

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

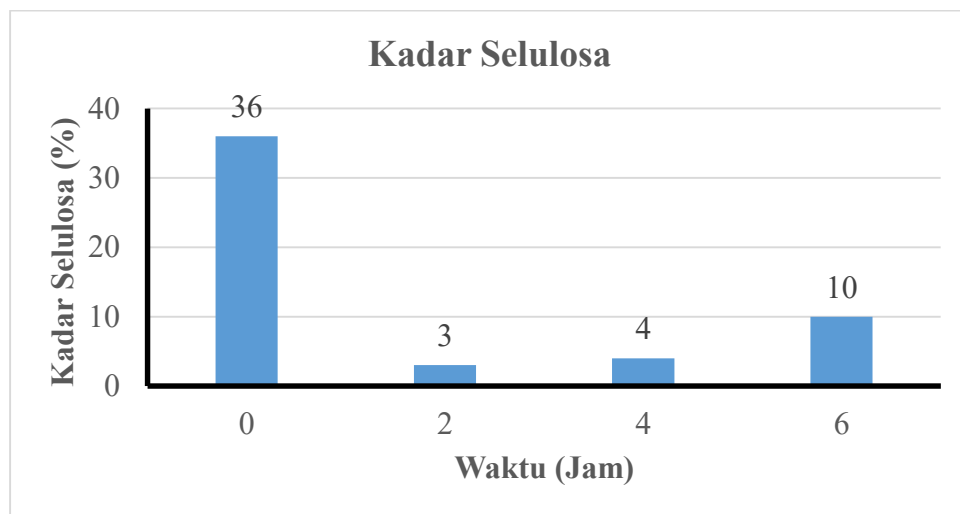
2.1. Dasar Teori

Teknologi material berkembang begitu pesat khususnya komposit polimer sejak tahun 1960-1970. Hal ini seiring dengan meningkatnya perkembangan teknologi plastik. Berbagai inovasi terus dikembangkan agar komposit memiliki kekuatan mekanis yang lebih baik bahkan tahan terhadap api. Untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari suatu komposit tersebut banyak peneliti menggunakan berbagai variasi dalam penelitian diantaranya adalah variasi panjang serat, variasi jenis serat, variasi waktu perendaman alkali, variasi jenis matrik yang digunakan, variasi fraksi volume dan variasi-variasi lainnya.

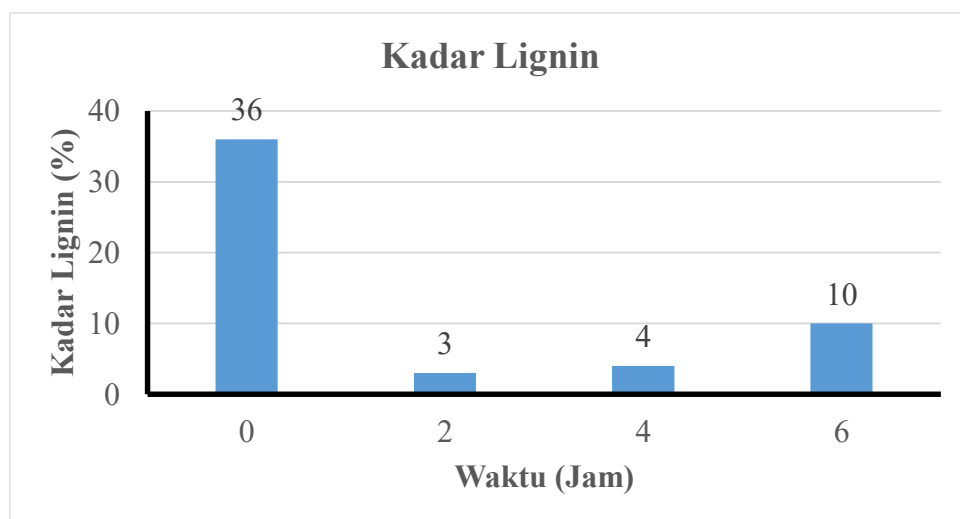
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mahmuda *et al.*, (2013) tentang pengaruh variasi panjang serat diperoleh bahwa serat yang ukurannya panjang memiliki kekuatan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan serat pendek. Hal ini dikarenakan semakin panjang suatu serat didalam komposit, maka permukaan serat yang menanggung beban akan lebih besar dan apabila semakin pendek suatu serat, maka permukaan serat yang menanggung beban akan lebih kecil. Namun alasan dilakukan pemakaian serat pendek adalah agar pengolahannya lebih mudah, lebih cepat, mudah didapat dan produksi lebih murah.

Pada jenis serat, serat yang mempunyai kadar selulosa yang lebih besar dan memiliki kadar lignin yang lebih kecil akan lebih dapat meningkatkan performa dari suatu komposit. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan mengenai serat TKKS dan serat ampas tebu adalah kedua serat ini mempunyai kadar selulosa yang tinggi dan memiliki kadar lignin yang kecil. Oleh karena itu kedua serat ini cocok menjadi penguat dalam pembuatan komposit [5].

Untuk waktu perendaman alkali, komposit mempunyai kekuatan tarik terbaik pada perlakuan 5% NaOH yang direndam selama 2 jam. Hal ini karena perendaman serat dengan konsentrasi 5% alkali jenis NaOH selama 2 jam dapat meningkatkan kandungan selulosa dan mengurangi kandungan lignin pada suatu serat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gultom *et al.*, (2014), kadar selulosa tertinggi dan kadar lignin terendah yang didapatkan pada perendaman suatu serat adalah pada pemberian 5% alkali jenis NaOH selama 2 jam. Berikut adalah grafik yang menggambarkan perlakuan alkali terhadap kadar selulosa dan lignin.



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Kadar Selulosa Dengan [6]



Gambar 2.2 Grafik Hubungan Kadar Lignin Dengan [6]

Berdasarkan jumlah fraksi volume, pembagian komposisi yang diinginkan untuk membuat material komposit dengan fraksi volume terbaik adalah pada persentase 20-40% [7]. Apabila fraksi volume diatas 50% sifat mekanis dari suatu komposit akan menurun. Hal ini dikarenakan fraksi volume yang terlalu tinggi dapat menambah rongga pada material komposit. Rongga yang terlalu banyak akan mengakibatkan menurunnya kekuatan mekanis dari suatu komposit [8].

Berdasarkan variasi matrik yang digunakan, polimer *thermosetting* adalah jenis matrik yang sering dipakai untuk pembuatan material komposit. Jenis polimer *thermosetting* yang banyak digunakan dalam penelitian adalah resin *polyester* dan resin *epoxy*. Matrik dari resin *polyester* memiliki kekuatan mekanis yang cukup baik, resistansi terhadap bahan kimia serta memiliki harga yang relatif murah. Namun kekurangan dari resin *polyester* adalah ketahanan panas yang kurang kuat. Sedangkan resin *epoxy* mempunyai keunggulan dalam kekuatan yang lebih tinggi dan penyusutan yang relatif kecil setelah proses curing. Walaupun memiliki keunggulan yang lebih dibandingkan resin *polyester*, resin *epoxy* memiliki harga yang sedikit lebih mahal.

2.1.1. Komposit

Komposit merupakan suatu material baru yang terbuat dari gabungan beberapa bahan yang berbeda secara *makroskopis* [10]. Komposit berasal dari kata *to compose* yang artinya mencampur [10]. Pencampuran yang dimaksud adalah pencampuran bahan-bahan yang tidak boleh larut dalam bahan komposit, sehingga sifat fisisnya masih dapat dibedakan. Adapun tujuan dilakukannya pencampuran agar material komposit dapat memberikan keuntungan secara mekanis.

Komposit terdiri dari penguat (*reinforcement*) dan matrik. Penguat komposit bisa berasal dari serat alam ataupun serat sintetis. Berdasarkan penguat yang digunakannya komposit dapat dibedakan menjadi 4 jenis yaitu [11] :

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat)

Komposit ini terdiri dari satu lapisan penguat berupa serat/*fiber*. Pada pembuatan komposit, orientasi serat sangat mempengaruhi dan menentukan sifat mekanis. Penyusunan seratterbagi menjadi tiga jenis yaitu *Unidirectional*, *Bidirectional* dan *Pseudoisotropic*. Adapun jenis penyusunan serat dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



(a) *Unidirectional* (b) *Bidirectional* (c) *Pseudoisotropic*

Gambar 2.3 Penyusunan (Rindawan, 2016).

a. *Unidirectional*

Unidirectional adalah serat yang disusun searah dan paralel, sehingga didapatkan kekuatan yang maksimal pada arah dari serat tersebut. Sedangkan kekuatan paling lemahnya terjadi pada sudut 90° .

b. *Bidirectional*

Bidirectional adalah serat yang disusun secara tegak lurus. Adapun kekuatan tertinggi dari susunan serat ini adalah pada sudut 90° dan 0° . Sedangkan kekuatan paling lemah terdapat pada sudut 45° .

c. *Pseudoisotropic*

Pseudoisotropic adalah penyusunan serat secara acak yang bertujuan agar kekuatan serat pada setiap titik pengujian memiliki kekuatan yang sepadan.

2. *Laminated Composites* (komposit lapisan)

Komposit jenis ini terdiri dari dua lapisan penguat yang digabung dalam sebuah komposit dan masing-masing lapisannya memiliki sifat karakteristik tersendiri.

3. *Particulate Composites* (Komposit partikel)

Komposit jenis ini terdiri dari partikel atau serbuk sebagai penguatnya yang tersusun secara merata dan diikat oleh matriks.

4. *Combination Composites* (Komposit kombinasi)

Jenis komposit ini merupakan gabubungan dari jenis *Laminated Composites*, *Particulate Composites* dan *Combination Composites*.

Bahan dalam pembuatan komposit selanjutnya yaitu matrik. Matrik merupakan bahan utama dalam pembuatan material komposit yang nantinya akan dinaikkan kekuatan mekanisnya oleh bahan penguat (*reinforcement*). Pada pengalipkasian pembuatan komposit, matrik yang sering digunakan adalah matrik dari bahan polimer. Matrik jenis polimer dibedakan menjadi dua yaitu polimer *thermoplastic* dan polimer *thermosetting*.

1. Polimer *Thermoplastic*

Polimer *thermoplastic* adalah polimer yang jika dikenai suhu tinggi akan melunak atau meleleh. Beberapa jenis polimer *thermoplastic* diantaranya ialah *Polyethylene*, *Polystyrene* dan PMMI, *Nylon*, *Polyester* (PET, PBT), *Polycarbonat*, *Polyamide imide*, *Polypheny Sulfide (PPS)*, *Polyarysulfone* dan *Polytherer Katone* (PEEK).

2. Polimer *Thermosetting*

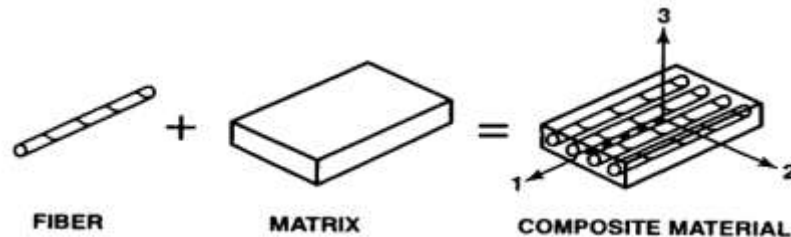
Polimer *thermosetting* adalah jenis polimer yang jika dikenai panas tidak akan meleleh dan hanya akan rusak karena umur polimer itu sendiri. Contoh polimer *thermosetting* diantaranya ialah Resin *Epoxy*, Resin *Polyester*, *Phenolic*, *Polymide* dan *Vinyl Ester*.

Adapun resin yang digunakan pada penelitian ini adalah resin *polyester*. Resin *polyester* yang digunakan pada penelitian ini adalah resin *polyester Yukalac C-108B* dengan sifat mekanik yang dijabarkan pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Sifat mekanik Resin *Polyester Yukalac C-108B*[13]

Jenis Resin	Densitas (g/cm ³)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Kekuatan Bending (MPa)
<i>Polyester Yukalac C- 108B</i>	1,12	33	1	45

Gambar 2.3 merupakan ilustrasi penggabungan bahan pembuatan komposit yang dapat dilihat dibawah ini.

**Gambar 2.4** Gabungan Bahan Pembuatan [14]

Berdasarkan cara pembuatan komposit, terdapat 2 metode yang digunakan yaitu [15] :

1. Proses cetakan terbuka (*open mold casting*)

Pada cetakan terbuka terdapat 3 metode yaitu *hand lay-up*, *spray lay-up* dan *filament winding*.

2. Proses cetakan tertutup (*closed mold casting*)

Pada cetakan tertutup terdapat 4 metode yaitu *vacuum infusion processing*, *pultrusion*, *resin transfer moulding (RTM)*, *vacuum bag moulding* dan *compression moulding*.

Pada penelitian yang akan dilakukan ini menggunakan metode *compression moulding*. Mekanisme pembuatan material komposit pada *compression moulding* adalah menggunakan cetakan tertutup. Dimana bahan

penyusun komposit disusun didalam cetakan yang kemudian akan diberikan tekanan menggunakan alat press.

Pada pembuatan sebuah komposit, jumlah kandungan serat sangat berpengaruh pada kekuatan mekanis dari suatu komposit. Terkadang penggunaan serat yang banyak tidak selalu membuat material komposit menjadi lebih baik dari pada penggunaan serat yang sedikit. Untuk itu diperlukannya komposisi serat yang berkualitas baik agar sifat mekanis dari suatu komposit menjadi lebih maksimal.

Dalam menghitung fraksi volume pada pembuatan komposit dapat digunakan persamaan dibawah ini [16].

$$V_f = V_{serat} \% \times V_{cetak} \times \rho_f \quad (1)$$

$$M_f = \rho_f \times V_f \quad (2)$$

$$V_m = V_m \% \times V_{cetak} \times \rho_m \quad (3)$$

$$V_{katalis} = \frac{1}{100} \times V_m \quad (4)$$

Keterangan:

V_f = Volume serat (cm ³)	ρ_f = Densitas serat (gr/cm ³)
$V_{Serat} \%$ = Volume serat (%)	V_m = Fraksi volume matrik (cm ³)
V_{ctk} = Volume cetakan (cm ³)	$V_m \%$ = Fraksi volume matrik (%)
M_f = Massa serat (gr)	$V_{katalis}$ = Volume katalis (cm ³)

2.1.2. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tumbuhan kelapa sawit adalah salah satu tumbuhan dengan produktivitas terbesar di Indonesia [17]. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkebunan, produksi tumbuhan dengan nama latin *Elaeisguineensis* ini pada tahun 2020 adalah sebesar 49.117.260 ton. Dalam 1 ton produksi kelapa sawit, limbah yang dihasilkan berupa tandan kosong adalah sebanyak 23% atau 230 kg. Saat ini limbah tandan kosong hanya dijadikan sebagai pupuk organik yang bernilai ekonomi rendah. Padahal kandungan yang terdapat pada

tumbuhan ini sangat cocok dijadikan sebagai bahan penguat pada pembuatan komposit [18]. Kandungan utama TKKS terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin dan kadar abu. Berikut adalah jumlah persentase kandungan dari serat TKKS yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan Serat TKKS [19]

Selulosa	44,21 %
Hemiselulosa	16,68 %
Lignin	35,51 %
Kadar abu	0,26 %

Menurut Mahmuda *et al.*, (2013), kandungan selulosa yang tinggi dan lignin yang rendah pada serat alam mempengaruhi sifat mekanis dari suatu komposit. Sehingga kadar selulosa yang tinggi pada TKKS dapat membuat sifat mekanik pada komposit menjadi lebih baik dan membuatnya sesuai untuk aplikasi komposit [20].

2.1.3. Serat Ampas Tebu

Ampas tebu adalah limbah organik yang dihasilkan oleh hasil pemerasan air tebu yang dijadikan sebagai bahan pembuatan gula tebu di Indonesia [21]. Selain pada pabrik-pabrik pengolahan gula tebu, limbah tebu banyak dijumpai di pedagang-pedagang yang menjual minuman berupa es tebu. Selama ini pemanfaatan limbah ampas tebu hanya dijadikan sebagai bahan bakar boiler, partikel board, pupuk organik, pakan ternak dan pemanfaatan lain yang bernilai ekonomi rendah.

Pemanfaatan limbah ampas tebu sebagai penguat dalam pembuatan komposit tentunya akan menjadikan limbah ini menjadi memiliki nilai yang lebih tinggi. Berdasarkan penelitian-penelitian tentang komposit, ampas tebu sangat cocok dijadikan sebagai alternatif sebagai penguat dalam pembuatan komposit karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Kandungan serat ampas tebu dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Kandungan serat ampas tebu [22]

Selulosa	26-43 %
Hemiselulosa	17-23 %
Pentosan	20-33 %
Lignin	13-22 %

2.1.4. Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan supaya memperoleh kerapatan massa dari spesimen yang diuji. Standar spesimen pada pengujian densitas mengacu pada ASTM C271. Perhitungan densitas dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5)$$

Keterangan:

ρ = Rapat massa (gr/cm³)

m = Massa benda (gr)

v = Volume benda (cm³)

2.1.5. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan material dengan cara menarik material dengan dua gaya berlawanan (beban gaya yang sesumbu) [23]. Prinsip kerja uji tarik adalah dengan memberikan gaya tarik pada spesimen sampai benda uji mengalami kegagalan (*failure*) dan pembuatan sampel mengacu pada ASTM D3039. Hasil pengujian tarik ini merupakan nilai kekuatan tarik dan grafik beban terhadap elongasi. Nilai uji tarik di hitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (6)$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (N/m²)

F = Beban (N)

A = Luas penampang (m²)

Sedangkan perpanjangan (elongasi) dirumuskan dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (7)$$

Keterangan:

ε = elongasi

l_0 = panjang mula-mula (m)

Δl = pertambahan panjang (m)

Dan untuk mencari kekakuan (Modulus Young) dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (8)$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (N/m²)

ε = elongasi

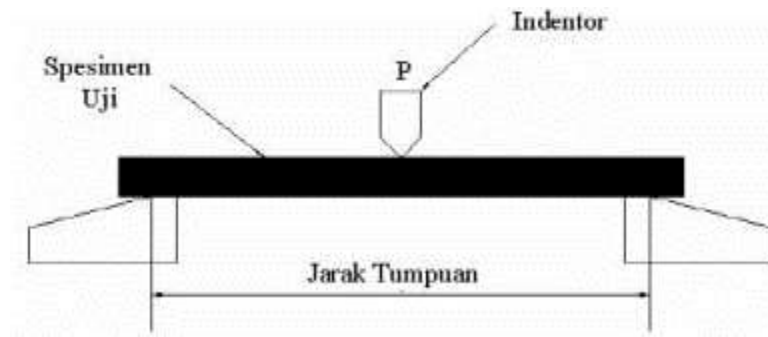
2.1.6. Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui kekuatan deformasi dari suatu material. Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material pengujian bending dilakukan dengan cara penekanan dengan gaya dari luar secara bertahap pada material sampai terjadi kegagalan (*failure*). Kekuatan yang dibutuhkan untuk menekan material komposit lebih besar dibandingkan dengan kekuatan yang dibutuhkan pada saat pengujian tarik.

Pengujian bending dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu:

A. Metode *Bending Three Point*

Pada metode *bending three point*, spesimen pengujian dikenai beban pada bagian tengah batang (1/2 L). Kekuatan lentur pada sisi bagian atas spesimen sama dengan kekuatan lentur pada sisi bagian bawah spesimen. Berikut ini adalah ilustrasi pengujian bending yang dilakukan dengan metode *bending three point*.



Gambar 2.5 Ilustrasi Pengujian *Bending Three Point* [24]

Perhitungan kekuatan bending dengan menggunakan metode *bending three point* dirumuskan sebagai berikut:

Rumus untuk mencari momen bending

$$Mb = \frac{F L}{2} \quad (9)$$

$$Mb = \frac{1}{4} F \cdot L \quad (10)$$

Rumus untuk mencari kekuatan bending

$$\sigma_b = \frac{M \cdot Y}{I} \quad (11)$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{4} F \cdot L \cdot \frac{1}{2} d}{\frac{1}{12} b d^2} \quad (12)$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{8} F \cdot L \cdot d}{\frac{1}{12} b d^3} \quad (13)$$

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (14)$$

Keterangan:

σ_b = Tegangan Lentur (MPa)

M = Momen bending (Nmm)

F = Beban (N)

Y = Jarak dari titik pusat (mm)

L = Panjang Spesimen (mm)

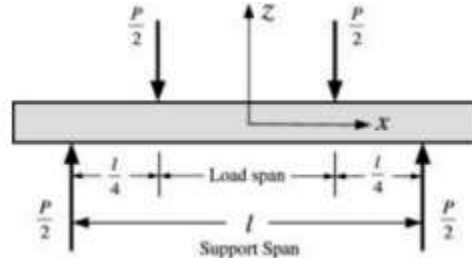
I = Momen inersia (Nmm)

b = Lebar Spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

B. Metode *Four Point Bending*

Pada metode *four-point bending*, spesimen yang akan dikenai beban terjadi pada 2 titik yaitu pada $1/3 L$ dan $2/3 L$. Adapun ilustrasi dari *four-point bending* adalah sebagai berikut.



Gambar 2.6 Ilustrasi *Four Point Bending* [23]

Adapun perhitungan kekuatan bending yang dilakukan dengan metode *four-point* dapat dirumuskan sebagai berikut:

Untuk mencari tegangan lentur dengan persamaan:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{4bd^2} \quad (15)$$

Untuk mencari modulus elastisitas lentur menggunakan rumus:

$$E_f = \frac{L^3}{4bd^3} \left(\frac{\Delta P}{\Delta X} \right) \quad (16)$$

Dan untuk mencari defleksi pada daerah elastis menggunakan persamaan:

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \quad (17)$$

Keterangan:

σ_f = Tegangan lentur

P = Beban/Load

E_f = Flexural modulus elatisitas lentur

L = Panjang spsimen

E = Modulus elastis bahan spesimen

I = modulus inersia penampang.

δ = Defleksi