com>)

### 2.2.2 Bambu

Bambu merupakan salah satu hasil hutan non kayu yang sangat penting bagi pembangunan Indonesia. Bambu telah menjadi bahan baku produk seperti mebel, anyaman, ukiran, perabot rumah tangga, alat musik dan konstruksi. Salah satu jenis bambu yang diperdagangkan untuk bermacam-macam keperluan yaitu bambu petung (*Backer*). Bambu petung telah digunakan untuk konstruksi bangunan rumah, jembatan dan tiang pancang (Subyakto, 2011). Bambu petung merupakan bambu yang ulet dan kuat namun setiap material bambu memiliki kelemahan yang rentan terhadap serangan organisme perusak maka dari itu

termasuk bambu petung itu sendiri, maka dari itu bambu perlu untuk diawetkan untuk menghindari serangan organisme perusak tersebut.

Bambu petung merupakan jenis bambu yang mempunyai rumpun agak sedikit rapat, tinggi buluh dapat mencapai 20 m dengan garis tengah sampai 20 cm. Pada buku-buku sering terdapat akar-akar pendek dan menggerombol, panjang ruas berkisar antara 40-60 cm, dinding buluh cukup tebal 1-1,5 cm (Rulliaty, 2012). Bambu ini akan tumbuh baik bila tanahnya cukup subur, terutama di daerah yang beriklim tidak terlalu kering.



Gambar 2.2 Anatomi bambu  
Sumber: <http://riyashingwa.blogspot.co.id>

Bambu petung sifatnya keras dan baik untuk bahan bangunan karena seratnya besar-besar serta ruasnya panjang. Berikut ini adalah klasifikasi bambu petung (*Dendrocalamus Asper Backer*):

Tabel 2.1 Klasifikasi bambu petung

Kingdom	Plantae
Divisi	Spermatophyta
Kelas	Monocotyledonae
Ordo	Graminales
Famili	Graminae
Genus	<i>Dendrocalamus</i>
Spesies	<i>Dendrocalamus asper Backer</i>

Bambu termasuk zat higroskopis, artinya bambu mempunyai afinitas terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kayu atau bambu mempunyai kemampuan mengabsorpsi atau desorpsi yang tergantung dari suhu dan kelembaban. Menurut Dransfield dan Widjaja (1995) kadar air batang bambu merupakan faktor penting dan dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanisnya.

Menurut Liese (1980) dalam Pathurahman (1998) kandungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Hal itu tergantung dari umur, waktu penebangan dan jenis bambu. Pada umur satu tahun batang bambu mempunyai kandungan air yang relatif tinggi, yaitu kurang lebih 120 hingga 130%, baik pada pangkal maupun ujungnya. Kadar air ialah kandungan air yang terdapat pada bambu. Pada bagian ruas bambu kandungan air lebih rendah dibanding pada bagian nodia atau buku.

Kandungan air dalam tiap jenis bambu berbeda tergantung dari banyak faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah tebal bilah masing-masing

bambu tersebut. Semakin tebal dinding/bilah bambu maka makin tinggi air yang dapat dikandung bambu tersebut. Bambu betung memiliki tebal bilah 10- 25 mm (Pujirahayu 2012). Pada umumnya jika bambu sudah berumur lebih dari tiga tahun akan mengalami penurunan kadar air. Pada batang bambu muda penurunan kadar air berkisar antara 50-90%, sedang pada bambu tua berkisar antara 12-18% (Dransfield dan Widjaja, 1995).

Berat jenis dan kerapatan kayu atau bambu merupakan faktor-faktor yang akan menentukan sifat-sifat fisika dan mekanikanya. Menurut Liese (1980) dalam Samsudin (1997) berat jenis bambu berkisar antara 0,5 sampai 0,9 gr tiap sentimeter kubik. Variasi berat jenis bambu terjadi baik pada arah vertikal maupun horizontal. Batang bambu bagian luar mempunyai berat jenis lebih tinggi daripada bagian dalam. Sedangkan dalam arah memanjang, berat jenis meningkat dari pangkal ke ujung. Berat jenis mempunyai hubungan terbalik dengan kadar air. Semakin tinggi berat jenis bambu, semakin kecil kadar airnya.

Menurut Janssen (1981) faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan bambu adalah :

- a. Kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kandungan air
- b. Bagian arah melintang bahan. Kekuatan tarik maksimum bagian luar batang bambu paling besar dibandingkan dengan bagian-bagian yang lain. Kekuatan tarik maksimum yang besar diiringi oleh persentase serabut sklerenkim yang besar pula
- c. Ada tidaknya nodia. Di dalam inter-nodia sel-selnya berorientasi ke arah sumbu aksial sedang di dalam nodia sel-selnya mengarah pada sumbu

transversal. Oleh karena itu, batang-batang yang bernodia mempunyai kekuatan yang lebih rendah daripada batang-batang yang tidak bernodia

Bambu petung memiliki nilai MOR sebesar 1.236 kg/cm<sup>2</sup> untuk bagian buku dan bagian tanpa buku sebesar 2.065 kg/cm<sup>2</sup>, MOE pada buku 103 kg/cm<sup>2</sup> dan tanpa buku 216 kg/cm<sup>2</sup>, dan keteguhan tekan pada buku dan tanpa buku adalah sebesar 548 kg/cm<sup>2</sup> dan 587 kg/cm<sup>2</sup>. Sifat mekanis bambu tanpa buku lebih besar dibandingkan bambu dengan bukunya (Idris, 1980).

Nilai Modulus Elastisitas berkaitan dengan regangan, defleksi, dan perubahan bentuk yang terjadi. Besarnya nilai defleksi dipengaruhi oleh besar dan lokasi pembebanan, panjangnya, ukuran penampang, dan nilai MOE. Hubungan antara MOE dengan defleksi yaitu apabila semakin tinggi MOE suatu balok, maka semakin berkurang defleksinya dan semakin tahan terhadap perubahan bentuk (Haygreen dan Bowyer, 2003).

Memahami sifat-sifat fisis dan mekanis dari material bambu akan sangat berguna dalam pengembangan eksplorasi karakter material tersebut ketika dilakukan eksperimentasi-eksperimentasinya. Hal yang perlu diketahui dalam memahami sifat-sifat bambu tersebut antara lain struktur batang, sifat elastisitas, kekuatan terhadap beban, bentuk dan ukuran.

Tabel 2.2 Nilai sifat fisis dan mekanis bambu  
Sumber :Hadjib dan Karnasudirdja (1986)

No.	Sifat fisis dan mekanis	Bambu ater kg/cm <sup>2</sup>	Bambu petung kg/cm <sup>2</sup>	Bambu andong kg/cm <sup>2</sup>
1.	Keteguhan lentur maksimum	533,05	342,47	128,31

2.	Modulus elastis	89152,5	53173,0	23775,0
3.	Keteguhan tekan sejajar serat	584,31	416,57	293,25
4.	Berat jenis	0,71	0,68	0,55

Dari pemahaman yang berkaitan dengan karakteristik fisis dan mekanis ini nantinya dapat digunakan dalam hal mempertimbangkan jenis-jenis belahan terhadap ruas bambu baik yang berupa belahan *longitudinal*, belahan *tangensial* dan belahan potongan *radial*-nya. Belahan dan potongan terhadap bambu tersebut akan berpengaruh pada bentuk potongan dan pemanfaatan elastisitas potongan yang dihasilkannya.

Buluh bambu petung terdiri atas sekitar 50% parenkim, 40% serat, 10% sel penghubung (pembuluh dan *sievetubes*) (Dransfield dan Widjaja, 1995 dikutip oleh PPHH, 2000). Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar, sedangkan susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang.

Menurut Manuhuwa dan Loiwatu (2007) kandungan holoselulosa (73,63%), lignin (27,37%) dan tebal dinding sel serat (0,90 mikron) bambu betung lebih banyak dari bambu sero (71,96%; 26,18%; 0,80 mikron) dan bambu tui (72,77%; 26,05%; 0,77 mikron). Ketebalan dinding sel akan sangat mempengaruhi penyusutan. Semakin tebal dinding sel, maka akan semakin besar pula penyusutan yang akan terjadi. Selain faktor ketebalan dinding sel, faktor lain yang

berhubungan dengan kandungan air dalam bambu adalah jumlah sel pori. Sel pori mengandung air yang lebih banyak dibandingkan dengan sel serat.

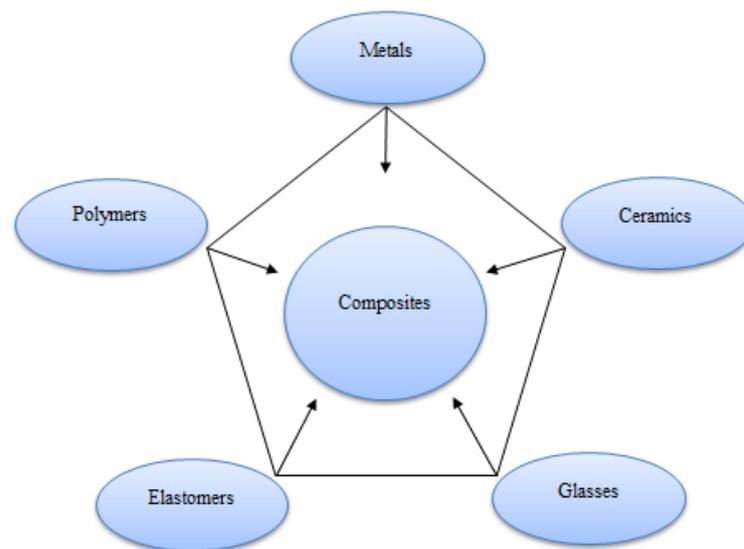
Berlainan dengan kayu, bambu mulai menyusut pada permulaan pengeringan. Bambu yang lebih muda akan kehilangan kelembaban lebih cepat daripada bambu yang sudah dewasa, tetapi akan membutuhkan lebih banyak waktu untuk menjadi kering sepenuhnya karena kadar kelembaban permulaan yang lebih tinggi. Oleh karenanya didalam proses pengeringan, bambu-bambu muda lebih cepat retak. Bagian dalam bambu lebih lembab daripada bagian luar. Buku-bukunya (*nodes*) mengandung lebih sedikit air daripada bagian ruasnya (*internodes*). Pada bagian batang yang lebih bawah perbedaan kadar air ini biasanya lebih besar dibandingkan dengan bagian pucuknya.

Serat bambu merupakan salah satu jenis dari serat alam yang dapat dijadikan bahan penguat komposit. Salah satu keunggulan serat alam yaitu elastis, kuat, bahan baku melimpah, ramah lingkungan dan pembuatannya mengkomsumsi energi sekitar 70% , yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit polimer serat gelas (Jensen, 1987).

### **2.2.3 Definisi Komposit**

Kata komposit (*Composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja “*to compose*” berarti menyusun atau menggabung. Sedangkan pengertian komposit adalah suatu sistem material yang merupakan campuran atau kombinasi dari dua atau lebih bahan pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat (Jones, 1975).

Komposit merupakan gabungan dua material yang memiliki sifat yang masing-masing berbeda namun mampu menjadi material yang memiliki kekuatan yang cukup tinggi ketika dikombinasikan (Schwartz, 1984). Sifat-sifat material hasil gabungan dari satu material dengan material lainnya diharapkan mampu memperbaiki kekurangan sifat masing-masing material. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain yaitu kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan aus, berat, *attractive*, ketahanan lelah, pengaruh terhadap temperatur, isolasi panas, penghantar panas, isolasi akustik (Jones, 1999). Material komposit secara umum terdiri dari penguat dan matriks.



Gambar 2.3 Konsep material komposit (Lukkasen dkk, 2003)

Komposit dibentuk atas dua komponen yang berbeda yaitu penguat (*reinforcement*) yang mempunyai sifat kurang ulet tetapi lebih kaku serta lebih kuat dan perekat (*matriks*) yang umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah atau getas. Ikatan antara *fiber* dan perekat dipengaruhi

oleh reaksi yang terjadi antara *fiber* dan *matriks*. Berdasarkan cara penguatannya komposit dapat dibedakan menjadi tiga (Jones, 1975) yaitu :

- a. *Fibrous Composite* (komposit serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan yaitu *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers* (*poly aramide*) dan sebagainya.
- b. *Laminated Composite* (komposit lapisan) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
- c. *Particulate Composite* (komposit partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam perekatnya.

#### **2.2.4 Serat**

Serat merupakan bagian material komposit yang sangat berperan terhadap kekuatan suatu material komposit, semakin kecil dimensi serat maka semakin kuat material kompositnya. Serat yang baik ialah serat yang mampu berikatan baik dengan matriks.

Selain itu serat (*fiber*) juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlah nantinya yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dsb. Fungsi utama dari serat adalah :

- a. Sebagai pembawa beban, dalam struktur komposit 70% - 90% beban dibawa oleh serat

- b. Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit
- c. Memberikan insulasi kelistrikan (konduktivitas) pada komposit, tetapi ini tergantung dari serat yang digunakan.

Komposit serat dapat dibedakan berdasarkan jenis dan orientasi seratnya, yaitu (Schwartz, 1984) :

1. Komposit serat searah (*continuous fiber composite*)

Mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.



*Continuous Fiber composite*

Gambar 2.4 Orientasi serat searah

Sumber : Ronald F. Gibson, 1994, *principles of composite materials*.

2. Serat anyam (*woven fiber composite*)

Mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat



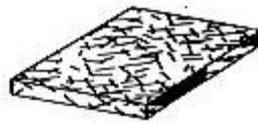
*Woven Fiber Composite*

Gambar 2.5 Orientasi serat anyam

Sumber : Ronald F. Gibson, 1994, *principles of composite materials*.

### 3. Serat acak (*chopped fiber composite*)

Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (*random*) maka sifat mekanik pada satu arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah maka kekuatannya akan meningkat.



*Randomly Oriented Discontinuous Fiber*

Gambar 2.6 Orientasi serat acak

Sumber : Ronald F. Gibson, 1994, *principles of composite materials*.

### 4. Gabungan dari beberapa jenis serat (*hybrid fiber composite*)



*Hybrid Fiber Composite*

Gambar 2.7 Orientasi serat *hybrid*

Sumber : Ronald F. Gibson, 1994, *principles of composite materials*.

Penguat komposit pada umumnya mempunyai sifat kurang ulet tetapi lebih kaku serta lebih kuat. Fungsi utama dari penguat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada penguat, sehingga penguat menerima beban maksimum. Oleh karena itu penguat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastis yang lebih tinggi dari pada matriks penyusun komposit.

Beberapa jenis bahan pendukung dari pembuatan material komposit antara lain sebagai berikut :

a. *Fiberglass*

*Fiberglass* merupakan suatu bahan paduan untuk penguat atau pengikat antara matriks dan polimer. Keuntungan dari *fiberglass* jika dibandingkan dengan bahan logam, diantaranya : ringan, mudah dibentuk, dan murah. *Fiberglass* juga sangat resisten terhadap suhu yang tinggi, asam, basa dan minyak. Dalam pembuatan *fiberglass* terdiri dari berbagai macam bahan dasar yaitu : resin, katalis, pigmen, dan mirror.

b. Resin

Resin merupakan bahan pembuat *fiberglass* yang berwujud cairan kental seperti lem. Fungsi dari resin ialah untuk mengeraskan semua bahan yang akan dicampur menjadi suatu bahan komposit . Resin memiliki berbagai tipe dari yang keruh, berwarna hingga yang bening dengan berbagai kelebihan seperti kekerasan, lentur, kekuatan dan lain-lain. Resin juga banyak digunakan sebagai bahan basis gigi tiruan. Karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya bersifat biokompatibel, kualitas bentuk yang baik, penyerapan air yang rendah, mudah diproses dan digunakan tanpa membutuhkan tenaga ahli.

c. Katalis

*Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO) yaitu bahan kimia yang dikenal dengan sebutan katalis. Katalis ini digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan.

Semakin banyak katalis yang di tambahkan maka makin cepat pula proses pengeringannya, tetapi apabila pemberian katalis berlebihan maka akan menghasilkan material yang getas ataupun resin bisa terbakar.

#### d. Mirror

Mirror merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan *fiberglass*. Bahan ini dibutuhkan untuk melicinkan cairan resin yang mengeras dengan cetakannya. Agar cairan resin yang mengeras dapat dilepaskan dari cetakannya dengan mudah mirror berwujud seperti pasta dan mempunyai warna yang bermacam-macam

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai dengan beban maksimum.

Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastis yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit. Pemilihan serat atau penguat harus mempertimbangkan beberapa hal salah satunya harga. Hal ini penting karena sebagai pertimbangan bila akan digunakan pada skala produksi yang lebih besar.

Dengan teknologi yang semakin berkembang dalam pembuatan produk komposit biasanya nilai sifat mekanik dari bahan komposit dapat diprediksi berdasarkan bahan matriks dan bahan penguatnya (Calister, 2000). Diantara beberapa kekuatan yang dapat diprediksi nilainya ialah kekuatan tariknya dan tekannya sebagai indikator kelayakan ketika digunakan sebagai material komposit. Dalam komposit kekuatan tarik dipengaruhi oleh kekuatan *interface*-nya. Dari pengujian kekuatan *interface*-nya sangat sulit ditentukan karena prosesnya tidak sederhana, sehingga hasil pengujian juga sangat sulit ditentukan karena adanya faktor teknis pembuatan spesimen. Untuk komposit polimer atau serat, perbedaan campuran unsur matriks dan perbedaan serat juga menghasilkan kekuatan adhesive yang berbeda sehingga tidak jarang seratakan putus sebelum terlepas dari matriksnya (Matthew, 1999).

Sifat-sifat komposit di tentukan oleh tiga faktor, antara lain :

1. *Phase* matrik dan serat sebagai penyusun komposit
2. Bentuk *geometri* dari penyusun komposit
3. Interaksi antara *phase* penyusun komposit

Faktor kekuatan komposit ditentukan oleh beberapa faktor antara lain adalah :

a. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

b. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Orientasi arah serat searah
2. Orientasi arah serat berlawanan arah
3. Orientasi arah serat acak

c. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Serat panjang lebih kuat dibandingkan serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintesis mempunyai panjang dan diameter yang tidak sama pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit.

d. Bentuk Serat atau Geometri Serat

Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan serat juga mempengaruhi.

e. Fraksi Volume Serat

Jumlah kandungan serat dalam komposit atau disebut fraksi volume serat merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit penguatan serat. Fraksi serat sangat menentukan terhadap karakteristik komposit yang dibuat.

f. Faktor *Matriks*

*Matriks* dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

g. Faktor Ikatan *Fiber-Matriks (Adhesion Bonding)*

Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matrik yang memudahkan terjadi antara dua fase. Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matrik berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matrik dan serat karena untuk kekuatan bahan.

h. Katalis (*Hardener*)

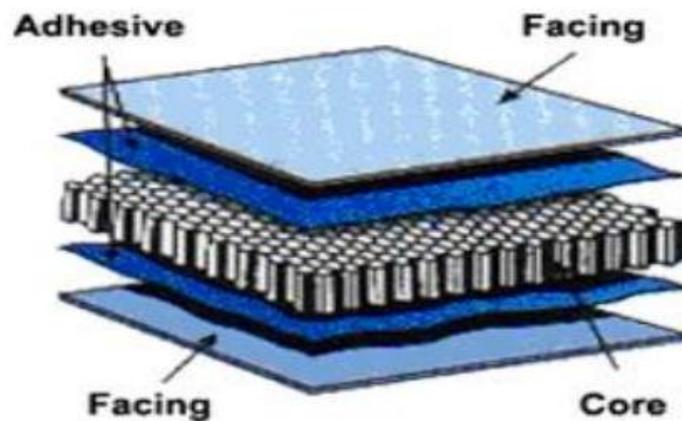
Perbandingan yang baik antara resin dan katalis ialah 2% atau 1 liter resin berbanding dengan 0,02 liter atau 20 ml katalis, sehingga dengan perbandingan tersebut diperoleh campuran yang ideal.

### **2.2.5 Komposit *Sandwich***

Komposit *sandwich* merupakan komposit yang terdiri dari dua lapisan yang tipis yaitu *skin* dan *core*. Kekuatan *skin* dipisahkan suatu ketebalan bersifat ringan yaitu inti (*core*). Material inti (*core*) dan lapisan tipis *skin* terikat bersamasama dengan suatu *adhesive* (perekat). *Core* berfungsi mendistribusikan beban geser, sedangkan pada lapisan luar (*skin*) sebagai pelindung dan penahan beban bending.

Gabungan dari kekuatan dan kekakuan yang tinggi dengan kemampuan menyerap bunyi dan menghambat panas membuat komposit *sandwich* ideal untuk desain struktural (Gdoutos, 2008).

Karakteristik komposit *sandwich* sangat tergantung dari sifat *core* dan *skin*, ketebalan relatif keduanya, dan karakteristik ikatan *interfacial* antara *core* dan *skin* (Berthelot, 1997). Komponen utama dalam komposit *sandwich* ada dua yaitu *skin* dan *core*, seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut (The DIAB Sandwich Concept).



Gambar 2.8 Struktur komposit sandwich (Gdoutos, 2008)

a. *Core* (inti)

*Core* sebuah komposit *sandwich* harus dibuat ringan, harganya murah, serta harus mampu menjamin permukaan yang didukung dan dipisahkan dapat bekerja sebagai satu kesatuan serta harus tahan terhadap beban geser *transversal* dan normal *transversal*. Berdasarkan persyaratan performanya, banyak sekali material yang bisa digunakan sebagai *core*.

Material *core* yang digunakan dalam komposit *sandwich* secara umum dapat digolongkan :

1. Berat jenis rendah, material padat : *foam* susunan struktur sel terbuka atau tertutup, balsa dan jenis kayu lainnya
2. Berat jenis medium dikembangkan dalam format selular : sarang lebah
3. Berat jenis tinggi, material dikembangkan dalam format berkerut

Banyak sekali pilihan jenis *core* yang bisa digunakan dalam komposit *sandwich*, mulai dari kayu (sengon laut dan balsa), *polyurethane* (PU), PVC, struktur *honeycomb*, material bambu dan lain sebagainya. *Foam* merupakan salah satu material *core* yang sering dipakai pada komposit *sandwich* karena sifatnya yang ringan. Penggunaan *core*, seperti *foam core* sel tertutup memberikan kelebihan yang berbeda dengan *foam core* sel terbuka. Kekuatan desak spesifik *foam core* sel tertutup lebih tinggi dibandingkan dengan *foam core* sel terbuka. (Lukkassen dan Meidell, 2003).

b. *Skin*

Bagian yang berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive test*. Berbagai material berbentuk *plastic* yang diperkuat serat gelas dan *fiber* menjadi pilihan yang baik karena bahan ini memiliki keunggulan seperti mudah digabungkan dan dirancang. Sifat – sifat yang harus ada pada *skin* diantaranya : (Lukkassen dan Meidell, 2003).

1. Kekuatan yang baik, namun memberikan kelenturan juga
2. Kekuatan desak dan tarik yang baik
3. Tahan terhadap beban impak dan gesekan
4. *Surface finish* (bentuk akhir permukaan yang rata)
5. Tahan terhadap lingkungan (kimia, *ultra violet*, panas dll)

### c. Serat Bambu Petung

Kandungan kimia yang terdapat dalam bambu petung, seperti pada tabel berikut ini : Manuhuwa dan Loiwatu (2007)

Tabel 2.3 Komponen kimia bambu petung

<b>Ekstraktif Larut Air Dingin (%)</b>	<b>Ekstraktif Larut Air Panas (%)</b>	<b>Ekstraktif Larut Alkohol Bz (%)</b>	<b>Alfa-Selulosa (%)</b>	<b>Holo-Selulosa (%)</b>	<b>Lignin (%)</b>
3,59	5,70	3,49	45,65	72,77	26,05

## 2.3 Perlakuan Serat

### 2.3.1 Alkali (NaOH)

Sifat alami serat adalah *Hyrophilic*, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang *hidrophilic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidropholic* serat dapat memberikan ikatan *interfecial* dengan matrik secara optimal (Bismarck dkk 2002).

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

Salah satu indikator yang digunakan untuk menunjukkan kebasaaan adalah lakmus merah. Bila lakmus merah dimasukkan ke dalam larutan basa maka berubah menjadi biru.

### **2.3.2 Alkalisasi *Bleaching***

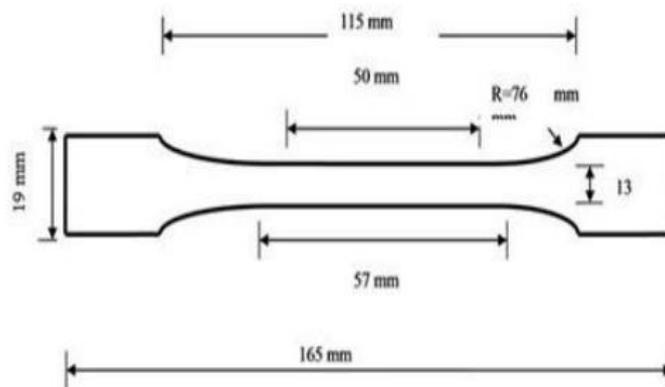
Alkalisasi bleaching ialah perlakuan setelah perlakuan NaOH, proses *bleaching* menggunakan larutan kimia yaitu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi campuran 1,5% dan konsentrasi NaOH 0,25%. Bleaching bertujuan untuk memutihkan serat dan memberi nilai tambah kekuatan pada serat. Dengan perlakuan bleaching maka kandungan zat yang kurang baik pada serat akan terurai atau hilang sehingga memungkinkan resin untuk meresap lebih baik.

## **2.4 Pengujian Mekanik Material**

### **2.4.1 Uji Tarik**

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.

Benda uji yang akan diuji dibentuk secara khusus sesuai dengan dimensi standar pengujian yang telah ada. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinyu dan bertahap bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami oleh benda uji. Hasil dari pengujian menunjukkan kurva tegangan-regangan. Tegangan yang digunakan adalah tegangan maksimum dan dapat diperoleh dengan membagi beban (P) dengan luas penampang mula (A<sub>0</sub>) dari benda uji.



Gambar 2.9 Standar uji tarik ASTM D638

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

F = Gaya tarik maksimum (N)

A<sub>0</sub> = Luas penampang mula-mula (lebar spesimen x tebal spesimen)

Regangan yang digunakan adalah regangan linier rata-rata yang diperoleh dengan membagi perubahan panjang untuk kurva tegangan regangan rekayasa ukur ( $\Delta L$ ) dengan panjang mula ( $L_0$ ) benda uji. Regangan dapat dihitung dengan rumus :

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Bentuk kurva tegangan-regangan suatu material komposit tergantung pada jenis penyusun komposit maupun kandungan fraksi volume serat, matriks dan void. Deformasi plastis pada komposit pada umumnya terjadi disebabkan sifat bahan yang cenderung getas. Saat benda uji tarik dalam keadaan terbebani, maka timbul regangan (*strain*) atau perpanjangan (*elongation*).

Informasi penting yang didapat dari kurva regangan-tegangan suatu material adalah parameter kekuatan (kekuatan dan kekuatan saat luluh / *yield strength*) dan

juga parameter yang dapat dilihat yaitu keliatan dari suatu material (*elongation* dan *contraction*).

Untuk material getas /rapuh/tidak liat tegangan luluh dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\sigma_y = \frac{P(\text{offset regangan } 0,002)}{A_0}, \text{ N/mm}^2 \dots \dots \dots (3)$$

Untuk beberapa logam non-ferro seperti alumunium dan juga komposit, nilai yield point sukar diteliti. Oleh karena itu kekuatan mulurnya biasanya ditetapkan dengan metode pergeseran. Metode ini merupakan penarikan garis sejajar ke garis singgung awal karena tegangan-regangan. Garis ini dimulai dari pergeseran sembarang besarnya 0,2%. P offset regangan 0,002, artinya pada saat beban ditiadakan maka benda uji akan bertambah panjang 0,2%.

Tegangan maksimum (*maximum stress*), adalah beban maksimum dibagi dengan luas penampang benda uji.

$$\sigma_{maks} = \frac{P \text{ maksimum}}{A_0}, \text{ N/mm}^2 \dots \dots \dots (4)$$

Pada tegangan maksimum mulai terjadi deformasi plastis secara lokal sehingga penampang lintangnya menurun, sehingga sesaat setelah deformasi benda uji mengalami perpatahan pada titik patah.

Tegangan patah (*break stress*), adalah tegangan yang diterima benda uji hingga putus (terjadi deformatsi plastis). Pada gambar dibawah, ditunjukkan adanya titik luluh, titik maksimum dan titik patah dari sebuah hasil uji tarik berupa grafik Tegangan-Regangan. Pada umumnya pengujian material komposit memiliki hasil dengan bentuk kurva naik tajam dan lalu putus tiba-tiba sehingga tidak

menemukan adanya tegangan luluh. Karena pada komposit material cenderung bersifat plastis dan tidak dapat kembali ke bentuk semula (elastis).

Tegangan patah ditentukan dengan membagi beban patah dengan penampang benda uji mula-mula.

$$\sigma_{break} = \frac{P_{break}}{A_0}, \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (5)$$

Modulus Elastisitas (E), merupakan ukuran kekakuan suatu material, makin besar modulus elastisitasnya semakin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat pembebanan. Modulus elastisitas untuk material komposit sulit ditentukan mengingat material komposit cenderung getas/*brittle*.

$$E = \frac{\sigma_y}{e}, \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (6)$$

Beberapa istilah dalam pengujian tarik :

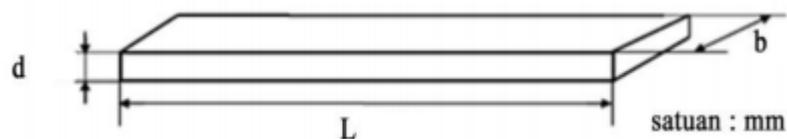
1. Tegangan (*stress*) adalah gaya per satuan luas,
2. Regangan (*strain*) adalah besar deformasi per satuan panjang,
3. Kekuatan (*strength*) adalah ukuran besar gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu bahan,
4. Keuletan (*ductility*) dikaitkan dengan besar regangan permanen sebelum perpatahan,
5. Ketangguhan (*toughness*) adalah dikaitkan dengan jumlah energi yang diserap bahan sampai terjadi perpatahan.

#### 2.4.2 Uji Bending

Uji *bending* adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu

material yang di uji. Proses pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *3 point bending* dan *4 point bending*.

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik dibanding tarik, pada perlakuan uji bending spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses tarik sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji bending yaitu mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Dimensi balok dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut ini : (Standart ASTM D 790-02 )



Gambar 2.10 Spesimen uji bending

Akibat pembebanan sebesar  $P$ , bagian *skin* atas spesimen mengalami tekanan, bagian *skin* bawah mengalami tarikan dan bagian *core* mengalami geseran. Momen maksimum panel komposit *sandwich* yang menerima beban terpusat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Mudjijana, 1995) :

$$M_{lengkung} = \frac{P \times Ls}{4}, \dots \dots \dots (7)$$

Dengan catatan  $M_{\max}$  = Momen (N-mm) ;  $P$  = Beban max (N) ;  $Ls$  = Panjang jarak tumpuan (mm). (Mudjijana 1995) :

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \dots \dots \dots (8)$$

Dengan catatan :  $M_{\max}$  = Momen tahanan lengkung (mm) ;  $b$  = lebar *sandwich* (mm) ;  $h$  = tebal *sandwich* (mm). Tegangan bending maksimum panel *sandwich* dapat dihitung dengan persamaan (Mudjijana, 1995) :

$$\sigma_{maks} = \frac{P.Ls}{4.W}, \dots \dots \dots (9)$$

Dengan catatan :  $\sigma_{max}$  = kekuatan bending (MPa) ;  $P$  = Beban tekan (Kg) ;  $Ls$  = Panjang jarak tumpuan (mm) ;  $W$  = Momen tahanan lengkung atau bending ( $mm^3$ ).

### 2.4.3 *Moisture Content*

Sifat hidropilik yang dimiliki oleh serat alam harus direduksi dengan cara pemanasan pada oven sehingga kandungan air dapat dioptimalkan serendah mungkin. Kandungan air serat optimal disebut *moisture content* (MC) dan dinyatakan dalam bentuk persen (%).

$$MC = \frac{Ma-Mb}{Ma} \times 100\% \dots \dots \dots (10)$$

Dengan keterangan :  $Mc$  = *Moisture Content* serat (%) setelah kering;  $Ma$  = Berat awal sebelum dikeringkan didalam oven;  $Mb$  = Berat setelah dikeringkan dalam oven ( $100^\circ C$ ).

### 2.4.4 *Perpatahan (fracture)*

Kegagalan terhadap suatu bahan teknik dalam manufaktur selalu tidak diinginkan terjadi karena beberapa hal seperti kerugian dibidang ekonomi akan kelayakan produk dan jasa serta kegagalan terhadap suatu bahan teknik mampu membahayakan hidup manusia. Meskipun penyebab kegagalan dan sifat bahan dapat diketahui, namun pencegahan terhadap kegagalan itu sendiri sulit untuk diatasi. Kasus yang sering terjadi ialah dalam pemilihan bahan yang kurang ideal dan proses serta perancangan mekanik yang kurang tepat. (Callister, 2007)

Patah sederhana diartikan sebagai pemisahan sebuah bahan menjadi dua atau lebih potongan sebagai respon dari tegangan statis yang bekerja dan pada temperatur yang relatif rendah terhadap temperatur cairnya. Dua model patah yang mungkin terjadi pada bahan teknik adalah patah liat (*ductile fracture*) dan patah getas (*brittle fracture*). Klasifikasi ini didasarkan pada kemampuan bahan mengalami deformasi plastis. Bahan liat (*ductile*) memperlihatkan deformasi plastis dengan menyerap energi yang besar sebelum patah. Sebaliknya, patah getas hanya memperlihatkan deformasi plastis yang kecil atau bahkan tidak ada. Setiap proses perpatahan meliputi dua tahap yaitu pembentukan dan perambatan sebagai respon terhadap tegangan yang diterapkan. Jenis perpatahan sangat tergantung pada mekanisme perambatan retak (Callister, 2007).