

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Kekuatan komposit serat alam dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan alkali, fraksi volume, dan orientasi serat. Penelitian yang dilakukan Hariyanto (2017), serat *Boehmeria Nivea* direndam dengan alkali konsentrasi 5% selama 2, 4, 6, dan 8 jam. Komposit dibuat dengan fraksi volume sebesar 40% dengan metode cetak tekan (*press mold*). Standar ASTM D790 digunakan sebagai acuan pengujian *bending*. Hasil pengujian menunjukkan semakin lama perlakuan alkali pada komposit serat *Boehmeria Nivea* semakin signifikan penurunan kekuatan *bending*. Dengan patahan getas yang diawali kegagalan tarik pada posisi bawah komposit dan kegagalan tekan pada sisi atas komposit. Sehingga dapat disimpulkan perlakuan alkali optimal pada serat *Boehmeria Nivea* dilakukan selama 2 jam perendaman.

Setyawan & Riyadi (2020), melakukan pengujian kekuatan uji balistik dan *bending* pada komposit serat *Boehmeria Nivea*. Komposit dibuat dengan perbandingan campuran 70% epoksi dan 30% penguat. Komposit dibuat menjadi 4 orientasi diantaranya anyaman, horizontal, acak, dan miring 45°. Pengujian balistik mengacu pada standar NIJ 0108.01 yaitu dengan pistol revolver 38 spesial sejauh 10 m. Pengujian *bending* mengacu pada standar ASTM D790-02 dengan pemberian beban terpusat di tengah (*Three Point Bending*). Dari hasil yang didapat pada pengujian balistik dapat disimpulkan, spesimen *Boehmeria Nivea* dengan variasi anyaman paling baik karena satu satunya yang tidak tertembus peluru dan tidak retak. Hasil uji *bending* menunjukkan serat *Boehmeria Nivea* dengan variasi horizontal menghasilkan beban maksimum paling besar dan paling baik.

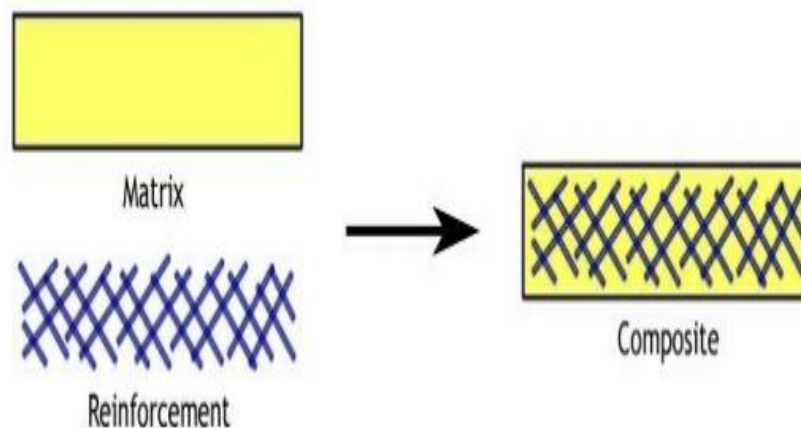
Pengujian serat alam dengan orientasi sudut anyaman dilakukan oleh Andreawan & Irfa'I (2019) dengan tujuan mengetahui kekuatan gesernya. Serat alamnya berupa serat E-glass dan serat ijuk acak ketebalan 1 mm ± 0,5 mm. Orientasi sudut yang digunakan pada pengujian ini sebesar 0°, 30°, 45°, 60° dan 90°. Pengujian geser pada komposit ini mengacu pada standar ASTM D5379.

Pengujiannya menggunakan foto makro untuk mengamati secara visual bentuk penampang patahan akibat pengujian geser. Hasil dari pengujian didapatkan rata-rata kekuatan geser tertinggi yaitu pada orientasi sudut serat 30° dan terendah 90° .

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Komposit

Komposit merupakan perpaduan dua atau beberapa material yang memiliki sifat mekanik tidak serupa untuk menghasilkan material ketiga yang lebih baik [8]. Komposit tersusun atas matriks dan bahan pengisi (*filler*) yang bisa berupa serat atau serbuk [7]. Matriks komposit berfungsi mengikat bahan pengisi yang berupa serat dimana matriks masih terlihat karena komposit digabungkan secara makroskopis [4][8]. Matriks juga berfungsi menjadi media transfer beban ke penguat (*reinforcement*) [12][13]. Penggabungan matriks dan *filler* menghasilkan keunggulan berupa material yang kuat dan ringan [8]. Gambar 2.1 menunjukkan komposisi penyusun komposit.



Gambar 2.1. Komposisi Komposit [14]

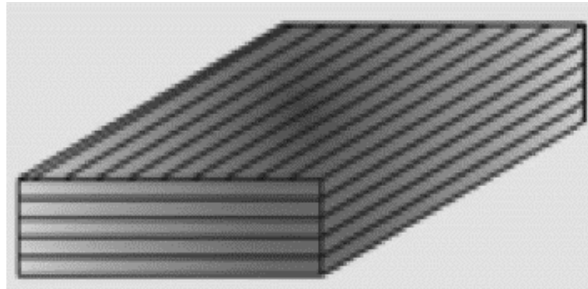
Jenis komposit berdasarkan komponen strukturalnya [14][15]:

1. *Fibrouse Composite*

Jenis komposit yang tersusun atas satu lapisan atau lamina. Penguatnya (*reinforcement*) berupa serat (*fiber*) baik serat sintesis maupun alami. Serat komposit *Fibrouse Composite* disusun secara acak atau dapat disusun sesuai orientasi tertentu seperti [16]:

a. Komposit Serat Kontinu

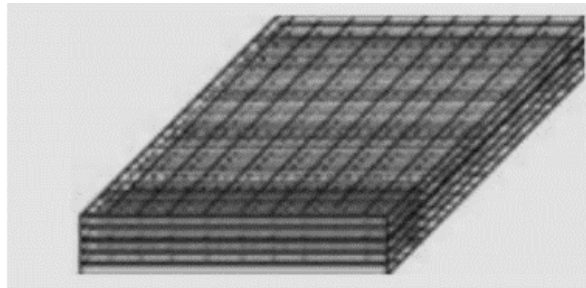
Pada komposit serat kontinu susunan arah seratnya seragam dan memanjang. Gambar 2.2 menunjukkan komposit yang diperkuat dengan serat kontinu.



Gambar 2.2. Komposit Serat Kontinu [17]

b. Komposit Serat Anyaman

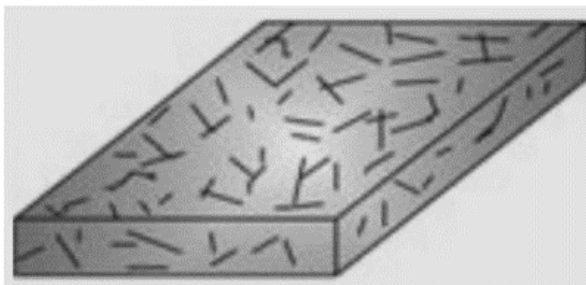
Komposit serat anyaman merupakan komposit dimana seratnya dianyam secara seragam. Gambar 2.3 menunjukkan komposit yang seratnya diperkuat dengan dianyam.



Gambar 2.3. Komposit Serat Anyaman [17]

c. Komposit Serat Acak

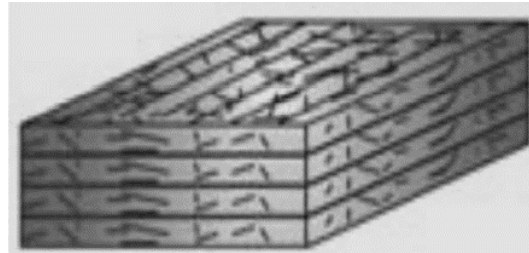
Komposit serat acak merupakan komposit dimana susunan seratnya *random* atau tidak teratur. Gambar 2.4 menunjukkan komposit yang diperkuat dengan serat acak.



Gambar 2.4. Komposit Serat Acak [17]

d. Komposit Serat Kontinu dan Acak

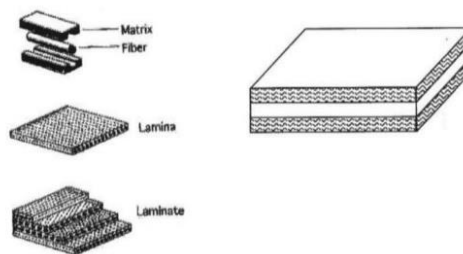
Komposit serat kontinu dan acak merupakan penggabungan antara 2 metode, yaitu serat disusun secara kontinu dan acak. Gambar 2.5 menunjukkan komposit serat kontinu dan serat acak.



Gambar 2.5. Komposit Serat Kontinu dan Acak [17]

2. *Laminated Composite*

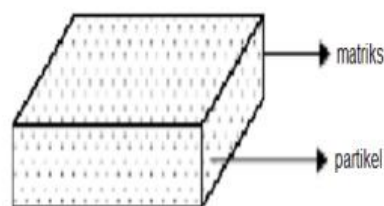
Penggabungan dua atau lebih lapisan yang memiliki sifat masing-masing menghasilkan komposit lamina. Gambar 2.6 menunjukkan *Laminated Composite*.



Gambar 2.6. *Laminated Composite* [16]

3. *Particulate Composite*

Jenis komposit yang penguatnya berupa serbuk atau partikel yang terdistribusi sama rata didalam matriknya. Gambar 2.7 menunjukkan *Particulate Composite*.



Gambar 2.7. *Particulate Composite* [15]

Perbandingan antara volume serat dan volume komposit disebut fraksi volume. Fraksi volume mempengaruhi sifat komposit. Sehingga besar fraksi volume serat berbanding lurus dengan nilai kekuatan dan kekakuan serat. Fraksi volume serat dapat dihitung dengan persamaan [15][18]:

$$v_f = V_f \times V_{cetak} \quad (1)$$

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

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

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

Keterangan:

v_f	= Volume serat (cm ³)
V_f	= Fraksi volume serat (%)
V_{cetak}	= Volume cetakan (cm ³)
M_f	= Massa serat (gr)
ρ_f	= Massa jenis serat (gr/cm ³)
v_m	= Volume resin (cm ³)
V_m	= Fraksi volume resin (%)
$V_{katalis}$	= Volume katalis (cm ³)

2.2.2. Serat *Boehmeria Nivea*

Serat berfungsi sebagai bagian utama penahan beban pada komposit, sehingga sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Semakin kecil bahan semakin minim cacat pada material sehingga semakin kuat bahan [6][8]. Serat terbagi menjadi serat alam dan serat sintetis. Salah satu serat alam yaitu serat *Boehmeria Nivea*. Serat *Boehmeria Nivea* adalah serat yang dihasilkan dari batang tumbuhan *Boehmeria nivea* yang tumbuh tahunan dan berkembang biak di daerah tropis [7]. Tabel 2.1 ditunjukkan sifat kimia dan fisika serat *Boehmeria Nivea*.

Tabel 2.1. Karakteristik serat alam [19].

Karakteristik	<i>Boehmeria Nivea</i>	Kapas	Hemp	Flax
Panjang serat rata-rata (mm)	120-150	20-30	15-25	13-14
Diameter serat rata-rata (μ)	40-60	14-16	15-30	17-20
Kekuatan Tarik (MPa)	9,3	4,4	8,14	7,65
Kelembaban (%)	12	8	12	12
Selulosa	72-97	88-96	67-78	64-86
Lignin	1-0	0	6-4	5-1

2.2.3. Matrik

Matriks komposit memiliki syarat pokok dapat meneruskan beban, melekatkan serat, dan tidak terjadi reaksi yang mengganggu [6][8]. Matriks komposit berasal dari bahan logam, keramik maupun polimer. Berikut jenis polimer [8] yaitu:

1. *Thermoset* yaitu plastik yang tidak berubah akibat panas sehingga tidak dapat diolah kembali. Contohnya: epoxy dan polyester.
2. *Termoplastic* yaitu plastik yang dapat didaur ulang karena sifatnya yang dapat berubah karena panas. *Termoplastic* yang dipanaskan akan melunak dan mengeras jika didinginkan. Misalnya: Polyamid, nylon dan polysurface.

Pada penelitian ini digunakan matrik berupa resin polyester Yukalac C-108B dengan sifat mekanik pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat mekanik Resin Polyester Yukalac C-108B [20]

Jenis Resin	Densitas (gr/cm ³)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Kekuatan Bending (MPa)
Poyester Yukalac C-108B	1,12	33	1	45

2.2.4. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah nilai kekuatan yang dicapai material dalam menahan beban sebelum material putus. Dalam uji tarik pengujian dilakukan untuk mendapatkan kekuatan tegangan suatu material dan pertambahan panjangnya. Pengujian dilakukan dengan mengamati pertambahan panjang sampel uji sampai

sampel uji patah. Untuk mengukur kekuatan tarik atau tekan digunakan beban maksimum (F_{maks}) dengan luas awal A_0 . Prinsip kerja pengujian tarik adalah dengan memberikan pembebanan bertahap secara uniaksial sampai terjadi kegagalan atau *failure*. Kekuatan tarik dapat dihitung menggunakan rumus [6][8]:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Keterangan:

σ = Kekuatan tarik (N/mm^2)

F = Beban (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

Nilai modulus elastisitas pada tegangan regangan sebanding (proporsional) dapat dihitung dengan persamaan:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (6)$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)

σ = Kekuatan tarik (MPa)

ε = Regangan (%)

Untuk menghitung regangan digunakan rumus:

$$\varepsilon = \Delta l / l_0 \quad (7)$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

Δl = Pertambahan panjang (mm)

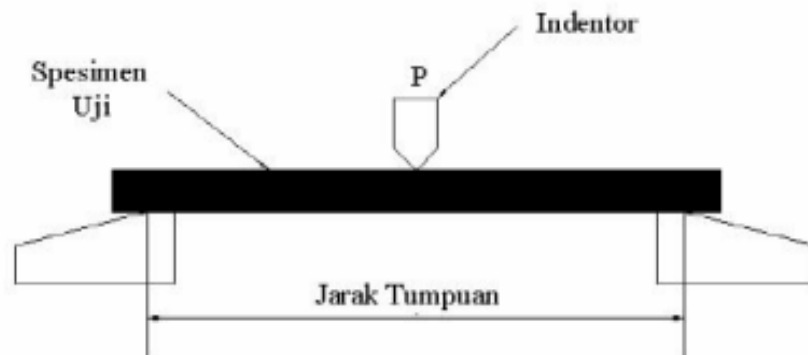
l_0 = Panjang awal (mm)

2.2.5. 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. Ketidakmampuan suatu material komposit

menahan tegangan tarik yang dapat diterima maka material akan mengalami kegagalan.

Adapun kekuatan *bending* pada sisi bagian atas nilainya sama dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Berikut Gambar 2.8 adalah ilustrasi pengujian lentur (*bending*) dengan metode *three point*.



Gambar 2.8. Pengujian *bending three point* [21]

Adapun perhitungan kekuatan *bending* dengan menggunakan metode *bending three point* dirumuskan sebagai berikut [22]:

Rumus momen *bending*

$$M_b = \frac{F L}{2} \quad (8)$$

$$M_b = \frac{1}{4} FL \quad (9)$$

Rumus kekuatan *bending*

$$\sigma_b = \frac{M.Y}{I} \quad (10)$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{4}FL \frac{1}{2}d}{\frac{1}{12}bd^2} \quad (11)$$

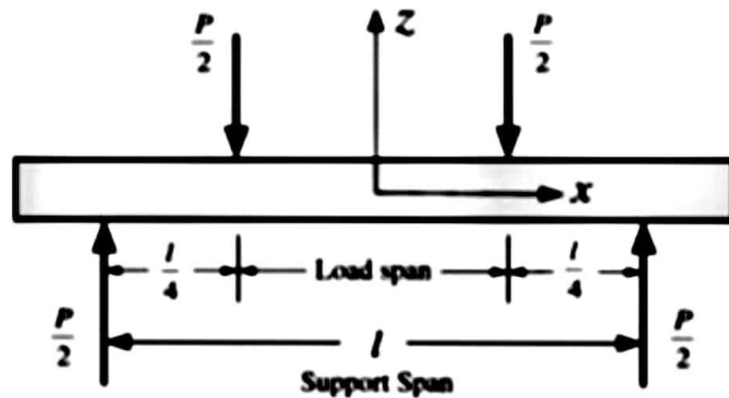
$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{8}FLd}{\frac{1}{12}bd^3} \quad (12)$$

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (13)$$

Keterangan :

σ_b	= Tegangan <i>bending</i> (Mpa)
d	= Tebal spesimen (mm)
F	= Beban (N)
M	= Momen <i>bending</i>
L	= Panjang jarak tumbuan (mm)
Y	= Jarak titik pusat
b	= Lebar spesimen (mm)
I	= Momen inersia

Selain pengujian dengan *three point bending*, Pengujian dengan metode *four point bending* juga dilakukan dengan penekanan pada dua titik spesimen. Titik pengujian $1/3$ dan $2/3$ total panjang spesimen. Adapun ilustrasi pada Gambar 2.9 dengan metode *four point bending* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.9. Pengujian *four point bending* [22]

Adapun persamaan kekuatan lentur suatu material dengan menggunakan metode pengujian *four point bending* dirumuskan sebagai berikut :

Persamaan tegangan lentur:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{4bd^2} \quad (14)$$

Untuk mencari modulus elastisitas lentur menggunakan rumus :

$$E_f = \frac{L^3}{4bd^3} \left(\frac{\Delta P}{\Delta X} \right) \quad (15)$$

Dan untuk mencari defleksi pada daerah elastis menggunakan persamaan :

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \quad (16)$$

Keterangan :

- P = Beban / *Load*
- X = Selisih beban aksial mak dan min
- L = Panjang spsimen
- E_f = *Flexural* Modulus Elatisitas lentur
- b = lebar
- I = Modulus inersia penampang
- δ = Defleksi
- E = Modulus elastis bahan spesimen
- σ_f = Tegangan lentur
- d = tebal

2.2.6. Densitas

Densitas atau kepadatan sangat mempengaruhi sifat material komposit karena merupakan indikator penting cakupan komposit. Uji densitas memiliki persamaan berat jenis sebagai berikut [23] :

$$\text{Densitas (Kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad (17)$$