

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Komposit serat alam sudah banyak dimanfaatkan diberbagai bidang seperti otomotif, olahraga, industri, dan biomedis. Akan tetapi serat alam tidak dapat menggantikan serat sintesis karena sifat mekanis dan sifat fisis yang dimiliki serat alam tidak sekuat serat sintesis. Serat alam memiliki kekurangan karena terdapat gaya adesi yang tinggi sehingga menyebabkan fluida mudah terserap. Selain itu terjadi pembengkakan dari dimensi serat dan degradasi serat sehingga dapat menurunkan kekuatan mekanik serat. Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan cara dilakukan kombinasi serat antara serat alam dan serat sintetis sehingga dapat menghasilkan produk kualitas baik dengan harga yang terjangkau.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Sosiati, *et al.* (2019) tentang *Characterization of tensile properties of alkali-treated kenaf/polypropylene composites* variasi lama perendaman alkalisasi 4 jam, 10 jam, 24 jam, 36 jam dan tanpa perlakuan (untreated). Selanjutnya serat kenaf dipotong sepanjang 6 mm dan *polypropylene* dipotong dengan ukuran panjang 17 cm dan lebar 2,2 cm. Komposit ini menggunakan komposisi fraksi volume sebesar 20% serat dan 80% matriks dengan jumlah lapisan 13 *laminata*. Komposit difabrikasi menggunakan metode serat *laminata* dan persebaran serat menggunakan *hand-lay-up*. Komposit dipress pada mesin *hot press* dengan tekanan sebesar 3,5 MPa selama 10 menit pada suhu 175°C. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM D638-02 dengan *crosshead speed* sebesar 500 mm/min dan *gauge length* sebesar 50 mm. Karakterisasi penelitian ini menggunakan uji FTIR dan SEM. Penelitian ini menghasilkan bahwa semakin lama perendaman alkali maka semakin tinggi kuat tarik yang terjadi pada perendaman alkali selama 36 jam. Nilai kuat tarik yang dihasilkan sebesar 48 MPa dan modulus elastisitas sebesar 1,8 GPa.

Penelitian yang telah dilakukan (Irawan, *et al.* 2009) tentang komposit *laminat* rami epoksi sebagai bahan alternatif *socket prosthesis*. Metode yang digunakan yaitu lamina dengan variasi fraksi volume 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Serat rami yang digunakan berupa kontinyu jenis rami 100% Ne.14S' dan matriks yang digunakan berupa *Epoxy Resin Bakelite* EPR 174 dengan *Epoxy Hardener* V-140. Rasio perbandingan resin dan *hardener* 1:1, pembuatan sampel menggunakan metode *hand-lay-up*. Uji tarik pada komposit berdasarkan standar ASTM D3039. Hasil pengujian ini menunjukkan sifat mekanik yang baik terdapat pada variasi fraksi volume 50% dengan nilai uji tarik 80 MPa dan modulus elastisitas 8,45 GPa.

Penelitian yang telah dilakukan Irawan & Sukania (2012) tentang *tensile strength and impact strength of bamboo fiber reinforced epoxy composite as alternative materials for above knee prosthetic socket* dengan variasi fraksi volume (10, 20, 30, 40, dan 50) %. Penelitian ini menggunakan serat bamboo yang berupa serat kontinyu dengan ketebalan $0,3 \pm 0,5$ mm dan lebar $3 \pm 0,5$. Setelah itu dilakukan perlakuan pada serat bamboo dengan 90% *alcohol* selama 10 menit dan dikeringkan pada *temperature* ruangan. Komposit difabrikasi dengan menggunakan teknik *hand-lay-up* orientasi serat $0^\circ/90^\circ$ dan rasio antara *epoxy resin* dan *hardener* 1:1. Pengujian tarik pada komposit berdasarkan standar ASTM D3039 dengan *crosshead speed* 2 mm/min. Pengujian impak pada komposit berdasarkan standar ISO 179:97 dengan *velocity impact* 2,9 m/s. Penelitian ini menghasilkan bahwa sifat mekanik tertinggi pada variasi fraksi volume 50% yaitu kuat tarik 81,06 MPa dan modulus elastisitas 8,95 GPa.

Penelitian yang telah dilakukan Sosiati, *et al.* (2019) tentang *Sisal/PMMA and Sisal/Carbon/PMMA Biomedical Composites* sebagai alternatif dalam pembuatan *prosthesis*. Penelitian ini melakukan perbandingan antara komposit sisal/PMMA penambahan MAPP dengan komposit hibrid sisal/karbon/PMMA rasio menggunakan variasi serat sisal/karbon 2:1, 1:1, 1:2 dan full sisal. Pengujian bending dilakukan menggunakan *crosshead* 3,33 mm/min berdasarkan standar ATM D790-02.

Setelah itu serat sisal dibersihkan menggunakan air dan dikeringkan pada oven dengan suhu 70°C selama 30 menit. Kemudian dilakukan alkalisasi serat dengan larutan NaOH 6% selama 4 jam dan dinetralkan dengan CH₃COOH 1% selama 1 jam. Selanjutnya serat sisal dibersihkan menggunakan air mengalir. Serat karbon direndam dengan asam nitrat (HNO₃) 68% selama 48 jam kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 6 jam. Sebelum difabrikasi serat sisal dipotong sebesar 6 mm kemudian dilakukan fabrikasi dengan metode *hand-lay-up*. Serat disebar secara acak pada cetakan spesimen kemudian dipress dengan kondisi *cold press* bertekanan 4,45 MPa selama 60 menit. Komposit sisal/PMMA pada fraksi volume serat 30% memiliki 5 variasi antara lain, UTS (*untreated sisal*), TS (*treated sisal*), UTS-MAPP 3%, UTS-MAPP 5% dan UTS 10%. Pengujian tarik pada variasi UTS-MAPP 5% relatif meningkat sebesar 45 MPa dan uji lentur 74,87 MPa apabila dibandingkan dengan komposit hibrid sisal/karbon/PMMA. Didapatkan hasil bahwa komposit hibrid sisal/karbon/PMMA memiliki kuat tarik yang tinggi mencapai 54,21 MPa. Sehingga penelitian ini menghasilkan *high mechanical strength and low brittleness*.

Pada penelitian yang dilakukan Asumani, *et al.* (2012) serat direndam selama 24 jam menggunakan larutan alkali dengan konsentrasi NaOH 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, dan 8% pada suhu 45°C. Setelah itu dicuci dengan air mengalir, kemudian direndam menggunakan larutan asam asetat 1% supaya sisa NaOH hilang. Serat dikeringkan selama 12 jam menggunakan oven dengan suhu 45°C. Terakhir dilakukan *silane treatment* dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 12 jam. Fabrikasi komposit menggunakan Teknik *impression moulding* dengan fraksi masa serat 20%, 25%, 30%, dan 35%. Didapatkan hasil dari penelitian ini bahwa komposit yang menggunakan 30% massa serat konsentrasi NaOH 5% selama 24 jam memiliki kuat tarik paling tinggi sekitaran 40MPa.

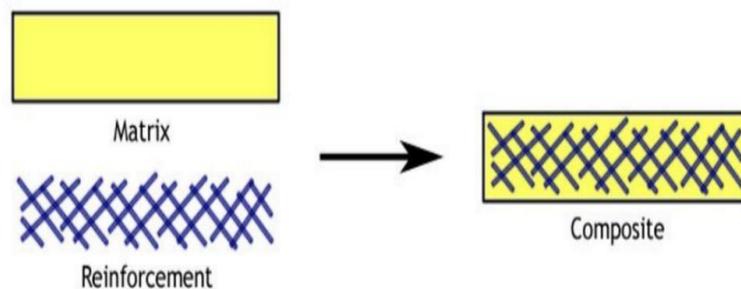
Penelitian yang pernah dilakukan oleh Soemardi, *et al.* (2009) tentang karakteristik mekanik komposit lamina serat rami epoksi sebagai bahan alternatif *socket prosthesis*. Pengujian sampel komposit mengacu pada

standar ASTM D 3039/D 3039M untuk uji tarik dan ASTM D 4255/D 4255M-83 untuk uji geser. Fraksi volume yang digunakan yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. Jenis serat rami berupa serat kontinyu jenis ramie 100% Ne.14'S. Matriks yang digunakan berupa Epoxy Resin Bakelite EPR 174 dengan Epoxy Hardener V-140 dan Mirror Glaze/MGH No. 8. Rasio perbandingan resin dan hardener adalah 1:1. Metode untuk pembuatan sampel uji adalah hand lay-up. Didapatkan hasil serat rami epoksi berpotensi untuk dikembangkan sebagai *socket prosthesis* atas lutut pada fraksi volume 40-50% dengan hasil kuat tarik 232 MPa dan modulus elastisitas 9,7 GPa untuk fraksi volume 40% dan 260 MPa dan modulus elastisitas 11,23 GPa untuk fraksi volume 50%.

2.2. Dasar Teori

1.2.1 Komposit

Material baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih material disebut komposit. Masing-masing material mempunyai sifat yang berbeda satu sama lainnya baik sifat kimia maupun fisiknya. Komposit terdiri dari penguat dan matriks. Penguat berfungsi untuk merekatkan antar matriks dan meneruskan beban material ketika komposit memperoleh beban, sedangkan matriks berfungsi untuk material utama penyusun (Nayiroh, 2013).

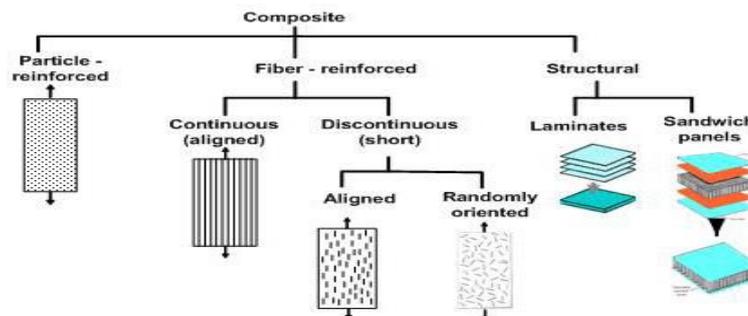


Gambar 2.1. Susunan pada komposit (Ony, 2017)

1.2.1.1 Penguat (*reinforcement*)

Penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai rangka yang menyusun komposit dan menahan beban utama pada komposit. Komposit dapat di klasifikasikan berdasarkan jenis penguatnya terlihat pada gambar 2.2 yaitu:

- a) *Particle Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran untuk *filler* (pengisi). *Filler* yang digunakan dapat berupa partikel logam atau non logam.
- b) *Fibrous Composite Materials* (komposit serat) merupakan jenis komposit yang komponen penyusunnya yaitu matriks dan serat.
- c) *Structural Composite Materials* (komposit berlapis) merupakan jenis komposit yang materialnya minimal terdiri dari dua material yang berbeda. Terdapat dua jenis komposit berlapis yaitu *sandwich panels* dan *laminates*.



Gambar 2.2. Klasifikasi material komposit berdasarkan penguat (Gibson, 1994)

1.2.1.2 Matriks

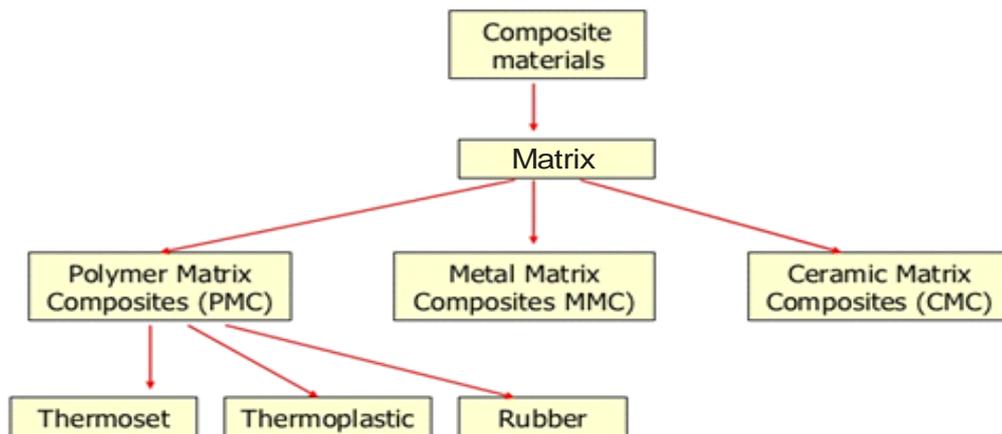
Matriks adalah fasa dalam komposit yang memiliki fraksi volume yang dominan dibanding serat. Fungsi dari matriks adalah sebagai berikut:

- a) Melepas ikatan.
- b) Melindungi serat.
- c) Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- d) Memisahkan serat.

- e) Mentransfer tegangan ke serat
- f) Tetap stabil setelah proses manufaktur

Klasifikasi dari komposit berdasarkan matriksnya dapat dilihat pada gambar 2.3 yaitu (Nayiroh, 2013):

- a) *Polymer Matrix Composites* (PMC) yaitu komposit yang menggunakan polimer (*thermosets*, *thermoplastic* dan *rubber*) sebagai matriksnya
- b) *Metal Matrix Composites* (MMC) yaitu komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya
- c) *Ceramics Matrix Composites* (CMC) yaitu komposit yang menggunakan keramik sebagai matriksnya.



Gambar 2.3. Klasifikasi material komposit berdasarkan matriks (Puzhakkal, 2016)

1.2.2 Serat *Abaca*

Serat *abaca* (*Musa textilis Nee*) merupakan serat alam yang berasal dari Filipina. Masyarakat asli Filipina memanfaatkan serat *abaca* sebagai bahan pembuat tekstil yang pemanfaatannya terus berkembang yang bertujuan untuk penggunaan tali kapal, kabel, anyaman, basket, tas, topi dan mebel, serta bahan utama pembuat kertas. Serat *abaca* juga bisa ditemukan di kepulauan Indonesia, seperti pulau Kalimantan, Sumatera (terutama Aceh Timur dan pulau Simelue), dan Sulawesi Utara (Mussig, *et al.*, 2010).

Serat *abaca* memiliki diameter serat 150-260 μm . Serat *abaca* memiliki komposisi sebagai berikut, *contains water* (1.4%), *lipid and cuticula* (0.2-3%), *pectin* (0.5-1%), *lignin* (5-13%), *hemicellulose* (19-25%) and *cellulose* (56-86%) jika ditinjau dari sifat morfologi dan kimia. *Abaca* memiliki sifat mekanis yang tinggi seperti *tensile strength* 600-980 Mpa dan *Young's modulus* 41-50 Gpa (Mussig, *et al.*, 2010). Sifat mekanis serat *abaca* dapat dilihat dari tabel 2.1 dan sifat kimia pada serat *abaca* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1. Sifat Mekanis Serat *Abaca*

Kind of fibre			Tensile strength (MPa) range (most frequently published)	Young's modulus (GPa) range (most frequently published)	Elongation at break (%) range (most frequently published)
Monocotyledonous plants	Fruit fibre	Coir	95–270 (200)	2.8–6 (5)	15–51.4 (30)
		Leaf sheath fibres	Sisal	80–855 (600)	9–38 (12)
	Abacá		12–980 (600)	12–72 (50)	1–12 (4)
	Banana		430–914 (600)	7.7–42 (20)	1–10 (4)
	Pineapple		170–1627 (750)	6.2–82.5 (40)	0.8–3 (2)
	Henequen		430–580 (500)	10.1–16.3 (13)	3–5.9 (4)
	Curaua		439–495 (460)	10.5 (10.5)	1.3–4.5 (3)
	Piassava		134–143 (140)	1.07–4.59 (3)	21.9 (22)
	Halm fibre	Alfa	350 (350)	22 (22)	5.8 (2.8)
		Bamboo	140–1000 (500)	11–89 (30)	
		Date palm	97–196 (150)	2.5–5.4 (5)	2–4.5 (3.3)
		Oil palm EFB	248 (248)	3.2–6.7 (4.5)	14–25 (20)

Tabel 2.2. Sifat kimia pada Serat *Abaca*

Kind of fibre			Cellulose (%) range (most frequently published)	Hemi-cellulose (%) range (most frequently published)	Lignin (%) range (most frequently published)	Pectin (%) range (most frequently published)	Fat/wax (%) range (most frequently published)	Ash (%) range (most frequently published)	Water solubles (%) range (most frequently published)
Monocotyledonous plants	Fruit fibre	Coir	32–53 (40)	0.2–0.3 (0.2)	40–45 (43)	3–4 (3)			4.5 (4.5)
		Leaf sheath fibres	Sisal	43–88 (66)	10–15 (12)	4–14 (10)	0.5–10 (2)	0.2–2 (1)	0.14–0.55 (0.3)
	Pineapple		80–83 (81)	16–19 (17)	5–13 (12)	2–3 (2.5)			4 (4)
	Abacá		56–68 (60)	19–25 (21)	5–13 (10)	0.5–1 (0.8)	0.2–3 (1.4)		1.4 (1.4)
	Banana		50–68 (64)	6–30 (15)	5–18 (9)	3–5 (4)	10–11 (10.5)	1.2 (1.2)	2.4 (2.4)
	Henequen		60–78 (69)	4–28 (16)	8–13 (10)	3–4 (3.5)	0.5 (0.5)		
	Phormium		67 (67)	30 (30)	11 (11)				
	Alfa		45 (45)	39 (39)	14.9 (14.9)		2 (2)		
	Piassava	29 (29)	26 (26)	45 (45)					

1.2.3 Karbon

Ditahun 1958 Roger Bacon telah menemukan serat karbon. Pada tahun 1960, Richard Millington menyempurnakan temuan tersebut, sehingga memiliki sifat mekanis yang tinggi pada serat karbon. Serat karbon merupakan serat sintetis yang memiliki sifat mekanis paling tinggi dibandingkan dengan serat sintetis lainnya.

Selain kuat, serat karbon juga ringan, sehingga serat karbon lebih baik dibandingkan serat sintetis lainnya. Serat karbon banyak digunakan dibidang olahraga, otomotif dan kesehatan. Serat karbon sebagai filler untuk material komposit dengan menggunakan matrik polimer. Meskipun serat karbon memiliki sifat mekanis yang tinggi, namun salah satu kelemahan serat karbon yaitu kurang mengikatnya serat karbon dengan matrik polimer. Dikarenakan sifat alami serat karbon yang kurang mengikat dengan bahan kimia (Sapieha, *et al.*, 1990). Serat karbon memiliki keuntungan dan kelemahan yang membuatnya banyak digunakan sebagai filler didalam komposit:

Keuntungan :

- a) Dengan penggunaan resin yang tepat, serat karbon dapat tahan terhadap sinar UV
- b) Ekspansi thermal rendah
- c) Kuat tarik tinggi
- d) Ringan
- e) Tahan korosi

Kekurangan :

- a) *High cost* dalam pembuatan
- b) Lemah terhadap jenis matrik polimer

1.2.4 *Polymethyl Methacrylate* (PMMA)

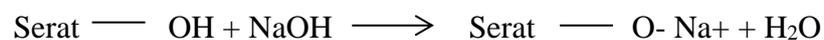
Polymethyl Methacrylate (PMMA) merupakan matriks polimer yang digunakan dalam operasi ortopedi pada tahun 1958. PMMA termasuk biokompatibilitas dan memiliki sifat mekanik yang membuatnya sangat luar

biasa diperlukan dibidang biomedis khususnya ortopedi maupu *prosthesis* (Wei, *et al.*, 2012).

Polymethyl Methacrylate (PMMA) memiliki ketahanan gores yang tinggi dibandingkan dengan polimer yang serupa, seperti polikarbonat. Ketahanan goresannya masih belum bisa bersaing dengan kaca. PMMA sering digunakan dalam berbagai implan karena kompatibilitas dengan jaringan manusia (human tissue). PMMA memiliki peran penting dalam optometri untuk menggantikan lensa intraokular pasien katarak dan perekat tulang dalam operasi ortopedi. Modulus elastisitas mirip dengan tulang manusia membuatnya menjadikan salah satu polimer matriks yang lebih alami bagi pasien ortopedi maupu *prosthesis* (Sosiati, 2019).

1.2.5 Alkali Treatment

Serat alam memiliki kelebihan yang baik, namun memiliki kekurangan adalah serat alam bersifat hidrofilik sedangkan matrik memiliki sifat hidropobik, sehingga menyebabkan ikatan keduanya lemah. (Kabir, *et al.*, 2011) meneliti tentang perlakuan kimia pada serat alam dapat mengurangi hidrofilik, sehingga meningkatkan kompatibilitasnya terhadap matriks. *Alkali treatment* adalah metode modifikasi serat dengan cara merendam serat ke dalam basa alkali yang guna untuk mendapatkan ikatan yang baik antara permukaan serat dan matriks. Reaksi dari *alkali treatment* terhadap serat sebagai berikut:



Tujuan perlakuan alkalisasi yaitu mengurangi komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antarmuka yakni lignin, pectin dan hemiselulosa. Dengan mengurangi komponen lignin dan hemiselulosa, akan menghasilkan struktur permukaan serat yang lebih baik dan lebih mudah dibasahi oleh resin, sehingga menghasilkan “*mechanical interlocking*” yang lebih baik. Perlakuan alkali biasanya menggunakan NaOH yang jenis matriksnya “*thermoplastic*” dan “*thermoset*”.

1.2.6 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik pada material yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan yaitu tegangan aktual eksternal. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan bahan uji dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga bahan mengalami pertambahan panjang hingga putus. Hasil uji tarik tersebut untuk mengetahui fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang pada proses uji tarik (Salindeho, *et al.*, 2013).

Mesin uji tarik diperlukan dalam kegiatan *engineering* untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Uji tarik sering kali digunakan dalam mengetahui informasi kekuatan tarik pada suatu material dan sebagai data pendukung material (Salindeho, *et al.*, 2013).

Dalam melakukan uji tarik, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

a) Tegangan Tarik

Besarnya tegangan tarik dapat dihitung melalui persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- σ = Kekuatan tarik (MPa)
- F = Beban tarik (N)
- A = Luas penampang (mm²)

b) Regangan Tarik

Regangan tarik adalah regangan linear rata-rata yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan (*gage length*) benda uji, dengan panjang awal.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

ε = Engineering strain (mm/mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang daerah ukur (mm)

c) Modulus Elastisitas

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

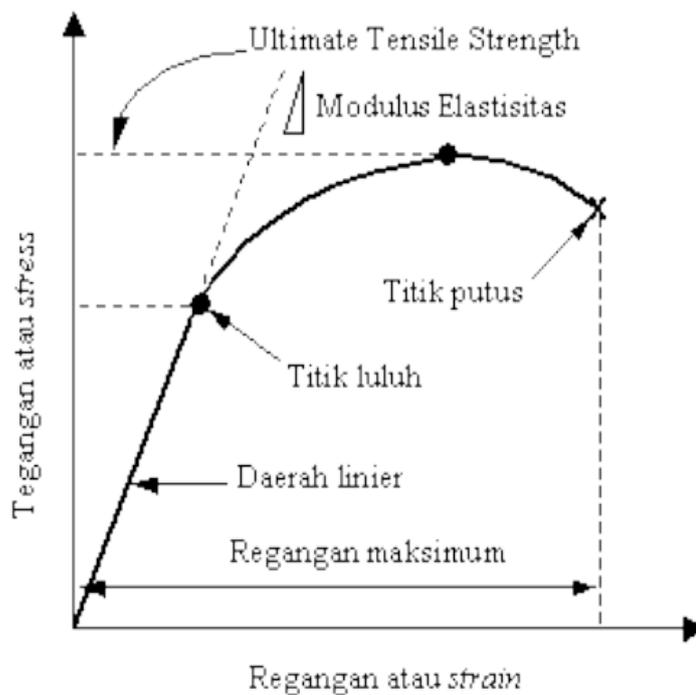
Keterangan:

E = Modulus elastisitas (MPa)

σ = Tegangan (MPa)

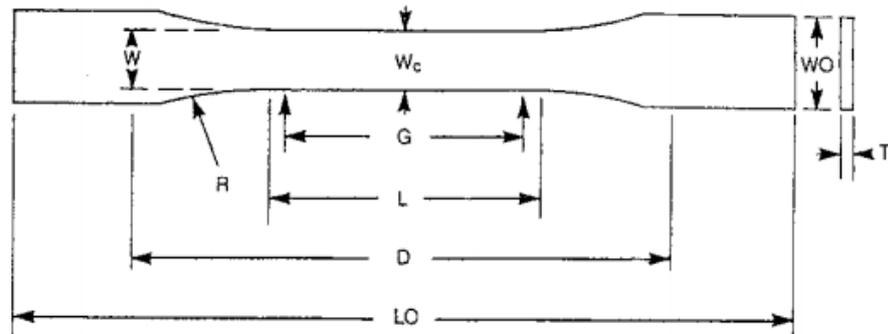
ε = Regangan (mm/mm)

Dari kurva dibawah akan diperoleh data titik putus, titik luluh, data modulus elastisitas dan regangan maksimum dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4. Kurva tegangan-regangan

Berdasarkan ASTM D-638, bentuk dan ukuran spesimen (tipe 1) dibutuhkan untuk uji kekuatan komposit. Detail bentuk dan ukuran ditunjukkan gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5. Bentuk spesimen tipe 1 ASTM D638

Tabel 2.3. Ukuran bentuk spesimen tipe 1 ASTM D638

Ukuran	Nilai (mm)
- Tebal, T	4
- Lebar pada daerah berbatas, W	13
- Panjang pada daerah berbatas, L	57
- Lebar seluruhnya, WO	19
- Panjang seluruhnya, LO	165
- Panjang pada daerah cekung, G	50

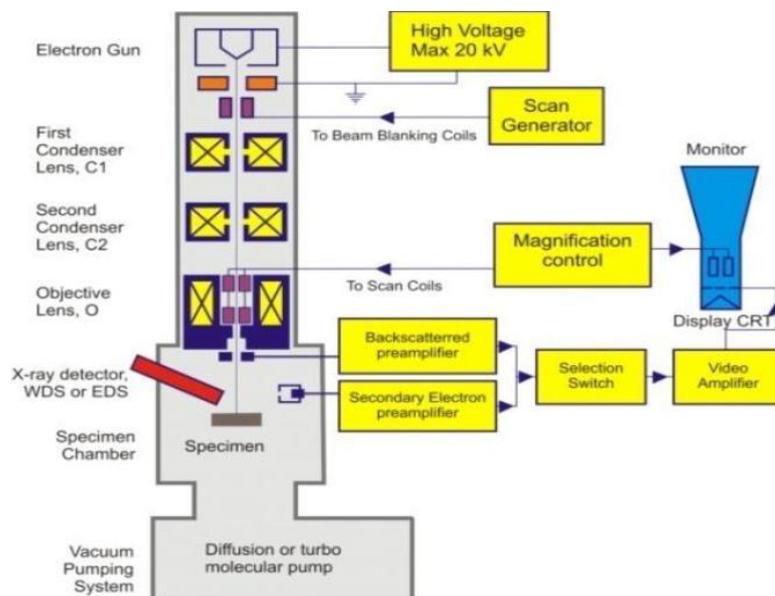
1.2.7 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Proses pengamatan serat dan komposit menggunakan alat bantu tambahan yaitu *Scanning Electron Microscope* (SEM) dikarenakan objek yang diamati berukuran mikro yang tidak bisa dilihat secara dengan visual atau mata telanjang. SEM adalah mikroskop electron berfungsi untuk melihat atau menyelidiki struktur mikro pada permukaan objek solid dan tidak solid yang bersifat konduktif dan non konduktif secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Dengan perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi

kristalografi membuat SEM banyak digunakan di *engineering* maupun bidang lainnya, bahkan SEM digunakan di industry. Fungsi utama dari SEM antara lain dapat mengetahui informasi-informasi mengenai :

- a. Informasi kristalografi, merupakan informasi bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya).
- b. Komposisi, merupakan data unsur senyawa dan kuantitatif yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
- c. Morfologi, merupakan ukuran dan bentuk dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada Integrated Circuit (IC) dan chip, dan sebagainya).
- d. Topografi, adalah ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).

Prinsip kerja SEM yaitu electron beam yang dihasilkan oleh sebuah filamen pada electron gun. Umumnya electron gun yang digunakan adalah tungsten *hairpin* gun dengan filamen berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan diberikan kepada lilitan yang mengakibatkan terjadinya pemanasan. Kemudian anoda akan membentuk gaya yang dapat menarik electron melaju menuju ke anoda.



Gambar 2.6. Prinsip kerja SEM (Sujatno, *et al.*, 2015)

Penjelasan prinsip kerja SEM seperti ditunjukkan pada (Sujatno, *et al.*, 2015) sebagai berikut:

- a. *Electron gun* menghasilkan electron beam dari filamen. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.
- b. Lensa magnetik atau lensa kondensor memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- c. Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai
- d. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, baik *secondary electron* (SE) atau *back scattered electron* (BSE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor *cathode-ray tube* (CRT).