

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pemanfaatan komposit serat alam sudah terapkan di berbagai bidang seperti otomotif, olahraga, industri dan biomedis. Namun serat alam tidak dapat menggantikan serat sintesis dikarenakan sifat mekanis dan sifat fisis pada serat alam tidak sekuat serat sintesis (Rana 2016). Kekurangan serat alam disebabkan oleh adanya gaya adhesi yang tinggi yang mampu membuat fluida mudah terserap dan menyebabkan pembengkakan dari dimensi serat dan degradasi serat, yang mana dapat menurunkan kekuatan mekanik serat. Untuk mengurangi kekurangan tersebut dapat dilakukan kombinasi serat atau sering disebut komposit hibrida antara serat alam dan serat sintesis yang menghasilkan produk kualitas baik dengan harga terjangkau.

Sosiati et al., (2019) meneliti tentang *Characterization of tensile properties of alkali-treated kenaf/polypropylene composites* lama perendaman alkalisasi 4 jam, 10 jam, 24 jam, 36 jam dan tanpa perlakuan (*untreated*). Serat kenaf dipotong sepanjang 6 mm dan *Polypropylene* dipotong dengan ukuran panjang 17 cm dan lebar 2,2 cm. Komposisi pada komposit ini menggunakan fraksi volume 20% serat dan 80% matriks dengan jumlah lapisan 13 *laminate*. Fabrikasi pada komposit menggunakan metode serat *laminate* dan persebaran serat menggunakan metode *hand-lay-up* dan dipress pada mesin *hot press* dengan tekanan 3,5 MPa pada suhu 175°C selama 10 menit. Pengujian yang dilakukan uji tarik dengan standar ASTM D638-02 dengan *crosshead speed* 500 mm/min dan *gauge length* 50 mm. Hasil pada penelitian ini akan dikarakterisasikan dengan uji FTIR dan SEM. Hasil penelitian terlihat bahwa semakin lama perendaman alkali semakin tinggi kuat tarik yang terlihat pada lama perendaman alkali 36 jam nilai kuat tarik 48 MPa dan modulus elastisitas 1,8 GPa.

Pada penelitian yang dilakukan (Irawan et al., 2009) meneliti tentang komposit *laminate* rami epoksi sebagai bahan alternatif *socket prosthesis*. Pada penelitian ini menggunakan metode lamina dengan fraksi volume (10, 20, 30, 40 dan 50) %, serat

rami yang digunakan berupa kontinyu jenis ramie 100% Ne.14S' yang diperoleh di pabrik Tangerang. Matriks yang digunakan berupa *Epoxy Resin Bakelite* EPR 174 dengan Epoksi *hardener* V-140. Perbandingan resin dan *hardener* 1:1, metode pembuatan sampel menggunakan *hand-lay-up*. Komposit akan diujikan yang mengacu standar ASTM D3039 uji tarik. Menghasilkan sifat mekanik yang baik pada fraksi volume 50 % dengan nilai uji tarik 80 MPa dan modulus elastisitas 8,45 GPa.

Penelitian yang dilakukan (Irawan & Sukania, Tensile And Impact Stength of Bamboo Fiber Reinforced Epoxy Composites As Alternative Materials For Above Knee Prosthetic Socket, 2012) meneliti tentang *tensile strength and impact strength of bamboo fiber reinforced epoxy composite as alternative materials for above knee prosthetic socket*

fraksi volume (10, 20, 30, 40 dan 50) %. Serat bamboo yang digunakan pada penelitian ini berupa serat kontinyu, dengan ketebalan $0,3 \pm 0,05$ mm dan lebar $3 \pm 0,5$ mm. serat bamboo diberi perlakuan 90% *alcohol* selama 10 menit dan dikeringkan pada *temperature* ruangan. Fabrikasi komposit megunakan teknik *hand-lay-up* dengan orientasi serat $0^{\circ}/90^{\circ}$. Rasio *epoxy resin* dan *hardener* 1:1. Komposit akan diuji dengan mengacu pada standar ASTM D3039 uji tarik dengan crosshead speed 2 mm/min. Menghasilkan sifat mekanik yang tinggi pada fraksi volume 50% yaitu kuat tarik 81,06 MPa dan modulus elastisitas 8,95 MPa.

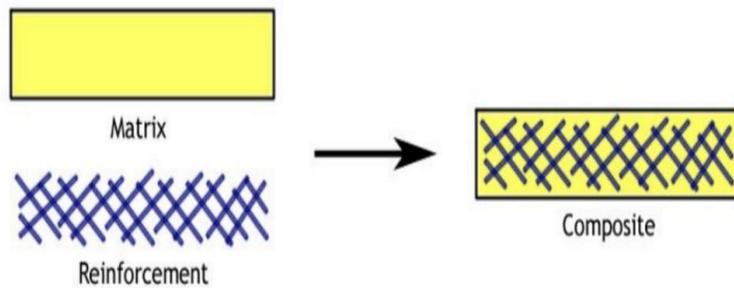
Pada penelitian yang dilakukan (Sosiati et al., 2019) *Sisal/PMMA and Sisal/Carbon/PMMA Biomedical Composites* sebagai alternatif dalam pembuatan prosthesis. Penelitian ini membandingkan antara komposit sisal/PMMA penambahan MAPP dengan komposit hibrid sisal/karbon/PMMA rasio menggunakan serat sisal/karbon 2:1, 1:1, 1:2 dan *full* sisal . Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *cold press* selama 60 menit. Spesimen komposit akan diuji menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) dengan ASTM D638-01 untuk uji tarik dengan cross-head 5 mm/min. Serat sisal di bersihkan dengan air, kemudian dikeringkan di oven dengan suhu 70 derajat selama 30 menit, kemudian serat dialkalisasi dengan larutan NaOH dengan konsentrasi 6% selama 4 jam dan dinetralkan

dengan CH_3COOH konsentrasi 1% selama 1 jam dan dibersihkan dengan air mengalir. Perlakuan serat karbon direndam dengan asam nitrat (HNO_3) konsentrasi 68% selama 48 jam dan dikeringkan di oven dengan suhu 80 derajat selama 6 jam. Serat sisal dipotong sepanjang 6 mm kemudian difabrikasikan dengan metode *hand-lay-up* (manual) persebaran serat acak pada cetakan spesimen dan dipress dengan alat *cold press* dengan tekanan 4,45 MPa selama 60 menit. Pada komposit sisal/PMMA ada 5 dengan fraksi volume serat 30% antara lain, UTS (*untreated* sisal), TS (*treated* sisal), UTS-MAPP 3%, UTS-MAPP 5% dan UTS 10%, relatif meningkat untuk uji tarik pada UTS-MAPP 5% menghasilkan 45 MPa dan uji lentur 74,87 MPa, jika dibandingkan dengan komposit hibrid sisal/karbon/PMMA. Hasil dari komposit hibrid sisal/karbon/PMMA memiliki nilai kuat tarik yang tinggi dengan mencapai 54,21 MPa. Oleh karena itu dalam penelitian ini menghasilkan *high mechanical strength and low brittleness*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Komposit adalah suatu jenis material baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih material dimana sifat masing-masing material berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya. Secara umum, penyusun komposit terdiri dari dua atau lebih material, seperti matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), *interphase* (pelekat antara matrik dan penguat) dan *interface* (permukaan fase yang berbatasan dengan fase lain). Adapun definisi secara mikrostruktur oleh (Nayoroh , 2013) yaitu material yang disusun dari penggabungan dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk ataupun komposisi yang tidak larut satu dengan yang lainnya. Matriks mempunyai fungsi sebagai material utama penyusun, sedangkan penguat (*filler*) mempunyai fungsi merekatkan antar matriks dan meneruskan beban material ketika komposit memperoleh beban (Ony, 2017). Gambar 2.1 sebagai susunan komposit.

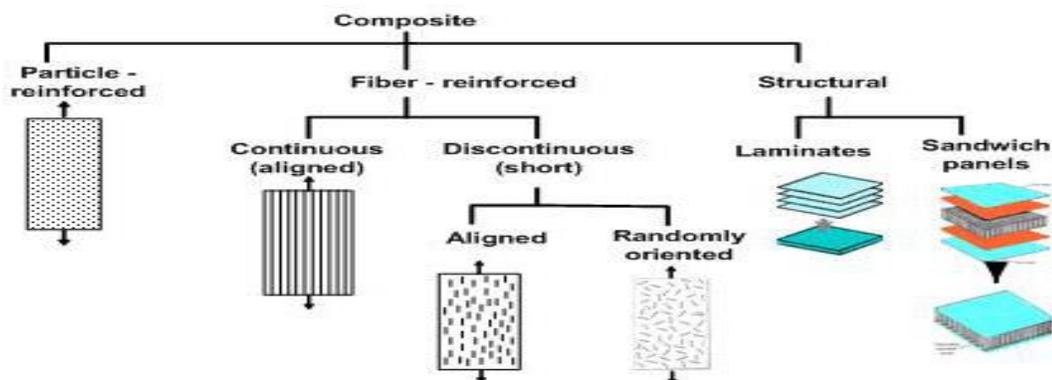


Gambar 2.1 Susunan pada komposit (Ony, 2017)

2.2.1.1 Penguat (reinforcement)

Penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai rangka yang menyusun komposit dan menahan beban utama pada komposit. Komposit dapat di klasifikasikan berdasarkan jenis penguatnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 2

- a) *Particle Composite Materials* (komposit partikel) adalah jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler* (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai filler.
- b) *Fibrous Composite Materials* (komposit serat) adalah komposit yang terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat
- c) *Structural Composite Materials* (komposit berlapis) adalah komposit yang terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Ada dua jenis pada komposit berlapis ini yaitu *sandwich panels and laminates*



Gambar 2.2 Klasifikasi material komposit berdasarkan penguat (Gibon, 1994)

2.2.1.1.1 Serat Abaka

Serat abaka (*Musa textilis Nee*) merupakan serat alam yang berasal dari Filipina. Masyarakat asli Filipina memanfaatkan serat abaka 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 abaka juga bisa ditemukan di kepulauan Indonesia, seperti pulau Kalimantan, Sumatera (terutama Aceh Timur dan pulau Simelue), dan Sulawesi Utara. Serat abaka memiliki diameter serat 150-260 μm . Ditinjau dari sifat morfologi dan komposisi kimia serat abaka memiliki *contains water* (1.4%), *lipid and cuticula* (0.2-3%), *pectin* (0.5-1%), *lignin* (5-13%), *hemicellulose* (19-25%) and *cellulose* (56-86%). Abaka memiliki sifat mekanis tinggi seperti *tensile strength* 980 MPa dan Young's modulus 41-50 GPa (Mussig, Fischer, Graupner, & Drieling, 2010). Sifat mekanis serat abaka dapat dilihat dari Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Serat Abaka

Kind of fibre	Tensile strength (MPa)	Young's Modulus (GPa)	Elongation break (%)
Dicotyledonous Plants			
X` Stem fibre			
Flax	343-1500	8-100	1,2-4
Hemp	310-1110	3-90	1,3-6
Jute	187-800	3-6,4	0,2-3,1
Ramie	290-1060	5-128	1,2-4,6
Kenaf	180-1191	22-128	1,6-6,9
Nettle	650	38	1,7
Sunn hemp	389-440	35	5,5
Solf wood	1000	40	
Seed fibre			
Cotton	220-840	4,5-12,6	2-10

Fruit hair			
Kapok	45-93	1,7-4	1,2-4
Monocotyledonous Plants			
Fruit fibre			
Coir	95-270	2,8-6	15-51,4
Leaf sheat fibres			
Sisal	80-855	9-38	1,9-14
Abaca	12-980	12-72	1-12
Banana	430-914	7,7-42	1-10
Pineapple	170-1627	4,5-12,6	2-10
Halm fibre			
Bamboo	140-1000	11-89	

2.2.1.1.2 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 (Zang & Sapieha , 2004).

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 (ultra violet)
- 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

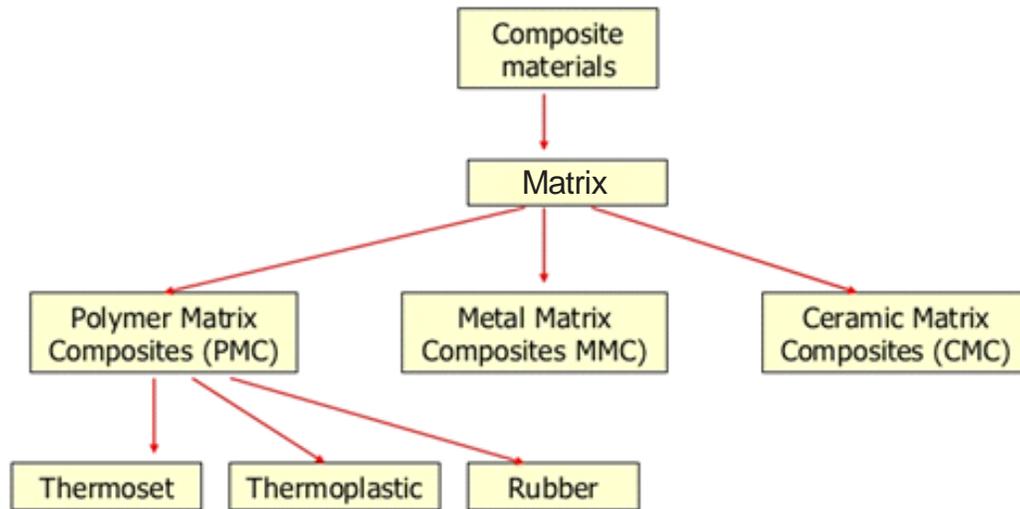
2.2.1.2 Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang memiliki fraksi volume yang dominan dibanding serat. Fungsi matriks diantaranya 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

Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan matriksnya, seperti Gambar 2. 3 yaitu:

- 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 (Anugrah, 2017)

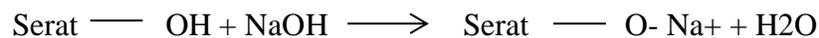
1.1.1.1.1 Polymethyl Methacrylate (PMMA)

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, Abdullayev, Hollister, Mills, & Yuri , 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 (Binangun, 2018)

2.2.2 Alkali Treatment

Serat alam memiliki kelebihan yang baik, namun memiliki kekurangan adalah serat alam bersifat hidrofilik sedangkan matriks memiliki sifat hidrofobik, sehingga menyebabkan ikatan keduanya lemah. (Kabir, Wang, Aravinthan, Cardona, & Lau, 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 and thermoset*.

2.2.3 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. 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, Soukota, & Poeng, 2013) yang dapat dilihat pada persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3) sebagai berikut.

1. Tegangan Tarik

Besarnya tegangan tarik dapat dihitung melalui persamaan (Salindeho, Soukoto, & Poeng, 2013).

$$\text{Tegangan tarik } (\sigma) = F/A \dots\dots\dots(2.1)$$

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

2. Regangan Tarik

Regangan tarik adalah regangan linear rata-rata yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan (*gage length*) benda uji, dengan panjang awal (Salindeho, Soukoto, & Poeng, 2013).

$$\text{Regangan tarik } (\epsilon) = \Delta L/L_0 \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dengan:
- (ϵ) = Engineering strain
 - ΔL = Pertambahan panjang
 - L₀ = Panjang daerah ukur

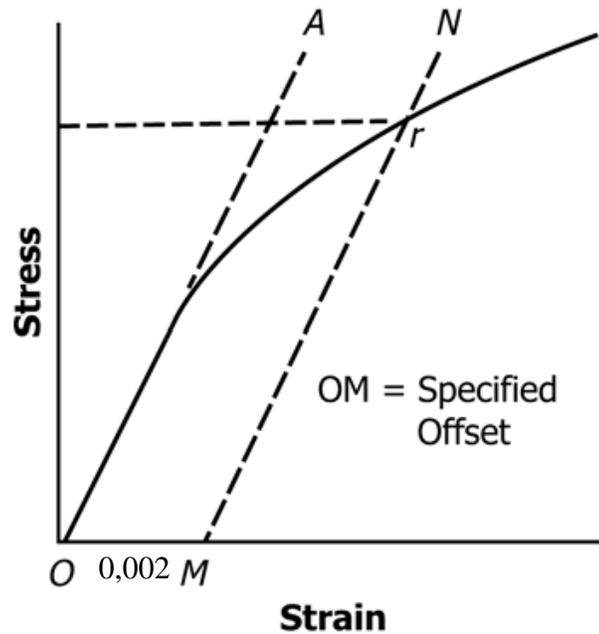
3. Modulus ELastisitas

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan (Salindeho, Soukoto, & Poeng, 2013).

$$\text{Modulus elastisitas } (E) = \sigma/\epsilon \dots\dots\dots(2.3)$$

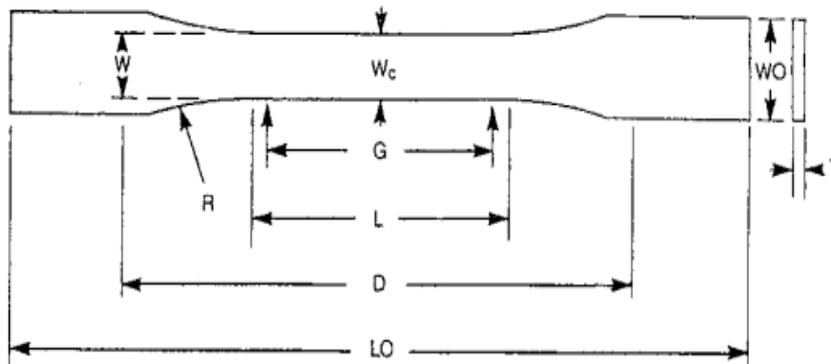
- Dengan:
- (E) = Modulus elastisitas (N/**mm²**)
 - σ = Tegangan (MPa)
 - ϵ = Regangan (mm/mm)

Dari kurva dibawah menunjukkan cara mendapatkan nilai modulus elastisitas pada material polimer dengan OM sebesar 0,002 dapat dilihat pada Gambar 2. 4



Gambar 2.4 Kurva tegangan-regangan sesuai ASTM D638

Berdasarkan ASTM D-638, bentuk dan ukuran spesimen (tipe 1) dibutuhkan untuk uji kekuatan komposit. Detail bentuk ditunjukkan Gambar 2. 5 dan ukuran ditunjukkan pada tabel 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Bentuk spesimen tipe 1 ASTM D638

Tabel 2.2 Ukuran bentuk spesimen tipe 1 ASTM D638

Ukuran	Nilai (mm)
- Tebal, T	3.2 ± 0.4
- 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

2.2.4 Pengujian Mikroskop Optik Makro

Mikroskop digital adalah alat mikroskop optik tradisional yang menggunakan optik dan charge coupled device (CCD) kamera ke output gambar digital yang disambungkan ke monitor atau dengan menggunakan perangkat lunak yang berjalan pada komputer. Sebuah mikroskop digital berbeda dengan mikroskop optik yang ketentuannya untuk mengamati sampel secara langsung melalui sebuah lensa mata. Karena gambar diproyeksikan langsung pada kamera CCD, seluruh sistem ini dirancang untuk gambar monitor. Mikroskop optik mampu mencapai perbesaran 40 kali, 100 kali, 400 kali dan 1000 kali. Bagian-bagian Mikroskop Digital USB ditunjukkan pada Gambar 2. 6

- a. LED Switch, untuk mengatur pencahayaan terang atau redup.
- b. LED Light, lampu mikroskop.
- c. Zoom Button, tombol untuk memperbesar pengelihatan mikroskop.
- d. Snap Button, tombol untuk mengambil gambar.
- e. Focus Wheel, untuk mengatur fokus gambar



Gambar 2.6 Mikroskop Optik

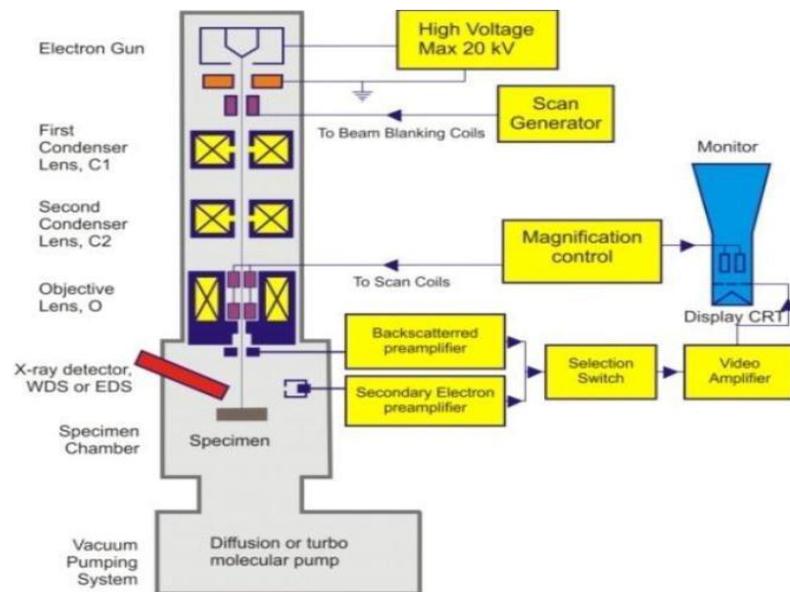
2.2.5 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

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 elektron berfungsi untuk melihat atau menyelidiki struktur mikro pada permukaan objek solid dan non 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 *engineeing* 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 2.7 Prinsip kerja SEM (Sujatno, Salam, Bandriyana, & Dimiyati, 2015)

Penjelasan prinsip kerja SEM seperti ditunjukkan pada Gambar 2. 7 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 magnetic 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).