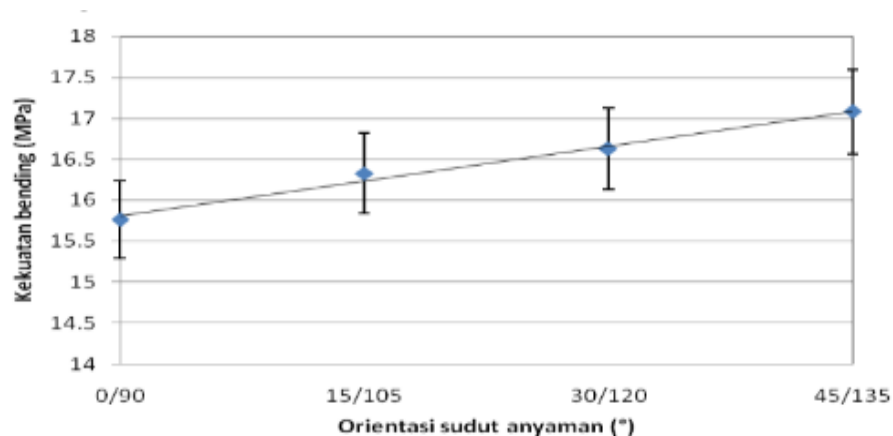


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

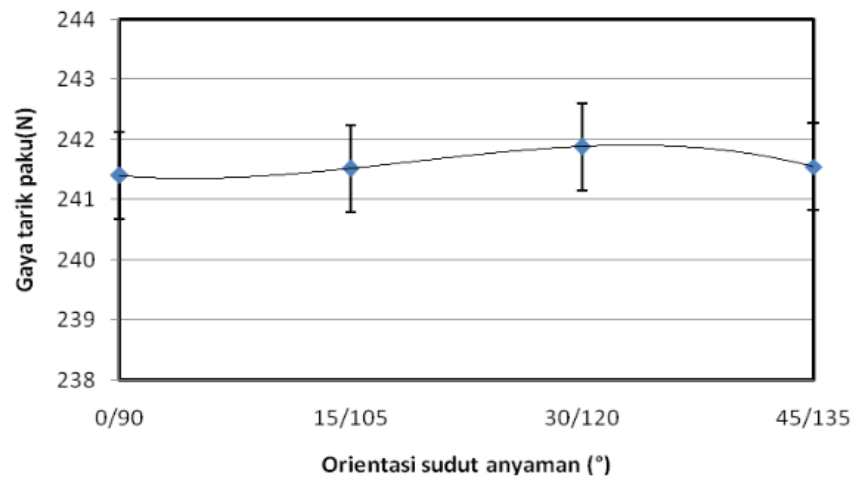
2.1 Kajian Pustaka

Komposit mengalami perkembangan yang sangat pesat di bidang rekayasa dan semakin luas pemanfaatannya dalam menggantikan logam untuk pembuatan suatu material komposit, seperti peralatan sarana olahraga, sarana transportasi darat, laut dan udara [5]. Komposit dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan penguatnya yang digunakan yaitu serat alam dan serat sintetis [6]. Penelitian tentang serat alam telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, diantaranya adalah Masruri *et al.*, (2006) membahas tentang pengaruh orientasi sudut anyaman pada material komposit dengan menggunakan serat alam *cantula*. Penganyaman dilakukan pada orientasi sudut dan melakukan pengujian tarik dan *bending*. Variasi anyaman sudut yang digunakan adalah $0^{\circ}/90^{\circ}$, $15^{\circ}/105^{\circ}$, $30^{\circ}/120^{\circ}$, dan $45^{\circ}/135^{\circ}$. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan besar nilai orientasi sudut meningkatkan nilai uji *bending* dan untuk uji tarik dipengaruhi oleh nilai densitas serta penyusun komponennya. [5]. Gambar 2.1 menunjukkan hubungan orientasi anyaman terhadap kekuatan *bending* dan Gambar 2.2 menunjukkan hubungan orientasi anyaman terhadap kekuatan tarik.



Gambar 2.1 Hubungan orientasi anyaman terhadap kekuatan *bending* (MPa)

Sumber : [5]



Gambar 2.2 Hubungan orientasi anyaman terhadap kekuatan tarik (N)

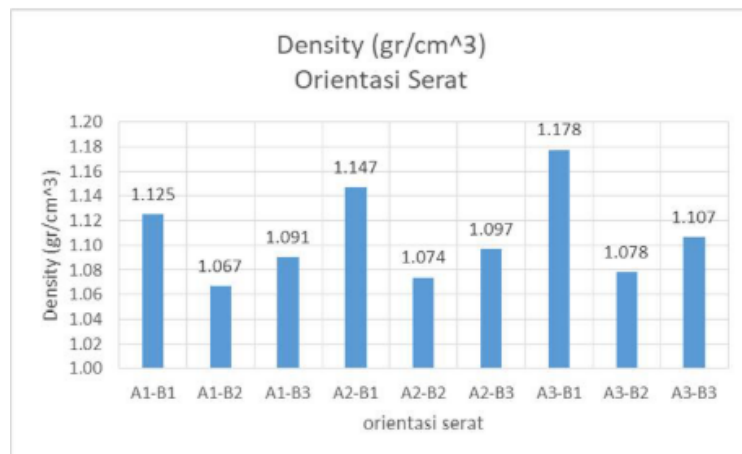
Sumber: [5]

Disisi lain Azizi *et al.*, (2021) melakukan penelitian orientasi serat dengan menghitung nilai densitas setiap orientasi serat TKKS. Proses pengujian dilakukan dengan perendaman spesimen orientasi acak, lurus, dan anyam dengan variasi lama perendaman alkali. Variasi waktu yang digunakan adalah 0 jam (tanpa perendaman), 2 jam, dan 4 jam. Hasil penelitian menyebutkan spesimen tanpa perendaman memiliki nilai densitas yang tinggi disebabkan oleh kandungan lignin yang masih banyak. Kandungan lignin mempengaruhi penyebaran resin pada serat menyebabkan ikatan antara matrik dan serat TKKS tidak kuat dan berdampak pada kekuatan tarik pada spesimen berkurang [1]. Tabel 2.1 menunjukkan lama perendaman spesimen dengan ditambahkan alkali dan Gambar 2.3 menunjukkan hasil pengujian nilai densitas.

Tabel 2.1 Perendaman spesimen dengan akuades ditambahkan alkali 5%

Kode	Keterangan
A1 – B1	Orientasi serat acak 0 jam
A1 – B2	Orientasi serat acak 2 jam
A1 – B3	Orientasi serat acak 4 jam
A2 – B1	Orientasi serat lurus 0 jam
A2 – B2	Orientasi serat lurus 2 jam
A2 – B3	Orientasi serat lurus 4 jam
A3 – B1	Orientasi serat anyam 0 jam
A3 – B2	Orientasi serat anyam 2 jam
A3 – B3	Orientasi serat anyam 4 jam

Sumber : [1]

**Gambar 2.3** Hasil pengujian nilai densitas

Sumber : [1]

Gultom *et al.*, (2014) melakukan penelitian dengan perlakuan alkali pada serat TKKS. Hasil penelitian menyebutkan perendaman serat dengan penambahan alkali sebanyak 5% ke dalam akuades selama 2 jam mendapatkan nilai kandungan selulosa terbaik yaitu 58,2808%. Semakin tinggi nilai selulosa maka semakin tinggi juga kekuatan tarik pada serat TKKS [7].

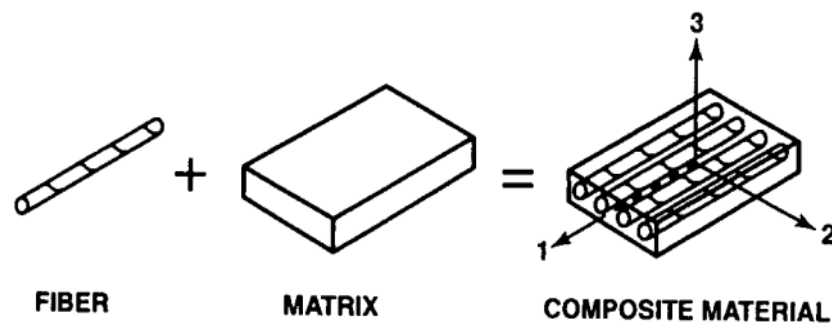
2.2 Dasar Teori

2.2.1. Komposit

Komposit berasal dari kata “*to compose*” artinya menggabungkan. Penggabungan dua atau lebih material yang memiliki karakteristik berbeda dan membentuk material baru pada skala makroskopis disebut dengan komposit. Penggabungan pada komposit secara makro masih bisa dilihat unsur matrik dan seratnya. Sedangkan pada *alloy* paduan tidak bisa dilihat lagi unsur dari penyusunnya [8]. Material baru dibentuk oleh dua atau lebih material penyusunnya melalui penggabungan yang berbeda karakteristiknya disebut dengan komposit, kedua material digabungkan secara tidak homogen dan memiliki sifat mekanik yang berbeda [9].

Menurut Masruri *et al.*, (2006) komposit dibentuk oleh dua komponen penyusun, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*) memiliki sifat yang sulit dibentuk tetapi mempunyai kelebihan yaitu kaku namun kuat.
2. Matrik berfungsi untuk mengikat penguat. Sifat dari matrik cenderung memiliki kekuatan dan tingkat kekakuan yang cukup rendah dibandingkan dengan penguat (*reinforcement*). Gambar 2.4 menunjukkan ilustrasi pembentukan komposit.



Gambar 2.4 Ilustrasi pembentukan komposit

Sumber : [10]

Pembuatan komposit dilakukan dengan berbagai metode, menurut Savetlana & Met, (2016) berdasarkan cara pembuatan komposit, terdapat dua metode yaitu [11]:

1. Cetakan terbuka (*Open Mold*)

Proses pada cetakan terbuka (*Open Mold Process*) dibagi menjadi tiga metode *spray lay-up*, *hand lay-up*, dan *filament winding*

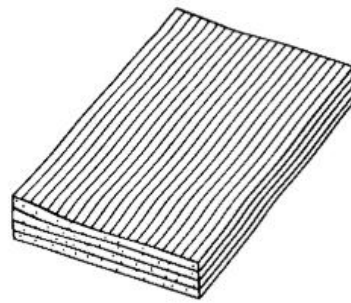
2. Cetakan tertutup (*Closed mold*)

proses pada cetakan tertutup (*Closed mold Processes*) dibagi menjadi empat metode yaitu *vacuum infusion processing pultrusion*, *resin transfer moulding* (RTM), *vacuum bag moulding*, dan *compression moulding*.

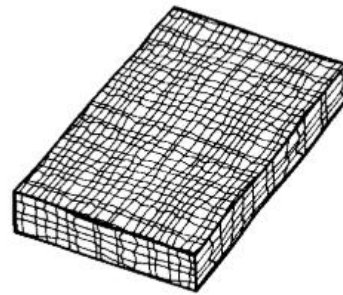
Menurut R.Jones, (1975) komposit secara umum terbagi menjadi empat, yaitu:

1. *Fibrous Composite* (Komposit Serat)

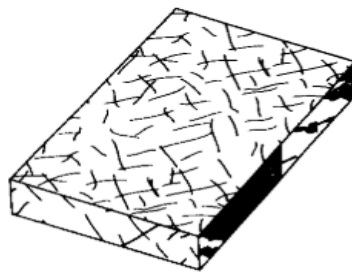
Komposit serat merupakan komposit yang berpenguat serat (*fiber*). Serat yang digunakan adalah *fiber glass*, *fiber carbon*, *fiber aramid* (*poly aramid*), dan serat lainnya. Serat (*fiber*) disusun berbagai macam posisi seperti orientasi acak, bahkan serat yang digunakan sebagai penguat dapat dibuat sebagai anyaman. Gambar 2.5 menunjukkan jenis-jenis dari *fibrous composite*.



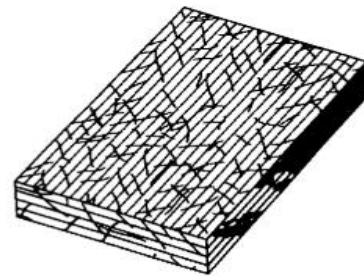
a) Continuous fiber composite



b) Woven fiber composite



c) Chopped fiber composite



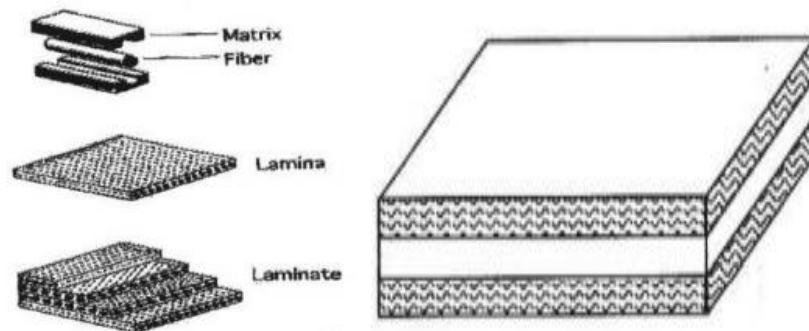
d) Hybrid composite

Gambar 2.5 Fibrous Composite

Sumber : [12]

2. Laminated composite (komposit laminat)

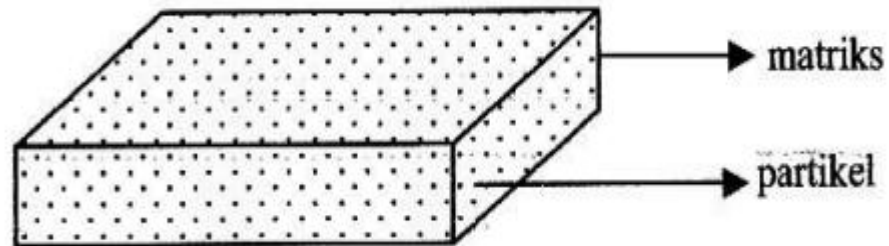
Komposit laminat terbentuk dari penggabungan dua atau lebih lapisan yang menjadi satu lapisan dengan karakteristik yang berbeda pada setiap lapisannya. Gambar 2.6 menunjukkan *laminated composite*.

**Gambar 2.6 Laminated Composite**

Sumber : [5]

3. *Particulate composite* (komposit partikel)

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan *reinforcement* partikel dalam bentuk *powder* / bubuk dan ikat oleh matrik. Gambar 2.7 menunjukkan *particulate composite*.



Gambar 2.7 *Particulate Composite*

Sumber : [5]

4. *Combinations composite* (komposit kombinasi)

Komposit kombinasi adalah penggabungan beberapa bentuk komposit bahkan dengan ketiga bentuk yaitu *laminated composite*, *particulate composite*, dan *fibrous composite*. Contoh dari aplikasi komposit kombinasi adalah beton sebagai komposit partikel dengan diperkuat baja sebagai komposit serat [8].

Komposit dipengaruhi oleh persentase dari serat dan resin. Persentase dapat dihitung dengan fraksi volume. Fraksi volume merupakan perbandingan antara volume penyusun dengan volume total komposit [13]. Kandungan serat adalah hal yang sangat penting pada komposit. Untuk mendapatkan kekuatan serat pada pembuatan komposit penggunaan matrik sangat diperhatikan agar mendapatkan komposit dengan kekuatan maksimal. Pencegahan *void* dapat diatasi dengan cara distribusi matrik terhadap serat merata pada saat proses penggabungan matrik dan penguat. Untuk mengetahui nilai fraksi volume, beberapa parameter harus diketahui diantaranya adalah berat jenis serat, berat jenis resin, berat serat, dan berat komposit [9].

Persamaan yang digunakan untuk menghitung fraksi volume dari sebuah komposit adalah sebagai berikut [9] :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f \quad (1)$$

$$V_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} = 1 - V_m \quad (2)$$

Jika diketahui massa, densitas pada penguat, dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa serat dihitung dengan persamaan :

$$V_f = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \quad (3)$$

Keterangan :

W_f = Fraksi berat serat (%)	V_f = Fraksi volume serat (%)
m_f = Massa serat (gr)	V_m = Fraksi volume matriks (%)
w_c = Berat komposit (N)	v_f = Volume serat (gr)
ρ_c = Densitas komposit (gr/cm ³)	v_m = Volume matriks (cm ³)
ρ_f = Densitas serat (gr/cm ³)	

2.2.2. Serat Alam TKKS

Berdasarkan bahan penguatnya (*reinforced*) yang digunakan, komposit dapat dibedakan menjadi alami dan sintesis [6]. Serat alami bersumber dari alam dan tidak bisa dibuat oleh tangan manusia. Serat alami dalam pembuatan komposit diberi perlakuan dengan cairan kimia seperti NaOH atau yang dikenal dengan alkalisasi [9]. Alkalisasi adalah metode yang digunakan untuk menghilangkan kandungan minyak dan lignin agar tidak menutupi permukaan serat untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari komposit dengan cara pengoptimalan sifat kandungan selulosa pada saat perlakuan alkali [14].

Perlakuan alkali pada serat TKKS yang dilakukan oleh Gultom *et al.*, (2014). Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa penambahan alkali (larutan NaOH) selama 2 jam mendapatkan kandungan selulosa terbaik dan kandungan lignin yang terendah dari semua variasi waktu pengujian lainnya. Semakin tinggi kadar selulosa maka kekuatan tarik semakin tinggi dan sebaliknya [7].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gultom *et al.*, (2014) diketahui nilai dari kadar selulosa, air, lignin dan abu selama perlakuan alkali 2 jam dengan ditambahkan NaOH 5% pada serat TKKS menghasilkan nilai kandungan selulosa sebesar 58,2808 % berpotensi untuk dijadikan bahan penyusun komposit. Tabel 2.2 menunjukkan sifat serat TKKS.

Tabel 2.2 Sifat serat TKKS [7]

Komposisi kimia serat TKKS	Kadar (%)
Selulosa	58,2808
Air	11,193
Lignin	3,9973
Abu	3,880

2.2.3. Matriks

Matriks merupakan salah satu komponen utama penyusun komposit yang berfungsi sebagai pengikat dari serat dengan cara mentransfer tegangan ke serat dan berfungsi juga sebagai perlindungan terhadap serat [15].

Menurut Siagian, (2017) matriks dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

1. *Metal Matrix Composite* (MMC) merupakan komposit bermatrik logam. Komposit ini disusun oleh pencampuran logam dan keramik.

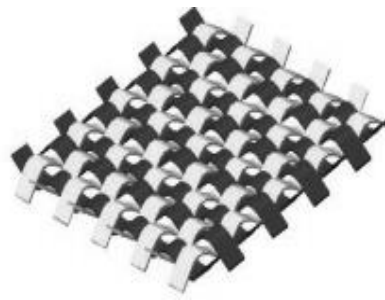
2. *Ceramic Matrix Composite* (CMC) merupakan komposit bermatrik keramik. Penguat (*reinforcement*) yang digunakan seperti karbida silikon, oksida aluminium dan *fiber* (serat) yang bertujuan meningkatkan ketahanan komposit dari temperatur yang tinggi.
3. *Polymer Matrix Composite* (PMC) merupakan komposit bermatrik polimer dengan penguatnya serat (*fiber*). Resin *epoxy* dan *polyester* digunakan sebagai matrik pada komposit PMC. Polimer terbagi menjadi menjadi *thermoplastic* dan *Thermosetting*. *Thermoplastic* merupakan polimer yang bisa didaur ulang dengan perlakuan panas contohnya seperti *Polyamide*, *polysulfone*, *polyetherketone*, dan *polypropylene*. Sedangkan *Thermosetting* merupakan polimer yang tidak dapat didaur ulang contohnya *epoxy*, *polyester*, *resin amino*, *phenolic*, *plenol*, dan *resin furan*. Tabel 2.3 menunjukkan sifat resin *polyester* dan *epoxy*.

Tabel 2.3 Karakteristik Matrik dengan *Polyester* dan *Epoxy*

Sifat	<i>Polyester</i>	<i>Epoxy</i>
Kekuatan Tarik (MPa)	40 - 90	55 - 130
Modulus elastis (Gpa)	2,4 - 4,4	2,8 - 4,2
Kekuatan Impak (J/m)	10,6 - 21,2	5,3 - 53
Kerapatan (g/m ³)	1,10 - 1,46	1,2 - 1,3

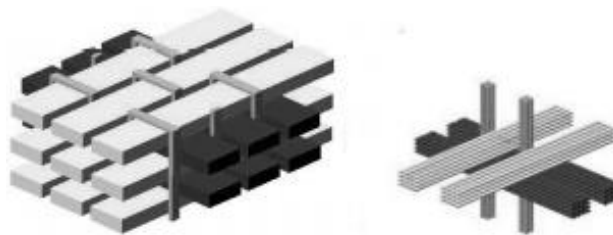
2.2.4. Anyaman

Komposit dengan *reinforcement* serat anyaman (*woven fiber composite*) adalah serat yang dianyam dan membentuk orientasi sudut tertentu. Menurut Masruri *et al.*, (2006) pada *woven fiber composite* serat anyaman dibagi menjadi orientasi sudut terhadap sumbu x, y, dan z. Gambar 2.8 menunjukkan anyaman terhadap sumbu x dan y. Gambar 2.9 menunjukkan anyaman terhadap sumbu x, y, dan z.



Gambar 2.8 Anyaman terhadap sumbu x dan y

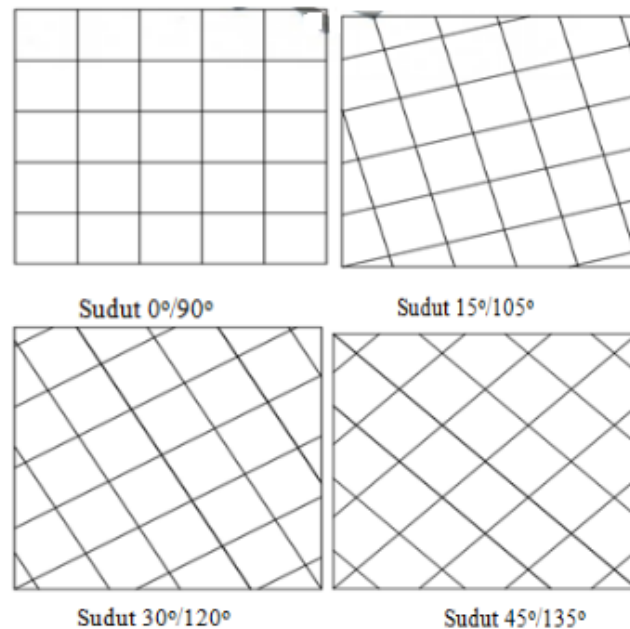
Sumber : [5]



Gambar 2.9 Anyaman terhadap sumbu x, y dan z

Sumber : [5]

Penelitian yang dilakukan Kadir, (2020) tentang pengaruh orientasi sudut anyaman, dilakukan uji tarik material komposit serat lamina. Variasi sudut anyam yang digunakan adalah $0^0/90^0$, $15^0/105^0$, $30^0/120^0$, dan $45^0/135^0$. Penelitian yang sama dilakukan oleh Masruri *et al.*, (2006) tentang pengujian *bending* dan tarik dengan variasi sudut anyaman $0^0/90^0$, $15^0/105^0$, $30^0/120^0$, dan $45^0/135^0$ pada komposit serat *cantula*. Variasi sudut anyaman yang digunakan Kadir, (2020) dan Masruri *et al.*, (2006) adalah $0^0/90^0$, $15^0/105^0$, $30^0/120^0$, dan $45^0/135^0$. Gambar 2.10 menunjukkan variasi sudut anyaman.



Gambar 2.10 Sudut anyaman $0^0/90^0$, $15^0/105^0$, $30^0/120^0$, $45^0/135^0$.

Sumber : [16]

2.2.5. Pengujian Tarik

Spesimen dapat diuji untuk mengetahui sifat mekaniknya salah satunya pengujian tarik [9] . Uji tarik bertujuan untuk mengetahui besar kekuatan maksimum yang dapat diterima oleh suatu material. Metode ini dilakukan pada posisi beban dan gaya tarik pada sumbu yang sama [17]. 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 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (4)$$

Keterangan :

σ = Tegangan tarik spesimen (N/m²)

F = Beban (Newton)

A_0 = Luas penampang spesimen (m²)

Sedangkan perpanjangan (elongasi) dirumuskan dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (5)$$

Keterangan :

ε = Elongasi

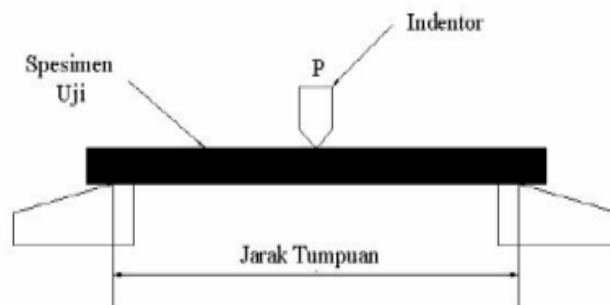
l_0 = Panjang awal sebelum pengujian (m)

Δl = Selisih panjang setelah dengan sebelum pengujian (m)

2.2.6. 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. Ketidakmampuan suatu material komposit menahan tegangan tarik yang dapat diterima maka material akan mengalami kegagalan [9].

Adapun kekuatan *bending* pada sisi bagian atas nilainya sama dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Berikut Gambar 2.11 adalah ilustrasi pengujian lentur (*bending*) dengan metode *three point*.



Gambar 2.11 Pengujian *bending three point*

Sumber : [9]

Adapun perhitungan kekuatan *bending* dengan menggunakan metode *bending three point* dapat dirumuskan sebagai berikut :

Rumus momen *bending*

$$M_b = \frac{F L}{2} \quad (6)$$

$$M_b = \frac{1}{4} FL \quad (7)$$

Rumus kekuatan *bending*

$$\sigma_b = \frac{M \cdot Y}{I} \quad (8)$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{4} FL \frac{1}{2} d}{\frac{1}{12} b d^2} \quad (9)$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{8} FL d}{\frac{1}{12} b d^3} \quad (10)$$

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (11)$$

Keterangan :

σ_b = Tegangan *bending* (MPa) d = Tebal spesimen (mm)

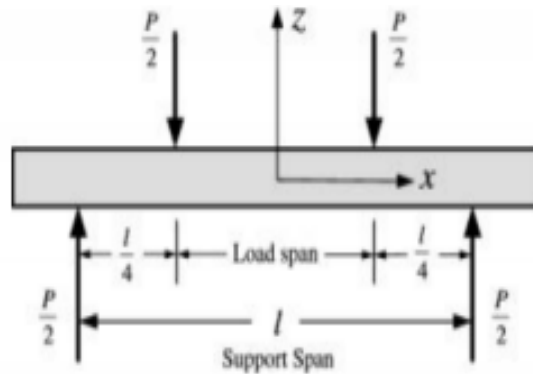
F = Beban (N) M = Momen *bending* (Nmm)

L = Panjang jarak tumbuan (mm) Y = Jarak titik pusat (mm)

b = Lebar spesimen (mm) I = Momen inersia (kg m²)

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 2.12 dengan metode *four point bending* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.12 Pengujian *four point bending*

Sumber : [17]

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

Persamaan tegangan lentur:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{4bd^2} \quad (12)$$

Untuk mencari modulus elastisitas lentur menggunakan rumus :

$$E_f = \frac{L^3}{4bd^3} \left(\frac{\Delta P}{\Delta X} \right) \quad (13)$$

Dan untuk mencari defleksi pada daerah elastis menggunakan persamaan :

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \quad (14)$$

Keterangan :

P = Beban / Load X = Selisih beban aksial mak dan min

L = Panjang spesimen b = lebar

d = tebal I = Modulus inersia penampang

δ = Defleksi E = Modulus elastis bahan spesimen

σ_f = Tegangan lentur E_f = Flexural Modulus Elastisitas

2.2.7. Pengujian Densitas

Untuk mengetahui sifat fisis dari material komposit, dilakukan uji densitas yang bertujuan untuk mengetahui densitas material komposit tersebut. Uji densitas mengacu pada ASTM C271. Berikut adalah persamaan yang menyatakan perhitungan densitas:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (15)$$

Keterangan :

ρ = Densitas benda (gr/cm³)

m = Massa spesimen (gr)

v = Volume spesimen (cm³)