

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tanaman Durian**

Durian (*Durio zibethinus* Murr) adalah salah satu tanaman hasil perkebunan yang telah dikenal oleh masyarakat yang pada umumnya dimanfaatkan sebagai buah saja. Sebagian sumber literatur menyebutkan tanaman durian adalah salah satu jenis buah tropis asli Indonesia (Rukmana, 1996). Sebelumnya durian hanya tanaman liar dan terpencair-pencar di hutan raya "Malesia", yang sekarang ini meliputi daerah Malaysia, Sumatera dan Kalimantan. Para ahli menafsirkan, dari daerah asal tersebut durian menyebar hingga ke seluruh Indonesia, kemudian melalui Muangthai menyebar ke Birma, India dan Pakistan. Adanya penyebaran sampai sejauh itu karena pola kehidupan masyarakat saat itu tidak menetap. Hingga pada akhirnya para ahli menyebarluaskan tanaman durian ini kepada masyarakat yang sudah hidup secara menetap (Setiadi, 1999).

Buah durian berbentuk bulat, bulat panjang, atau variasi dari kedua bentuk itu. Buah yang sudah matang panjangnya sekitar 30-45 cm dengan lebar 20-25 cm, beratnya sebagian besar berkisar antara 1,5-2,5 kg. Setiap buah berisi 5 juring yang didalamnya terletak 1-5 biji yang diselimuti daging buah berwarna putih, krem, kuning, atau kuning tua. Besar kecilnya ukuran biji, rasa, tekstur dan ketebalan daging buah tergantung varietas (Untung, 2008).

Daging buah strukturnya tipis sampai tebal, berwarna putih, kuning atau kemerah-merahan atau juga merah tembaga. Buah durian berwarna hijau sampai

kecoklatan, tertutup oleh duri-duri yang berbentuk piramid lebar, tajam dan panjang 1 cm. Tiap pohon durian dapat menghasilkan buah antara 80-100 butir, bahkan hingga 200 buah, terutama pada pohon durian berumur tua (Rukmana, 1996).



Gambar 2.1. Kulit durian

Bagian dari kulit durian juga tidak mempunyai kekuatan yang sama, lapisan kulit luar dan dalam dari kulit durian mengurangi kekuatan dari material tersebut karena sifat lapisan tersebut yang rapuh sehingga matriks kurang merekat (Burmawi, 2008).

## 2.2 Bahan Komposit

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matrik dan *reinforcement*.

Pada 1893, Edward Drummond Libbey memajang sebuah pakaian di World Columbian Exposition menggunakan glass fiber dengan diameter

dan tekstur fiber sutra. Yang sekarang ini dikenal sebagai “fiberglass”, diciptakan pada 1938 oleh Russell Games Slayter dari Owens-Corning sebagai sebuah material yang digunakan sebagai insulasi. Dia dipasarkan dibawah merk dagang Fiberglas (sic), Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal dimana merupakan susunan dari paling tidak terdapat dua unsur yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat- sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya. Dalam prakteknya komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik – matrix) dan suatu jenis penguatan (reinforcement) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat (fibre, fiber).

Material suatu struktur dapat dikelompokkan dalam empat kategori dasar, yaitu : logam, *polymer*, keramik dan komposit. Komposit dapat didefinisikan sebagai rangkaian sistem material yang terdiri dari gabungan dua atau lebih unsur pokok makro yang berbeda bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Walaupun banyak material yang mempunyai dua atau lebih bahan dasar, material tersebut bukan disebut komposit jika kesatuan strukturnya dibentuk pada tingkat mikroskopik. Penggabungan material yang berbeda ini bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Komposit terbentuk dari matrik, penguat, dan *filler* sebagai pengisi matrik. Penggabungan ini dapat dilakukan secara fisis maupun secara kimiawi. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain : kekuatan, kekakuan, ketahanan lelah, ketahanan bending, ketahanan korosi, berat jenis,

pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi konduktivitas. Selain itu pembuatan komposit juga relatif mudah.

Sekarang, pada umumnya komposit yang dibuat manusia dapat dibagi kedalam tiga kelompok utama:

1. Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites – PMC)
2. Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites – MMC)
3. Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites – CMC)

Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites – PMC) – Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan disebut, Polimer Berpenguatan Serat (FRP – Fibre Reinforced Polymers or Plastics) – bahan ini menggunakan suatu polimer-berdasar resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya.

### **2.3 Pengertian Serat**

Serat -n Bio sel atau jaringan serupa benang atau pita panjang, berasal dari hewan atau tumbuhan (ulat, batang pisang, daun nanas, kulit kayu, dan sebagainya), digunakan untuk membuat kertas, tekstil, dan sikat; bekas serat yang sudah pernah digunakan dalam pembuatan kertas, termasuk serat yang berasal dari kertas bekas; gelas gelas yang dibuat menjadi serat halus dan lentur; kulit kayu serat dari kulit kayu; manila serat yang didapat dari batang pisang manila (*Musa textilia*), sifatnya agak kasar tetapi lunak, panjangnya mencapai 2—3 m, yg halus digunakan sebagai benang tenun, yang kasar untuk tali kapal, tikar, karpet, kertas (manila); nanas serat dari daun nanas; optik Fisik serat yang dibuat dari bahan khusus dengan cara khusus sehingga dapat menyalurkan cahaya dari ujung yang satu ke ujung lainnya walaupun serabut tersebut di belokkan; panjang

berbagai jenis serat yang diperoleh dari kayu lunak atau sumber serat panjang lainnya; pendek berbagai jenis serat yang diperoleh dari kayu daun; poliester serat dari bahan kimia yang dipakai sebagai bahan untuk membuat kain: industri poliester menyediakan bahan baku bagi pabrik tekstil; selulosa 1 segala macam serat yang tersisa setelah dipisahkan dari komponen yang bukan serat kayu; 2 bagian utama pohon atau tumbuhan yang digunakan untuk membuat kertas; sintetis serat hasil olahan manusia bukan dari alam; serat tiruan; serat buatan; sintil serat hasil olahan manusia bukan dari alam; serat tiruan ; serat buatan; tiruan serat sintetis.

Jenis jenis serat:

### **2.3.1 Serat alami**

Serat alami meliputi serat yang diproduksi oleh tumbuh-tumbuhan, hewan, dan proses geologis. Serat jenis ini bersifat dapat mengalami pelapukan. Serat alami dapat digolongkan ke dalam:

- 1) Serat tumbuhan/serat pangan; biasanya tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan kadang-kadang mengandung pula lignin. Contoh dari serat jenis ini yaitu katun dan kain ramie. Serat tumbuhan digunakan sebagai bahan pembuat kertas dan tekstil. Serat tumbuhan juga penting bagi nutrisi manusia.
- 2) Serat kayu, berasal dari tumbuhan berkayu Serat hewan, umumnya tersusun atas protein tertentu. Contoh dari serat hewan yang dimanfaatkan oleh manusia adalah serat laba-laba (sutra) dan bulu domba (wol).
- 3) Serat mineral, umumnya dibuat dari asbestos. Saat ini asbestos adalah satu-satunya mineral yang secara alami terdapat dalam bentuk serat panjang.

- 4) Serat sintetis atau serat buatan manusia umumnya berasal dari bahan petrokimia. Namun demikian, ada pula serat sintetis yang dibuat dari selulosa alami seperti rayon.
- 5) Serat mineral contohnya adalah serat kaca/Fiberglass, dibuat dari kuarsa, serat logam dapat dibuat dari logam yang duktil seperti tembaga,emas, atau perak.
- 6) Serat karbon (plastik diperkuat-grafit atau plastik diperkuat serat karbon carbon fiber reinforced plastic, CFRP atau CRP) adalah sebuah [material komposit](#) atau [plastik diperkuat fiber](#) yang kuat, ringan, tetapi mahal. Seperti [plastik diperkuat-gelas](#), yang seringkali disebut [fiberglass](#), material komposit umumnya ditunjuk oleh nama serat penguatnya ([carbon fiber](#)). Plastiknya seringkali adalah [epoxy](#), namun jenis lainnya, seperti [polyester](#) atau [vinylester](#) juga digunakan. Bahan ini memiliki banyak aplikasi dalam konstruksi pesawat, [otomotif](#), [kapal layar](#), dan terutama banyak dipakai untuk kontruksi rangka [sepeda](#) modern, di mana kekuatan dan berat yang ringan sangat penting. Plastik diperkuat telah menjadi umum dalam barang konsumen kecil seperti [laptop](#), [tripod](#), dan [gagang pancing](#).
- 7) Serat polimer adalah bagian dari serat sintetis. Serat jenis ini dibuat melalui proses kimia. Bahan yang umum digunakan untuk membuat serat polimer:polyamida nilon,PET atau PBT poliester, digunakan untuk membuat botol plastik,enol-formaldehid (PF)serat polivinyl alkohol (PVOH),serat polivinyl klorida (PVC),poliolefin (PP dan PE),polyethylene (PE),Elastomer, digunakan untuk membuat spandex,poliuretan.

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari

serat yang digunakan, karena teganganyang 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.Serat gelas banyak digunakan sebagai bahan penguat polimer. Keuntungan pemakaian serat gelas adalah disamping harganya murah, serat gelas mempunyai kekuatan tariknya tinggi serta tahan terhadap bahan kimia dan mempunyai sifat isolasi yang baik. Kekurangan serat gelas adalah modulus tariknya rendah, massa jenis relatif tinggi, sensitif terhadap gesekan, ketahanan fatik rendah, dan kekerasannya tinggi kepada serat,sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Serat gelas banyak digunakan sebagai bahan penguat polimer. Keuntungan pemakaian serat gelas adalah disamping harganya murah, serat gelas mempunyai kekuatan tariknya tinggi serta tahanterhadap bahan kimia dan mempunyai sifat isolasi yang baik. Kekurangan serat gelas adalah modulus tariknya rendah, massa jenis relatif tinggi, sensitif terhadap gesekan, ketahanan fatik rendah, dan kekerasannya tinggi.



Gambar 2.2. Serat fiber

## 2.4 Komposit *Sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan material yang tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari *flat composite* atau plat sebagai *skin* (lapisan permukaan) dan *core* pada bagian tengahnya. Banyak variasi definisi dari komposit *sandwich*, tetapi faktor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan, sehingga memperkecil berat jenis dari material tersebut serta kekakuan dari lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *sandwich* (Gupta, 2003).

### 2.4.1 *Skin*

*skin* adalah bagian terluar dari komposit *sandwich*, material atau bahannya dapat terbuat dari berbagai macam bahan yang dibentuk menjadi lembaran. Dalam struktur *sandwich* fungsi utama *skin* adalah sebagai pelindung bagian dalam struktur *sandwich* dari benturan atau gesekan dan juga untuk keperluan penampilan (*performance*) (Gibson,1994). Berbagai jenis material dapat digunakan sebagai *skin*. Lembaran plat logam seperti aluminium, baja, titanium dan *polymer* diperkuat oleh serat merupakan beberapa contoh umum material yang biasa digunakan sebagai *skin*.

Pemilihan jenis *skin* menjadi sangat penting dilihat dari sudut pandang dimana lingkungan kerja komponen tersebut akan digunakan. Korosi, karakteristik transfer panas, daya serap uap air (*moisture*) dan sifat-sifat yang lainnya dapat dikontrol dengan melakukan pemilihan material *skin* yang tepat (Gibson,1994).

Sifat-sifat yang harus ada pada *skin* diantaranya :

1. Kekakuan yang baik, namun memberikan kelenturan juga.

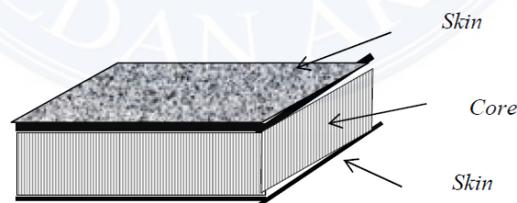
2. Kekuatan desak dan tarik yang baik.
3. *Impact resistance*.
4. *Surface finish*.
5. Tahan terhadap lingkungan (kimia, ultraviolet, panas dan lain-lain).

### 2.3.1 Core

Berdasarkan persyaratan performanya, banyak sekali material yang biasa 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 struktur *sandwich*, mulai dari kayu, *polyurethane* (PU), *poly vinyl chlorida* (PVC), struktur *honeycomb*, dan lain sebagainya (Gibson,1994).



Gambar 2.3. Penampang komposit *sandwich* (Istanto, 2007)

Jika digunakan bahan perekat untuk menggabungkan *skin* dan *core*, maka lapisan bahan perekat dapat dipertimbangkan sebagai komponen tambahan dalam material tersebut. Ketebalan lapisan perekat dapat diabaikan karena jauh lebih

kecil dari ketebalan *skin* maupun *core*. Karakteristik komposit *sandwich* tergantung pada sifat dari *core* dan *skin*, ketebalan relatif keduanya, serta karakteristik *interfacial* antara *core* dan *skin* (Gupta, 2003).

## **2.5 Serat Gelas**

Serat gelas banyak digunakan sebagai bahan penguat polimer dan komposit. Keuntungan pemakaian serat gelas adalah harganya murah, kekuatan tarik tinggi, tahan terhadap bahan kimia dan mempunyai sifat isolasi yang baik. Sedangkan kekurangan serat gelas adalah modulus tariknya rendah, massa jenis relatif tinggi dan sensitif terhadap gesekan (Gibson,1994).

Jenis-jenis serat gelas

### **2.5.1 E-Glass**

Serat *E-Glass* adalah salah jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini memiliki kemampuan bentuk yang baik. Serat e-glass adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik.

Kelebihan – kelebihan fiberglass jenis E-Glass sebagai berikut:

1. Harga murah
2. Produksi tinggi
3. Kekuatan tinggi
4. Kekakuan tinggi
5. Densitas relatif rendah
6. Tidak mudah terbakar
7. Tahan terhadap panas
8. Tahan terhadap bahan kimia

## 9. Relatif tidak peka terhadap kelembaban

Sebagai isolator yang baik Kekurangan – kekurangan fiberglass jenis E-Glass sebagai berikut:

Modulus rendah. Dapat terjadi self abrasiveness jika tidak dilakukan perawatan yang tepat. Ketahanan fatik relatif rendah. Densitas lebih tinggi dibanding dengan serat karbon dan organic fiber

Kekurangan *E-Glass* adalah :

- modulus tariknya rendah
- densitasnya lebih tinggi dibanding serat karbon dan serat organik

### 2.5.2 S-Glass

Serat *S-Glass* adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan dan modulus elastisitas yang tinggi, juga tahan terhadap temperatur yang tinggi. Pada dasarnya serat jenis ini memiliki karakteristik yang hampir sama dengan *EGlass*, namun memiliki kemampuan mekanik yang lebih baik dari *E-Glass*. Serat *S-Glass* harganya relatif lebih mahal dari *E-Glass*.

### 2.5.3 C-Glass

*C-Glass* adalah jenis serat yang memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan korosif yang tinggi. Namun memiliki kekuatan yang lebih rendah dari *EGlass*. Harganya pun lebih mahal dari *E-Glass*.

### 2.5.4 Epoxy

Bahan *epoxy* adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok *thermoset*. Bahan *epoxy* memiliki sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan kuat sekali. *Epoxy* sangat baik digunakan sebagai bahan matrik pada pembuatan komposit (Gibson,1994).

Secara umum *epoxy* memiliki karakteristik :

- 1) Mempunyai kemampuan mengikat paduan metalik yang baik.

Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil yang memiliki kemampuan membentuk ikatan *hydrogen*. Gugus hidroksil ini dimiliki oleh oksida metal, di mana pada kondisi normal menyebar pada permukaan metal. Keadaan ini menunjang terjadinya ikatan antara atom pada *epoxy* dengan atom yang berada pada permukaan material metal.

- 2) Ketangguhan

Kegunaan *epoxy* adalah sebagai bahan matrik, dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh.

## **2.6 Polyester Resin BQTN 157-EX**

*Polyester* resin BQTN 157-EX merupakan material polimer *kondensat* yang dibentuk berdasarkan reaksi antara kelompok *polyol*, yang merupakan organik gabungan dengan alkohol *multiple* atau gugus fungsi hidroksi, dan *polycarboxylic* yang mengandung ikatan ganda. Tipikal jenis *polyol* yang digunakan adalah *glycol*, seperti *ethylene glycol*. Sementara asam *polycarboxylic* yang digunakan adalah asam *phthalic* dan asam *maleic*.

*Polyester* resin adalah jenis polimer *thermoset* yang memiliki struktur rantai karbon yang panjang. Matriks jenis ini memiliki sifat dapat mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis tanpa pemberian tekanan ketika proses pembentukannya.

Struktur material yang dihasilkan berbentuk *crosslink* dengan keunggulan pada daya tahan yang lebih baik terhadap jenis pembebanan statik dan impak. Hal ini disebabkan molekul yang dimiliki material ini ialah dalam bentuk rantai

molekul raksasa atom-atom karbon yang saling berhubungan satu dengan lainnya. Dengan demikian struktur molekulnya menghasilkan efek peredaman yang cukup baik terhadap beban yang diberikandata mekanik material matriks diperlihatkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Karakteristik mekanik *polyester* resin tak jenuh.

Sifat mekanik	Satuan	Besaran
Berat Jenis ( $\rho$ )	Mg.m <sup>-3</sup>	1,2 s/d 1,5
Modulus Young ( E)	GPa.	2 s/d 4,5
Kekuatan Tarik ( $\sigma_T$ )	(MPa)	40 s/d 90

Umumnya bahan ini digunakan dalam proses pembentukan dengan cara penuangan antara lain perbaikan *body* kendaraan bermotor, pengisi kayu dan sebagai bahan perekat. Bahan ini memiliki sifat perekat dan tahan aus yang baik, dan dapat digunakan untuk memperbaiki dan mengikat secara bersama beberapa jenis bahan yang berbeda. Bahan ini memiliki umur pakai yang panjang, kestabilan terhadap sinar *Ultraviolet* (UV), dan daya tahan yang baik terhadap serapan air. Kekuatan bahan ini diperoleh ketika dicetak kedalam bentuk komposit, dimana bahan-bahan penguat, seperti serat kaca, karbon dan lain-lain, akan meningkatkan sifat mekanik bahan tersebut sementara ketika dalam keadaan tunggal bahan ini bersifat rapuh dan kaku [7].

## 2.7 Teknik Pembuatan Material Komposit Polimer

Teknik pembuatan material komposit pada umumnya tidak melibatkan penggunaan suhu dan tekanan yang tinggi. Hal ini disebabkan material ini mudah menjadi lembut atau melebur. Proses pencampuran penguat kedalam matriks

dilakukan ketika matriks dalam keadaan cair. Penggabungan material matriks dan penguat dilakukan dengan proses pengadukan. Proses pengadukan ini dilakukan dengan selang waktu tertentu sebelum terjadi pengerasan material komposit. Ada beberapa metode pembuatan material komposit diantaranya adalah:

1. Metode penuangan secara langsung. Pada metode penuangan secara langsung dilakukan dengan cara melekatkan atau menyentuhkan material-material penyusun pada cetakan terbuka dan dengan perlahan-lahan diratakan dengan menggunakan roda perata atau dengan pemberian tekanan dari luar. metode ini cocok untuk jenis serat kontinyu.
2. Metode pemampatan atau tekanan. Pada metode pemampatan atau dengan menggunakan tekanan ini menggunakan prinsip ekstrusi dengan pemberian tekanan pada material bakunya yang dialirkan kedalam cetakan tertutup. Metode ini umumnya berupa injeksi, mampatan atau semprotan. Material yang cocok untuk jenis ini adalah penguat partikel.

Metode pemberian tekanan dan panas. Metode selanjutnya adalah metode pemberian panas dan tekanan, dimana metode ini menggunakan tekanan dengan pemberian panas awal yang bertujuan untuk memudahkan material komposit mengisi pada bagian-bagian yang sulit terjangkau atau ukuran yang sangat kecil.

## 2.8 Perhitungan komposit

Persamaan untuk menentukan kekuatan komposit adalah sebagai berikut :

$$A_c = A_f I_f + A_m I_m \quad (2.1)$$

Di mana

$A_c$  = kekuatan komposit (MPa),

$A_f$  = kekuatan serat (MPa),

$I_f$  = fraksi volum serat,

$A_m$  = kekuatan matrik (MPa),

$I_m$  = fraksi volum matrik (Gibson,1994).

Nilai modulus elastisitas dan poisson rasionya dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_1 = E_f I_f + E_m I_m \quad (2.2)$$

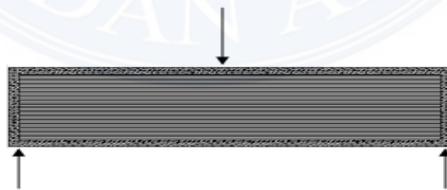
$$\mu_{12} = \mu_f I_f + \mu_m I_m \quad (2.3)$$

Di mana  $E_1$  : modulus elastisitas arah E1 (MPa),  $\mu_{12}$  : poisson rasio arah 1-2.

## 2.9 Kekuatan Mekanis

### 2.9.1 Kekuatan Bending

Kekuatan *bending* adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material, dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material tersebut (Istanto, 2007).

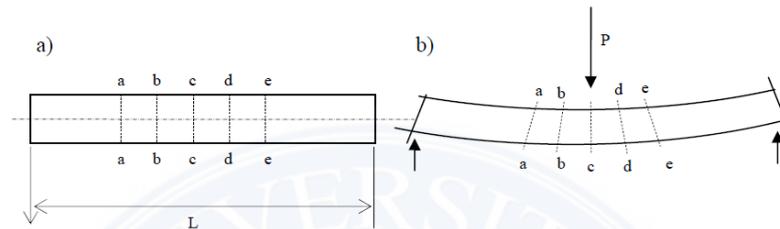


Gambar 2.4. Pengujian *Three point bending* panel komposit *sandwich* (Istanto, 2007)

Akibat pengujian *bending*, pada bagian atas spesimen akan mengalami tekanan, dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi daripada tegangan tariknya. Kegagalan yang

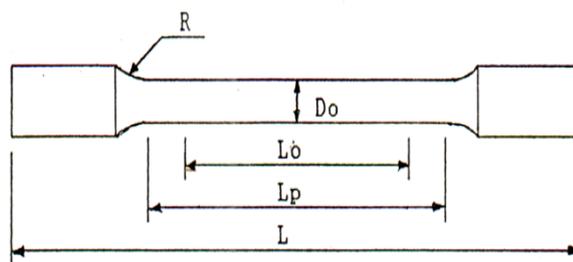
terjadi akibat pengujian *bending*, komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima (Istanto, 2007).

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



Gambar 2.5. Defleksi pada balok *sandwich* (Istanto, 2007)

Dari gambar 2.4b di atas dapat kita lihat 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 (Istanto, 2007).



Gambar 2.6. specimen uji tarik

### **2.9.2 Modulus elastisitas**

Titik  $p_l$  pada gambar 2.4 menunjukkan batas “proporsional” dimana dibawah titik itu tegangan sebanding dengan regangan.  $E$  adalah kemiringan kurva tegangan-regangan sampai batas proporsional dan disebut sebagai Modulus Elastisitas material atau Modulus Young.  $E$  adalah merupakan ukuran kekakuan material pada batas elastisnya.

### **2.9.3 Batas elastis (elastic limit)**

Titik  $e_l$  pada gambar 2.4a adalah batas elastis, atau titik dimana bila batas ini terlewati, material akan mengalami perubahan permanen atau deformasi plastis. Batas elastis ini juga merupakan tanda batas daerah perilaku elastis dengan daerah perilaku plastis.

### **2.9.4 Kekuatan luluh (Yield Strength)**

Pada titik  $y$ , material mulai mengalami luluh dan laju deformasinya meningkat. Titik ini disebut titik luluh (yield point) dan nilai tegangan pada titik ini didefinisikan sebagai kekuatan luluh material ( $S_y$ ). Untuk material yang tidak mempunyai titik luluh yang jelas, kekuatan tariknya harus didefinisikan dengan menggunakan garis offset. Garis offset ini digambar paralel dengan kurva elastis dan di-offset sejauh 0,2% dari regangan total pada sumbu regangan.

### **2.9.5 Keuletan dan kegetasan**

Keuletan (ductility) adalah sifat material yang didefinisikan sebagai kecenderungan material untuk mengalami deformasi secara signifikan sebelum patah. Adapun ukuran keuletan suatu material diukur dengan menggunakan

persen perpanjangan sebelum patah atau persen pengurangan luas sebelum patah. Material dengan perpanjangan lebih dari 5% pada saat patah dianggap sebagai material ulet. Kegetasan adalah sifat material yang didefinisikan sebagai ukuran tidak adanya deformasi sebelum patah.

### 2.9.6 Tegangan(stress) dan Regangan(strain)

Tegangan ( $\sigma$ ) merupakan intensitas gaya persatuan luas. Secara matematis ditulis :

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ ( N/m}^2\text{)} \quad (2.4)$$

Dimana :

F = Beban yang diberikan tegak lurus terhadap penampang spesimen (N)

A=Luas penampang (m<sup>2</sup>)

Pertambahan panjang suatu bahan setelah mengalami uji tarik disebut elongation(regangan). Nilai keuletan suatu bahan biasa ditunjukkan dari harga elongation ini. Apabila harga elongation besar maka bahan tersebut dikatakan ulet (ductility). Keuletan (ductility) adalah kemampuan logam untuk berdeformasi plastis sebelum putus. Panjang mula – mula di ukur pada dua batas bagian tengah sampel uji tarik dan panjang akhir sampel di ukur pada batas yang sama setelah kedua bagian yang putus disatukan kembali. Regangan ( $\epsilon$ ) merupakan deformasi (perubahan bentuk) akibat tegangan yang bekerja. Secara matematis ditulis :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.5)$$

Dimana  $\Delta l$  = perpanjangan (pertambahan panjang),

$l_0$  = panjang awal sebelum beban diberikan (Tipler, 1998).

### 2.9.7 Elastisitas

Elastisitas adalah kemampuan sebuah benda untuk kembali ke bentuk awalnya ketika gaya luar yang diberikan pada benda tersebut dihilangkan. Modulus elastisitas ( $E$ ) sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan regangan. Secara matematis ditulis :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.6)$$

### 2.9.8 Uji Berat Jenis

Uji berat jenis dilakukan sebelum pengujian penyerapan air dan uji pembengkakan komposit. Berat jenis Komposit *laminat* diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.7)$$

Dimana :

$\rho$  = berat jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$m$  = massa benda(Kg)

$v$  = volume benda( $\text{m}^3$ )

### 2.10 Hukum Hooke's

Persamaan umum hukum Hooke's dapat ditulis sebagai berikut :

$$\{\sigma\} = [D] + \{\varepsilon\} \quad (2.8)$$

Dimana  $[D]$  adalah matriks sifat bahan,  $E$  adalah modulus elastisitas,  $\mu$  adalah Poisson's ratio.

## 2.11 Perekat

Dalam pembuatan papan partikel, pemilihan jenis dan banyaknya perekat yang dibutuhkan sangat penting untuk diperhatikan. Emisi *formaldehida* merupakan emisi yang paling banyak disumbangkan oleh perekat sintetis berbasis *formaldehida*. Badan Internasional untuk Penelitian Kanker telah menyimpulkan bahwa *formaldehida* terbukti mengakibatkan kanker saluran pernapasan pada manusia (Nurkertamanda dkk, 2011). Karena emisi yang ditimbulkan inilah mulai dikembangkan kembali penggunaan perekat alami yang lebih ramah lingkungan dan bersifat *sustainable* (berkelanjutan). Penggunaan perekat alami yang dapat dipakai salah satunya adalah dengan memanfaatkan limbah dari buah durian yaitu berupa biji durian. Pati biji durian memiliki kandungan pati yang terdiri dari amilosa dan amilopektin. Kandungan amilosa pati biji durian sekitar 26,607% (Jufri dkk, 2006). Kandungan amilosa mempengaruhi kekentalan gel yang terbentuk. Semakin rendah kandungan amilosa, maka kekentalan gel semakin besar (Soebagio dkk, 2009). Amilosa memberikan sifat keras dan berperan dalam pembentukan gel sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket (Greenwood dan Banks, 1975). Dari penjelasan ini dapat diketahui bahwa pati biji durian memiliki sifat sebagai perekat.

Dari limbah durian, selain biji durian yang dimanfaatkan sebagai bahan perekat, kulit durian juga bisa digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan papan partikel karena memiliki kandungan lignoselulosa sehingga dapat menggantikan produk panel berbahan baku kayu. Tanaman durian (*Durio zibethinus* Murr.), merupakan salah satu jenis buah- buahan yang terdapat dan

berasal dari Indonesia yang produksinya melimpah. Produksi buah durian di Indonesia merupakan salah satu potensi unggulan.

### 2.11.1 Pengertian Perekat

Perekat (*adhesive*) adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan (Forest Product Society, 1999 dalam Marcelila 2012). Berdasarkan unsur kimia utama, Blomquist *et al.* (1983) dalam Marcelila (2012) membagi perekat menjadi dua kategori yaitu :

#### 1. Perekat alami

- a. Berasal dari tumbuhan, seperti pati, *dextrins* (turunan pati) dan getah tumbuh-tumbuhan
- b. Berasal dari protein, seperti kulit, tulang, urat daging, albumin, darah, susu dan *soybean meal* (termasuk kacang tanah dan protein nabati seperti biji-bijian pohon dan biji durian).
- c. Berasal dari material lain, seperti aspal, *shellac* (lak), karet, sodium silikat, magnesium oksiklorida dan bahan anorganiknya.

#### 2. Perekat sintesis

- a. Perekat thermoplastis yaitu resin yang akan kembali menjadi lunak ketika dipanaskan dan mengeras kembali ketika didinginkan. Contohnya polivinil alkohol (PVA), polivinil asetat (PVAc), kopolimer, ester dan eter selulosa, poliamida, polistirena, polivinil butiral dan polivinil formal.
- b. Perekat thermoset yaitu resin yang mengalami atau telah mengalami reaksi kimia dari pemanasan, katalis, sinar ultraviolet, dan tidak dapat kembali ke bentuk semula. Contohnya urea, melamin, phenol, resorsinol, furfural, alkohol, epoksi, poliurethan, poliester tidak jenuh. Urea, melamin, phenol,

dan resorsinol akan menjadi perekat setelah direaksikan dengan formaldehida (HCHO).

- c. *Synthetic elastomers* adalah perekat yang pada suhu kamar bisa diregangkan seperti neoprena, nitril dan polisulfida.
- d. BQTN-EX dan katalis MEKPO

