

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pemanfaatan serat alam adalah salah satu alternatif sebagai bahan pembuatan material komposit yang di aplikasikan dalam dunia industri di bidang otomotif. Serat alam merupakan bahan penguat matrik dalam pembuatan komposit yang memiliki sifat mekanis dan fisis. Salah satu jenis serat alam adalah serat kenaf. Dalam komposit berpenguat serat kenaf sudah banyak di aplikasikan dalam dunia industri untuk pembuatan panel otomotif atau *composite board* salah satunya dari perusahaan Toyota Motor Corporation (Yusoff, 2015). Namun, untuk meningkatkan kekuatan mekanisnya pada komposit perlu penambahan pengisi (*filler*) (Gowthami *et.al.* 2013).

Penelitian pengaruh penambahan *filler silica* terhadap sifat termal dan mekanik komposit serat sisal dengan matrik *polyester* oleh Gowthami *et al.* (2013) menunjukkan bahwa komposit dengan menggunakan penambahan *silica* 5% yang berukuran partikel 10 μm mendapatkan kekuatan Tarik tertinggi bernilai 92,6 MPa di bandingkan dengan komposit sisal/*polyester* tanpa *silica* dan *poliyester* murni masing masing bernilai 61,13 MPa dan 36,28 MPa serta kekuatan impak dengan penambahan *silica* 1,36 jauh lebih besar di bandingkan komposit tanpa silika dan 1,8 kali lebih besar kekuatannya dari poliester murni dan nilai termalnya meningkat dari suhu 30 °C hingga 85 °C. Peningkatan pada poliyester murni 13,6% sedangkan komposit dengan penambahan *silica* dan komposit dengan sisal/*polyester* masing – masing peningkatanya adalah 19,16% dan 35,37%. karena itu, komposit dengan penambahan silika memiliki potensial untuk pengaplikasiannya di mana memiliki berat yang ringan dan memiliki sifat mekanis yang tinggi.

Bajuri *et al.* (2016) melakukan penelitian tentang Sifat lentur dan Kompresif dari komposit Hibrid *kenaf/epoxy/nano partikel silica* dengan metode curring 80°C dan fraksi volume *silica* sebesar 0, 0,5, 2, 3, dan 4% menunjukkan

bahwa penambahan *nano partikel silica* 2% memiliki sifat mekanis tertinggi yaitu sebesar

43,8 MPa, pada kekuatan lentur dan modulus lentur 3,05 GPa dan untuk kekuatan tekan dan modulus tekan 40,0 MPa dan 1,15 GPa.

Penelitian yang mengarah pada ukuran partikel *silica* di lakukan oleh Yusmaniar dan Suryani, (2012) meneliti bahwa pemanfaatan silika dari sekam padi pada komposit poliester/silika dengan variasi ukuran partikel silika diayak 60 mesh, 230 mesh, 400 mesh menunjukkan bahwa hasil yang didapat pada kekuatan Tarik terbaik ukuran partikel diayak 400 mesh. Dikarenakan ukuran partikel yang kecil dapat terdispersi mudah dalam matrik.

Penelitian tentang panjang serat, untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang terbaik sudah dilakukan oleh Joseph *et.al.* (1993) dengan variasi panjang serat 2,1 mm, 5,8 mm, dan 9,2 mm dengan matriks *polyethylene*. Orientasi serat yang digunakan adalah acak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat dengan panjang 5,8 mm memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 31,12 MPa. Raghavendra dkk (2015) yang mana meneliti tentang pengaruh panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit hibrid *epoxy/banana fibre* menunjukkan kekuatan tarik maksimum saat panjang serat 4 mm sebesar 158 MPa, Untuk ketangguhan impact paling optimal saat panjang serat 6 mm sebesar 20,3 j/m

Penelitian mengenai fraksi volume serat, untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang baik sudah dilakukan Bakar *et.al.* (2016) yang meneliti komposit serat kenaf menggunakan termoset epoksi dan poliester terhadap kekuatan tarik dan impact. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbaik pada fraksi volume kenaf/*epoxy* 25:75 yaitu bernilai 93,59 MPa dibanding kenaf/epoksi dengan fraksi volume 10:90, 15:85, dan 20:80 yang hanya sebesar 54,13 MPa, 78,92 MPa, dan 83,30 MPa.

Penelitian mengenai fraksi volume serat, untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang baik juga sudah dilakukan Bakar *et.al.* (2010) yang meneliti tentang perbandingan *treated* dan *untreated* serat kenaf dengan matrik epoksi. Menggunakan variasi fraksi volume serat 5, 10, 15, 20 dan 25% dengan proses fabrikasi menggunakan *hot press* 100°C. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan

bending terbaik pada fraksi volume serat 25% sebesar 53,5 MPa dan kekuatan impak tertinggi pada fraksi volume 15 % sebesar 5,1 kJ/m².

Penelitian tentang pengujian air (water absorption) dengan pengaruh ukuran serbuk partikel dilakukan oleh Zykova dkk. (2015) pada kapasitas daya serap air dan sifat mekanik komposit serbuk kayu/*polyethylene*. Kemampuan daya serap paling rendah pada partikel 0-80 µm dan memiliki kekuatan tarik optimal sebesar 8,2 MPa. Daya serap air meningkat pada 80-140 µm dan 140-200 µm seiring dengan bertambahnya ukuran partikel. Akan tetapi kekuatan tarik mengalami penurunan akibat pertambahan ukuran partikel. Islam dkk. (2019) melakukan penelitian tentang proses, karakterisasi, dan potensi aplikasi bio komposit berbasis serat kenaf. Dengan variasi *filler* Pure PLA, TKKS/PLA, Kenaf/PLA, dan TKKS/Kenaf/PLA, hasil menunjukkan peningkatan penyerapan air meningkat pada 8 hari pertama. Setelah itu penyerapan cenderung konstan dengan kemampuan daya serap paling rendah yaitu TKKS/PLA. Sastra dkk. (2013) melakukan penelitian tentang analisis uji penyerapan air dan struktur mikro komposit laminate hybrid serat sisal dan batang pisang dengan matriks epoxy. Dengan variasi fraksi volume sisal dan pisang 0:40, 10:30, 15:25, 20:20, 30:10, dan 40:0. Hasil menunjukkan serat pisang dengan orientasi searah mempunyai nilai penyerapan air yang paling kecil yaitu sebesar 12,16%.

Pada proses fabrikasi Tekanan dalam pengepresan komposit epoksi/kenaf sebesar 8 MPa (± 1160 psi) dilakukan oleh Ismail *et.al.* (2017) meneliti tentang sifat mekanik komposit epoksi berpenguat serat kenaf yang dibentuk menggunakan cetakan kompresi. Dimensi bentuk komposit 25 mm x 100 mm dengan metode orientasi serat kenaf disusun secara acak.

2.2.1 Komposit

Komposit berasal dari kata kerja "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung. Dalam sederhananya, bahan komposit yaitu bahan gabungan dari dua atau lebih yang sifat bahanya berbeda. Komposit merupakan susunan bahan dua atau lebih yang digabungkan menjadi satu bahan secara mikroskopis dimana bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya sehingga dapat

menampilkan sifat-sifat yang diinginkan (Mikell, 1996). Penyusunan komposit pada dasarnya terdiri dari dua material pembentuk, yaitu matriks yang merupakan pengikat dalam komposit yang mempunyai volume terbesar/dominan serta pengisi (*filler*) yang berfungsi sebagai penanggung beban pada komposit. Dari kombinasi tersebut dapat menghasilkan material komposit yang sifat mekanisnya diharapkan dengan cara mengatur perbandingan komposisi matriks dan *filler* yang diinginkan.

2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Komposit

1. Faktor Serat

Serat merupakan peranan penting dalam komposit. Serat adalah sebagai penguat yang memiliki peranan untuk menahan beban yang terjadi pada komposit. Menurut Nahyudin (2016) ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan serat yaitu:

a. Panjang Serat

Ada dua jenis panjang serat yang digunakan dalam pembuatan komposit yaitu serat panjang dan serat pendek. Keuntungan serat panjang memiliki kekuatan lebih tinggi, lebih merata dimensinya, dan rendah penyusutan dibandingkan serat pendek. Akan tetapi serat pendek memiliki keuntungan pada proses fabrikasi tidak memerlukan jangka lama dalam penyusunan serat.

b. Orientasi Serat

Orientasi serat sangat pengaruh terhadap kekuatan mekanis pada komposit. Orientasi serat searah pada komposit berdampak besar, karena dapat memberikan kekuatan dan kekakuan yang tinggi.

c. Bentuk Serat

Pada umumnya bentuk serat pada komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameternya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan serat juga mempengaruhi.

d. Jenis Serat

Jenis serat terbagi ada dua macam yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat tersebut merupakan penguat pada komposit, keduanya berperan penting karena menentukan sifat mekanis akan tetapi serat sintetis lebih unggul di bandingkan serat alam.

2. Faktor Matriks

Matrik merupakan peranan penting sebagai pengikat dalam komposit. Matrik memiliki sifat tertentu yang berpengaruh pada pengaplikasiannya. Schwartz (1984) Mengatakan dalam pemilihan matrik sifat yang di lihat antara lain tahan pada korosi, tahan pada panas, tahan pada cuaca, dan tahan pada guncangan. Selain itu juga diperhatikan berat jenis, viskositas, tekanan, dan suhu *curing* karna mempengaruhi dalam sifat fisis maupun mekanis pada komposit.

3. Faktor Ikatan

Faktor ikatan pada komposit adalah faktor yang sangat penting, karena sangat mempengaruhi sifat mekanisnya, akan tetapi biasanya terdapat kerusakan faktor ikatan yang di diakibatkan oleh adanya *void*. *void* terjadi karena adanya udara yang terjebak di dalam komposit hal ini mempengaruhi penurunan pada sifat mekanis komposit.

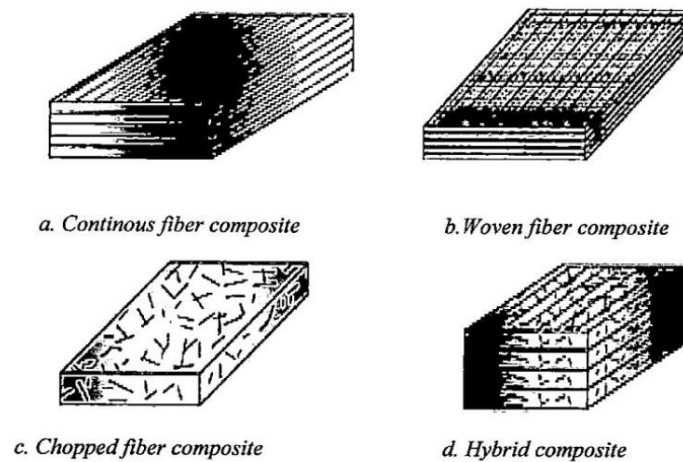
2.2.3 Klasifikasi Material Komposit

Komposit pada dasarnya diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Komposit Serat (*fibre composite*)

Komposit serat adalah komposit yang tersusun dari serat. Kekuatan pada komposit ini di tentukan pada aktivitas ikatan kimia dan mekanisnya. Akan tetapi ikatan yang tidak sesuai antara serat dan matrik bisa menyebabkan kegagalan (Schwartz, 1984). Komposit serat di bagi menjadi empat macam, antara lain: komposit serat kontinyu (*continuous fiber composite*), komposit serat anyam (*woven fiber composite*), serat acak (*discontinuous fiber*

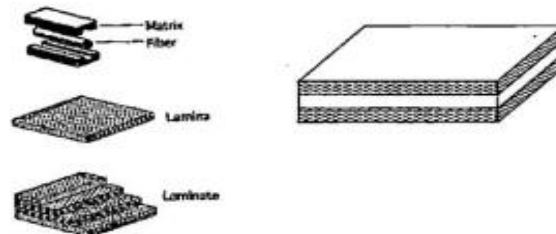
composite), dan komposit serat gabungan (*hybrid composite*) (Gibson, 2012).
Dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 jenis komposit serat (Gibson, 2012).

2. Komposit Lapis (*laminar composite*)

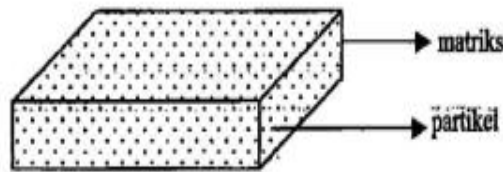
Komposit lapis adalah komposit yang tersusun oleh dua lapisan atau lebih yang digabungkan dari bawah ke atas dan setiap lapisan mempunyai sifat yang berbeda dengan lapisan lain. (Gibson, 1999). Dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.2 komposit lapis (Gibson, 1994).

3. Komposit Partikel (*particulate composite*)

Jenis komposit ini merupakan komposit yang digabungkan oleh partikel serbuk sebagai penguat yang dicampur dengan matrik (Schwartz, 1983). Biasanya menggunakan partikel jenis logam maupun non logam. Contoh partikel logam yaitu: partikel aluminium, tungsten, molibdenum, dan lainnya yang terdapat ada unsur logamnya. Sedangkan partikel nonlogam, yaitu: partikel pasir, kayu, plastik, kaca dan lainnya yang tidak mengandung unsur logam (Jones, 1999). Gambar komposit partikel dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 komposit partikel (Gibson, 1994).

Dilihat dari jenis bahan matriknya komposit dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

1. Komposit Matriks Keramik/*CMC (Ceramic Matrixes Composite)*

Jenis komposit ini menggunakan keramik sebagai matrik yang diperkuat serat pendek terbuat dari silikon karbida atau boron nitrida.

2. Komposit Matriks Logam/*MMC (Metal Matrixes Composite)*

Jenis ini menggunakan menggunakan bahan logam sebagai matriks dan silicon karbida sebagai penguat.

3. Komposit Matriks Polimer/*PMC (Polymer Matrixes Composite)*

Jenis komposit ini menggunakan menggunakan bahan polimer sebagai matriksnya. Matrik yang digunakan Resin dan serat sebagai penguatnya.

Komposit ini memiliki sifat yang kuat serta dalam fabrikasinya.

2.2.4 Matriks

Matrik merupakan peranan penting di dalam komposit yang fraksinya dominan lebih banyak selain itu matrik juga berfungsi sebagai pengikat. Matrik yang biasanya di gunakan salah satunya adalah dari bahan polimer karna banyak di aplikasikan dalam dunia industry (Gibson, 2012). Polimer yang digunakan yaitu polimer thermoset dan polimer termoplastik.

1. Polimer termoplastik merupakan polimer yang dapat di daur ulang karena tidak mempunyai ikatan, polimer ini meliputi PVC (*polyvynil chloride*), PP (*polypropylene*), HDPE (*high density polyethylene*), LDPE (*low density polyethylene*) dan lain lain.

2. Polimer termoset merupakan polimer yang tidak dapat di daur ulang karena mempunyai ikatan silang, polimer ini meliputi *polyester*, *epoxy*, *vinylester*, dan lain lain.

a. Epoksi

Epoksi merupakan salah satu matrik polimer jenis termoset. Epoksi terbentuk dari kombinasi resin dan bahan pengeras (hardener), jika keduanya tercampur maka akan dapat berubah fase dari cair ke padat dan menjadi keras, hal ini mempengaruhi dalam sifat mekanis. Sifat mekanis epoksi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Polimer Termoset (Holbery, 2006)

Property	Polyester Resin	Vinylester Resin	Epoxy
Density (g/cc)	1.2–1.5	1.2–1.4	1.1–1.4
Elastic Modulus (GPa)	2–4.5	3.1–3.8	3–6
Tensile Strength (MPa)	40–90	69–83	35–100
Compressive Strength (MPa)	90–250	100	100–200
Elongation (%)	2	4–7	1–6
Cure Shrinkage (%)	4–8	—	1–2
Water Absorption (24 h @ 20°C)	0.1–0.3	0.1	0.1–0.4
Izod Impact, Notched (J/cm)	0.15–3.2	2.5	0.3

2.2.5 Filler (Pengisi/Penguat)

Menurut Jones (1999) *filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit. *Filler* biasanya berupa serat atau serbuk. *Filler* juga berfungsi sebagai penanggung beban pada komposit. Serat yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah serat alam dan serat sintesis, sedangkan serbuk yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah serbuk logam dan non logam.

1. Serat Kenaf

Serat kenaf merupakan dari tumbuhan *Hibiscus Cannabinus Fiber* yang berasal dari Afrika, tinggi kenaf mencapai 3-5 meter. Tumbuhan kenaf memiliki

beberapa bagian di antaranya: kulit batang luar, kulit batang dalam, inti batang luar, dan inti batang dalam. Menurut Akil *et.al* (2011) pada serat kenaf terdapat kandungan selulosa 69,2% , lignin 2,8% , hemiselulosa 27% , dan komponen lain 0,8% . Serat kenaf berdiameter 100-150 μm (Sosiati *et.al.* 2014). Sifat mekanisnya dapat dilihat ditabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat mekanis serat alam (Akil, 2011)

Serat	Densitas (g/cm ³)	Diameter (m)	Tensile Strenght (MPa)	Modulus Young (GPa)	Elongation at break (%)
Flax	1.5	40-600	345-1500	27.6	2.7-3.2
Hemp	1.47	25-500	690	70	1.6
Jute	1.3-1.49	25-200	393-800	13-26.5	1.16-1.5
Kenaf	0.2-1.2	25-200	930	53	1.6
Rami	1.55	25-200	400-938	38	1.2-3.8
Sisal	1.45	50-200	468-700	9.4-22	3-7
Abaca	1.5	150-500	430-760	3.2	1.6
Kapas	1.5-1.6	12-38	121-220	5.5-12.6	7-8
Eglass	2.55	<17	3400	73	2.5
Kevlar	1.44		3000	60	2.5-3.7
Carbon	1.78	5-7	3400-4800	240-425	1.4-1.8

2. Mikrosilika (Silica Fume)

Menurut Khater (2013) mikrosilika atau yang dikenal sebagai *silica fume* (SF) adalah produk sampingan dari pengurangan kuarsa kemurnian tinggi batubara pada tungku listrik dalam produksi paduan *silicon* dan *ferosilicon*. *Silica fume* mempunyai kehalusan yang sangat baik dan mempunyai kandungan silika (SiO₂) yang sangat tinggi. *Silica fume* merupakan bahan pozzolan (bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina). *Silica fume* mempunyai density/massa jenis 2,2 gr/cm³ (Kosmatka, 2011) dan mempunyai diameter

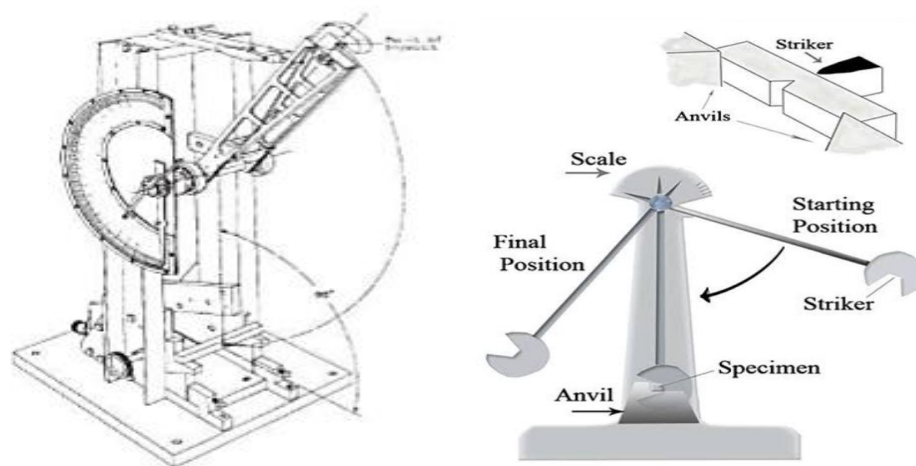
partikel berkisar 0,1-150 μm (hasil pengukuran menggunakan *scanning electron microscopy*).

Penggunaan silika dalam dunia komposit pertama kali digunakan untuk campuran beton pada tahun 1952 oleh seorang peneliti asal Norwegia. Baru pada akhir tahun 1970-an silika mulai dikenal dan digunakan sebagai bahan semen tambahan pada beton di Skandinavia. Karena perbaikan kekuatannya yang signifikan, silika banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan beton berkekuatan tinggi (Zhang dkk., 2011).

2.2.6 Pengujian Impak Komposit

Uji impak merupakan pengujian untuk mendapatkan ketahanan terhadap beban kejut dan mengetahui berapa energi yang dibutuhkan saat mematahkan specimen dalam satu pukulan.

Metode impak dibagi menjadi 2 yaitu metode charpy dan metode izod dengan *notch* (takikan) maupun tanpa *notch* sesuai dengan standar pengujian bahan tersebut. Pada penelitian ini menggunakan impak *charpy* dikarenakan mengukur kekuatan polimer bahan. Skema pengujian impak seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Skema pengujian impak (ASTM D6110-04)

Rumusan yang digunakan untuk menghitung besar energy yang terserap oleh spesimen komposit pada pengujian impact charpy adalah.

$$\text{Energi serap} = m.g.R [\cos\beta - \cos\alpha] \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana

m = Massa pendulum (kg)

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

R = Panjang lengan pendulum (m)

β = Sudut ayunan pendulum setelah menabrak spesimen (°)

α = Sudut ayunan bebas pendulum (°)

Dari hasil perhitungan energy terserap diatas, kekuatan impact dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Harga impact (HI)} = \frac{\text{Energi Serap}}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

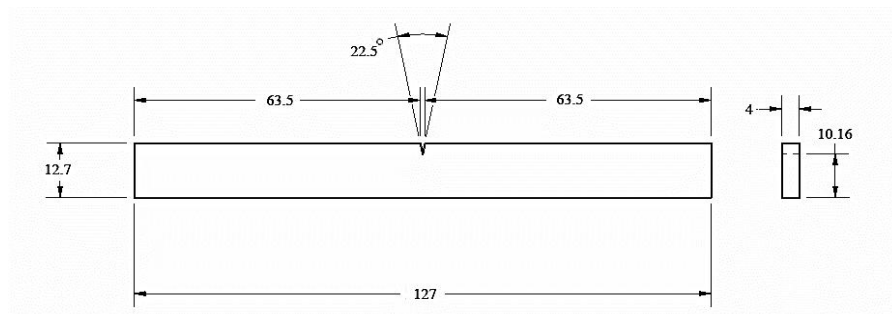
Dimana:

HI = Kekuatan impact (J/m²)

Energi Serap = Energi serap spesimen (Joule)

A = Luas penampang spesimen (m²)

Setelah perhitungan dan pembuatan selesai perlu penambahan takikan (*v-notch*) pada spesimen. *V-notch* adalah sebagai titik tengah perpatahan pada pengujian. *V-notch* disebut sebagai titik patah karena *v-notch* merupakan titik konsentrasi tegangan. Pada gambar 2.5 merupakan ukuran *v-notch* yang di tentukan untuk specimen dengan ASTM D6110-04.



Gambar 2.5 Ukuran Specimen Uji Impak (ASTM D6110-04)

2.2.7 Uji Mekanik Bending

Pengujian bending merupakan pengujian sifat mekanik pada spesimen, digunakan terhadap komponen yang menerima beban lentur maupun fabrikasi pelengkungan. Pelengkungan pada pengujian merupakan pembebanan satu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan pada tumpuan. Pengujian lengkung beban bertujuan untuk mengetahui berbagai aspek yaitu:

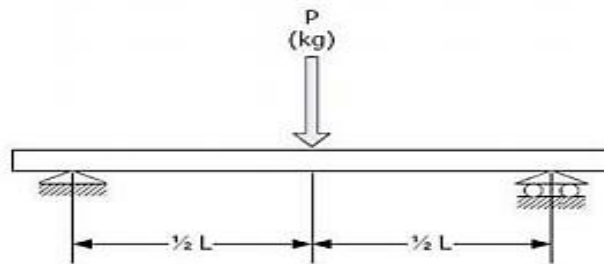
Pengujian lengkung beban bertujuan untuk mengetahui berbagai aspek yaitu:

1. Kekuatan dan tegangan bending (σ)
2. Defleksi sudut yang terbentuk oleh lenturan (δ)
3. Modulus Elastisitas (E)

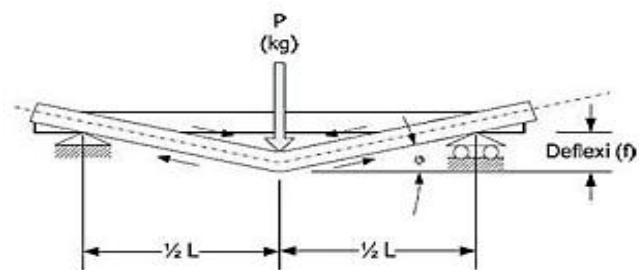
Pengujian bending dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu *Three Point Bending* atau *Four Point Bending* menurut kondisi dari specimen uji. Untuk benda uji dengan kerataan kurang sempurna dilakukan metode *Three Point Bending*.

Metode *Three Point Bending* yaitu metode dengan pembebanan satu titik pada specimen tepat pada bagian tengah ($1/2 L$). Pada metode ini material harus tepat berada di titik tengah, agar mendapatkan momen maksimum kekuatan dan tegangan bending (σ).

Berikut ini ilustrasi pengujian kekuatan bending menggunakan metode *Three Point Bending* seperti pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Pembebanan lengkung *Three Point Bending*.(ASTM D790-02)



Gambar 2.7 Pengaruh pembebanan lengkung menyebabkan defleksi.(ASTM D790-02)

Penambahan beban secara terus menerus akan menyebabkan deformasi elastis menuju plastis akhirnya mengalami kerusakan. Gambar 2.7 menunjukkan adanya defleksi yaitu sudut yang terbentuk oleh lenturan. Setelah dilakukan uji bending, untuk mendapatkan kekuatan bending dilakuakn perhitungan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{3PL}{(2bd^2)} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\sigma_b = \frac{3PL}{(2bd^2)} \left[1 + 6\left(\frac{D}{L}\right)^2 - 4\left(\frac{d}{L}\right)\left(\frac{D}{L}\right) \right] \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana

σ_b = tegangan bending (MPa)

P = gaya pembebanan (N)

L = jarak antar tumpuan/span (mm)

b = lebar specimen (mm)

d = tebal specimen (mm)

D = defleksi maksimum (mm)

Persamaan 2.3 digunakan apabila perbandingan $L/d \leq 16$ dimana L adalah *support span* dan d adalah tebal specimen. Pada persamaan 2.4 digunakan jika nilai perbandingan $L/d > 16$. Untuk mendapatkan nilai regangan bending digunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_b = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana

ϵ_b = regangan (mm/mm) D = defleksi maksimum (mm)

L = panjang span (mm)

d = tebal (mm)

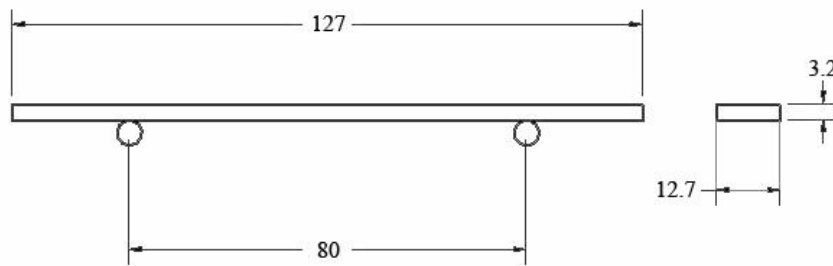
Untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas menggunakan persamaan berikut

$$E_B = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots (2.6)$$

E_B = modulus elastisitas bending (MPa)

m = slope tangen pada kurva beban defleksi (N/mm)

Berikut ini adalah ukuran specimen uji bending dengan ASTM D790-02 yang akan digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ukuran spesimen uji bending dan panjang span (ASTM D790-02)

2.2.8 Uji penyerapan air (Water Absorption)

Penyerapan air adalah salah satu karakteristik terpenting dari komposit karena dengan melihat hasil tersebut akan mempengaruhi aplikasi penggunaan bahan komposit. Uji ini merupakan yang terpenting karena untuk melihat difusi antar molekul air ke dalam permukaan matriks (Ashori dan Shesmani, 2010). Data yang diambil adalah perbedaan berat dan tebal specimen sebelum dan setelah perendaman. Ukuran spesimen untuk pengujian daya serap air mengacu pada ASTM D570-98 (Shakeri, 2009). Dimensi benda uji (76,2 mm x 25,4 mm x 3,2 mm) untuk spesimen berbentuk lembaran.

Untuk menghitung pertambahan berat (*weight gain*) dan tebal (*thickness swelling*) dalam pengujian daya serap air dapat menggunakan persamaan 2.7 dan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$WG = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana WG = Penambahan berat (*weight gain*) (%)

 B₁ = Berat sebelum perendaman (gram)

 B₂ = Berat setelah perendaman (gram)

Persamaan 2.8 menghitung pertambahan tebal (*thickness swelling*) :

$$TS = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana TS = Penambahan tebal (*weight gain*) (%)

 T₁ = Tebal sebelum perendaman (mm)

T_2 = Tebal setelah perendaman (mm)

2.2.9 Pengujian Makro Menggunakan Mikroskop Optik

Proses karakterisasi serat dan komposit menggunakan alat bantu tambahan dikarenakan objek yang diamati berukuran mikro (μm) yang tidak bias dilihat dengan mata telanjang. Mikroskop merupakan salah satu alat bantu yang biasa digunakan untuk mengamati objek berukuran sangat kecil dengan cara memperbesar bayangan objek hingga berkali – kali lipat, bayangan objek yang diamati dapat diperbesar 40 kali, 100 kali, 400 kali, bahkan 1000 kali. Perbesaran yang mampu dijangkau semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Alat ini digunakan untuk pengujian optik untuk mengamati struktur patahan komposit dan distribusi serat yang dilakukan di Laboratorium Nanomaterial Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Mikroskop optik dapat dilihat pada Gambar 2.9

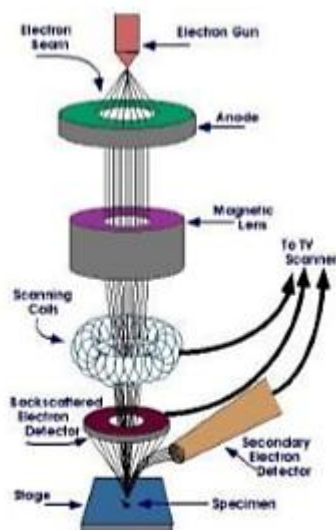


Gambar 2.9 *Microscope Optic Usb*

2.2.10 Pengujian Mikro Menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

SEM adalah jenis mikroskop elektron yang mencitrakan permukaan sampel oleh pemindaian dengan pancaran tinggi elektron. Elektron yang berinteraksi dengan atom yang membentuk sampel menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang sampel dari permukaan topografi, komposisi dan sifat lainnya . Untuk pengamatan objek partikel secara langsung dengan perbesaran 10-3.000.000 kali, *depth of field* mencapai 4-0.4 mm dengan resolusi sebesar 1-10 nm. Ketetapan dalam mengatur perbesaran yang tinggi, *depth of field*, serta resolusi

yang baik membuat SEM banyak digunakan sebagai acuan dalam penelitian (Putra, 2017). Gambar 2.15 merupakan prinsip kerja SEM



Gambar 2.10 Prinsip kerja SEM (Putra, 2017)

Prinsip kerja dari SEM pada Gambar 2.10 ditunjukkan dalam langkah – langkah berikut.

1. Electron gun dapat menghasilkan electron beam dari filamen. Lilitan yang menerima tegangan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron.
2. Lensa kondensor atau lensa magnetik akan memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus akan memindai keseluruhan sampel oleh koil pemindai.

Ketika elektron mengenai sampel, terjadilah hamburan elektron, baik secondary electron (SE) atau back scattered electron (BSE) dari permukaan sampel yang dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor cathode-ray tube (CRT).