

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pemanfaatan serat alam sudah meluas ke berbagai aplikasi pada bidang olahraga, otomotif, konstruksi, rekayasa geotermik bahkan sampai ke aplikasi biomedis. Biaya yang relatif murah, ringan, ramah lingkungan dan termasuk bahan baru terbarukan yang memiliki sifat mekanik tinggi adalah alasan utama para ilmuwan dan sektor industri untuk menggunakan dan mengembangkan komposit serat alam ini. Rana *et. al.* (2016) pada bukunya *Advanced Composites In Aerospace Engineering* mengatakan bahwa kekurangan dari pemakaian penguat dari serat alam masih menimbulkan permasalahan diantaranya, penyerapan air yang tinggi menyebabkan pembengkakan dan degradasi sehingga menurunkan kekuatan, perlawanan yang buruk terhadap zat kimia, dan tidak tahan api.

Stepashkin. dkk, (2012) melakukan modifikasi kimia pada struktur permukaan, fisik, dan mekanik dari serat carbon. Metode yang digunakan adalah dengan modifikasi kimia kima menggunakan asam nitrat 1 sampai 72 jam dengan suhu 25° C. Hal ini ditunjukkan untuk meningkatkan gaya adhesi untuk mengikat matriks.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Joseph, dkk (1993) mengenai panjang serat sisal terhadap sifat kuat tarik komposit dengan menggunakan *polyethelen*. Panjang variasi serat 2,1 mm, 5,8 mm dan 9,2 mm dengan menggunakan orientasi serat acak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi dimiliki oleh panjang serat 5,8 mm yaitu sebesar 31.12 MPa.

Witono (2013) melakukan perlakuan permukaan serat mendong (*fimbristylis umbellaris*) dengan perlakuan alkalisasi atau *scouring* yang bertujuan untuk memperkuat ikatan antara serat dan matriksnya. Perlakuan dilakukan dengan larutan alkali 2,5% dan 7,5% selama 0, 2, 4, dan 8 jam, dilanjutkan dengan 5 kali pencucian menggunakan aquades dengan tujuan menetralkan serat. Hasil menunjukkan serat mendong dengan perlakuan alkalisasi selama 4 jam dapat membersihkan non-selulosa dari permukaan serat dan meningkatkan kuat tarik.

Davis (2003) BIS-GMA kuarsa / silika *filler* dan pengisi PMMA-kaca merupakan biomaterial komposit yang paling sukses digunakan dalam bidang kedokteran gigi sebagai bahan restoratif atau semen gigi. Singh, dkk (2008) melakukan penelitian tentang modifikasi *hydroxyapatite* oleh *carbon nanotube* yang diperkuat dengan *polimethyl methacrylate* (PMMA) yang diaplikasikan dalam bidang biomedis.

## 2.2 LANDASAN TEORI

### 2.2.1 Serat Alam Sisal

Serat alam sisal merupakan salah satu serat yang banyak digunakan dan paling mudah dibudidayakan. Berdasarkan penelitian Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, lahan seluas 15.000 Ha yang berada dikabupaten Pamekasan, Sumenep, Sampang, Banyuangi, Jember, lumajang, Malang, Blitar Tulungagung, Trenggalek, Pacitan, Ngawi, Tuban, Bojonegoro dan Lamongan dapat ditanami agave (Santoso, 2009). Meskipun tanaman ini berasal dari amerika Utara dan Selatan, sisal dapat tumbuh dengan baik hingga di Afrika, Hindia Barat, dan Timur jauh. Tanaman sisal dapat menghasilkan 200 - 250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat yang mengandung 4% serat, 0.75% kutikula, 8% material kering, dan 87.25% air (Murherjee dan Satyanarayana, 1984). Di Indonesia ada 2 jenis tanaman sisal yang dibudidayakan yaitu *agave sisalana* dan *agave cantalana*. Kedua jenis serat ini digunakna sebagai bahan dasar pembuatan kerajinan tangan, tali, bahan baku pembuatan kertas dll.

Mukhopadhyay dan Srikanta, (2008) melakukan penelitian tentang sifat serat sisal akibat pengaruh perendaman. Hasilnya didapat bahwa serat sisal segar mempunyai tenacity, kekuatan dan mulur yang jauh lebih baik dibandingkan serat sisal hasil proses perendaman. Hal tersebut diakibatkan proses perendaman yang akan memicu terjadinya oksidasi selulosa sehingga kekuatan serat jauh lebih rendah. Konsentrasi kimia serat sisal telah dikaji oleh beberapa peneliti. Ansell, 1971 mengkaji kandungan serat sisal dan didapat kandungan 78% sellulosa, 8% lignin, 10% hemi-celluloses, 2% wax dan 1% ash; tetapi Rowell, (1992) menyatakan bahwa sisal mengandung 43-56% sellulosa, 7-9% lignin, 21-24% pentosan dan 0.6-1.1% ash.

Umumnya kekuatan dan kekakuan serat alam tergantung pada kandungan selulosa sudut dan spiral yang terjadi antara ikatan *mikrofibrilar* pada lapisan kedua dinding sel dengan sumbu serat. Sifat dan Struktur serat alam tergantung pada asal dan umur serat (Chand et al, 1986). Mukherjee dan Satyanarayana, (1984) melakukan penelitian pengaruh kecepatan pada pengujian tarik, waktu , diameter serat, modulus elastisitas dan persentase regangan serat sisal. Kekuatan tarik dan persentase mulur serat saat putus menurun seiring dengan meningkatnya *modulus Young* dan panjang serat. Peningkatan kecepatan pengujian akan meningkatkan *modulus Young* dan kekuatan tarik, namun tidak memberikan perbedaan yang signifikan pada mulur serat. Pada kecepatan pengujian 500 mm/min, kekuatan tarik serat turun drastis. Pada pengujian mekanis, serat menjadi elastis, daerah kristalin yang dikenai beban akan menghasilkan peningkatan modulus dan kekuatan tarik. Saat kecepatan pengujian diturunkan, beban yang diberikan akan tersimpan di daerah amorf. Pada kecepatan pengujian yang rendah, serat berubah menjadi larutan kental. Daerah amorf menyimpan sebagian besar beban yang diberikan untuk menghasilkan modulus dan kekuatan tarik yang rendah. Pada laju *strain* yang tinggi (500 mm/menit), akan terjadi penurunan drastis pada kekuatan tarik sebagai akibat dari cacat serat.

### 2.2.2 Matriks

Menurut Gibson (1994), komposit yang menggunakan matrik dapat berasal dari bahan logam, polimer dan keramik. Matrik adalah bagian atau fraksi volume terbesar (dominan) dalam komposit. Hal terpenting yang harus dimiliki oleh matrik adalah bahan matrik tersebut dapat meneruskan beban, sehingga serat dapat melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik. Matrik yang menjadi bahan pengisi menjadi peranan penting dalam mentransfer beban dan tegangan, melindungi serat dari kontaminasi lingkungan dan menjaga permukaan serat dari pengikisan. Gibson (1994) menyatakan bahwa matrik memiliki fungsi umum mengikat serat menjadi satu komposit. Matrik memiliki fungsi :

- a. Mengikat serat yang menjadi satu kesatuan struktur.
- b. Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan.
- c. Mentransfer dan mendistribusi beban ke filler.
- d. Memberikan beberapa sifat seperti : kekakuan, ketangguhan, dan tahanan listrik.

Berdasarkan penyusunnya matrik dibagi menjadi dua macam yaitu organik dan inorganik. Matrik organik adalah matrik yang terbuat dari bahan organik. Matrik ini banyak digunakan sebagai bahan komposit karena penggunaannya yang mudah dan relatif murah. Salah satu matrik organik adalah *polyester*. Sedangkan matrik inorganik adalah matrik yang terbentuk dari bahan logam yang pada umumnya berat dan memiliki kekuatan yang tinggi.

### 2.2.3 Komposit

Komposit dapat didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang memiliki komposisi kimia, struktur, sifat mekanik yang berbeda dan saling tidak melarutkan dimana satu diantara material tersebut berperan sebagai penguat dan yang lainnya sebagai pengikat serta dapat dilihat berbeda dalam bentuk atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).. Komposit dapat didefinisikan sebagai suatu

material yang tersusun dari dua komponen utama yaitu penguat/matriks (*reinforcement*) dan bahan pengisi (*filler*). Filler berfungsi sebagai penguat berupa partikel atau serat yang menerima distribusi tegangan dari komposit (Ony, 2017).

Tujuan dari penggabungan material yang berbeda adalah untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki : kekuatan, kekakuan, ketahanan bending, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi akustik (Jones, 1975).

Berdasarkan klasifikasi secara umum komposit dibedakan menjadi 3, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*), lamina, dan bahan komposit serat (*fiber composite*).

#### **2.2.4 Polymethyl Methacrylate (PMMA)**

*Polymethyl Methacrylate* lebih sering disebut PMMA, adalah polimer *thermoplastic* berbiaya rendah yang biasa digunakan untuk banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Transparansi tinggi membuat PMMA menjadi pengganti ideal untuk kaca di mana dampak dan berat menjadi masalah serius. PMMA kompatibel dengan jaringan tubuh manusia sehingga menjadi bahan penting untuk transplantasi dan *prosthetics*, terutama di bidang *ophthalmology* karena sifat transparannya.

PMMA memiliki ketahanan gores yang tinggi jika dibandingkan dengan polimer serupa seperti polikarbonat, namun ketahanan goresannya masih tidak dapat bersaing dengan kaca. Sebagian besar bagian PMMA menggunakan sifat optiknya, namun ada lapisan pelindung yang dapat diterapkan untuk mengurangi masalah ini.

Beberapa contoh dari aplikasi PMMA adalah lampu depan dan lampu belakang pada mobil penumpang, papan tanda penerangan dan cover lampu jalan. Polimer juga telah digunakan secara luas pada jendela pesawat sebagai pengganti kaca sejak Perang Dunia II karena kepadatannya rendah

dan ketangguhannya tinggi. PMMA digunakan sebagai pengganti kaca pada berbagai pesawat *sub-sonic* dan telah diperluas ke aplikasi berat lainnya seperti mobil balap, sepeda motor dan kendaraan off-road.

PMMA sering digunakan dalam berbagai implan karena kompatibilitasnya dengan jaringan manusia. Karena transparansi dan biokompatibilitasnya, PMMA penting dalam optometri untuk menggantikan lensa intraokular pasien katarak. PMMA digunakan sebagai perekat tulang dalam operasi ortopedi. Modulus elastisitas mirip dengan tulang alami memberikan perasaan yang lebih alami bagi pasien daripada logam sebagai alternatifnya.

Sifat yang unik, biaya rendah dan bio-kompatibilitas pada jaringan tubuh manusia menjadikan PMMA sebagai akrilik paling penting secara komersial yang tersedia hingga saat ini. Sifat optik dan mekanik secara langsung dipengaruhi oleh mikrostruktur PMMA. Biokompatibilitas PMMA telah membuatnya menjadi bahan penting untuk implan. Sifat-sifat unik untuk berbagai aplikasi memastikan bahwa PMMA polimer penting.

#### **2.2.5 Karbon**

Dibandingkan serat sintetis lainnya, karbon merupakan serat dengan sifat mekanis yang tinggi, sehingga dinyatakan sebagai serat terkuat. Karbon merupakan salah satu material yang memiliki beragam morfologi, diantaranya karbon koloidal, nanotube, porous carbon, nanowire, dan karbon aktif (Cui dkk. 2010). Selain itu, beberapa partikel karbon dengan morfologi tertentu akan memiliki aplikasi yang berbeda. (Shuo dkk. 2010), melakukan fabrikasi karbon berbentuk bulat dari tepung kentang dengan menggunakan dua tahapan. Tahapan yang digunakan adalah pemanasan pada suhu rendah dan karbonisasi pada suhu tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin lama waktu karbonisasi ukuran karbon yang diperoleh semakin kecil.

Khanam dkk, (2010) melakukan penelitian mengenai komposit hibrid serat sisal dan karbon terhadap sifat tarik, lentur dan ketahanan kimia. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh

orientasi serat acak terhadap sifat tarik dan lentur serta uji ketahanan kimia komposit hibrid terhadap pengaruh pelarut, asam asetat dan alkali. Diketahui komposit hibrid dapat meningkatkan sifat tarik dan lentur dengan peningkatan pemuatan karbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan alkalisasi terhadap komposit hibrid serat sisal/karbon mengalami peningkatan signifikan sifat tarik dan sifat lentur.

Penelitian modifikasi *hydroxyapatite* oleh karbon *nanotube* diperkuat *polimethyl methacrylate* yang dapat diaplikasikan pada bidang biomedis. Penelitian ini menggunakan teknik *freeze-granulation* untuk menyiapkan *nanocomposite* baru *polimethyl methacrylate* (PMMA) dimodifikasi *hydroxyapatite* (HA) dengan karbon *nanotube multiwalled* (MWCNTs) sebagai penguat generasi baru semen tulang biomedis dan pelapis implan (Singh dkk, 2008).

#### 2.2.6 Alkalisasi

Serat alami memiliki sifat *hyrophilic*, yaitu suka terhadap air berbeda dengan polimer yang memiliki sifat *hidrophilic*. Pengaruh sifat permukaan serat alam selulosa terhadap perlakuan alkali telah diteliti dimana kandungan optimal air mampu direduksi sehingga sifat alami hidrophobic serat dapat memberikan ikatan interfacial dengan matrik secara optimal (Bismarck dkk 2002).

NaOH merupakan larutan yang mudah terlarut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius, basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  dan ion positif. Alkalisasi pada serat alam dilakukan untuk melarutkan kotoran yang menempel pada lapisan terluar serat dan kandungan lignin. Serat yang telah melalui proses alkalisasi akan memiliki tingkat penyerapan moisture yang tinggi jika proses alkalisasi terlalu lama dan konsentrasi yang tinggi, hal ini dikarenakan lignin yang masih menempel pada selulosa telah larut. Lignin memiliki sifat hydrophobic yang kompatibel dengan matrik,

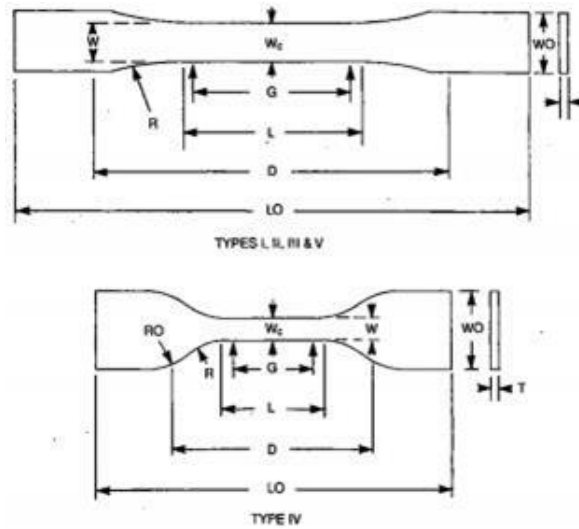
sehingga dengan proses alkalisasi yang tepat dapat memperbaiki kompatibilitas serat dengan matriknya dikarenakan lignin yang melekat pada selulosa tidak seluruhnya larut (John & Anandjiwala, 2008)

Pada dasarnya semua serat alam dari tanaman memiliki sifat hidrofilik yang berlawanan secara kompatibilitas dengan matrik polimer yang bersifat hidrofobik. Kelemahan ini dapat diatasi dengan memberikan perlakuan alkalisasi (NaOH) pada permukaan serat yang dimaksudkan untuk mengurangi sifat hidrofilik serat tersebut. Perlakuan alkali juga berguna untuk membersihkan media ekstratif dari serat alam seperti lapisan lilin atau wax (hemiselulosa, lignin, pektin, dan kotoran) sehingga diperoleh serat dengan permukaan yang relatif memiliki topografi yang seragam (Yudhanto, 2016).

#### **2.2.7 Pengujian Tarik**

Pengujian tarik adalah salah satu metode yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material (tegangan, regangan dan modulus elastisitas bahan material) yang dilakukan dengan cara menarik spesimen uji sampai putus. Pengujian tarik dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik atau dengan *universal testing*. Ada banyak standar uji yang digunakan dalam pengujian tarik, semuanya digunakan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam penelitian ini akan digunakan pengujian tarik dengan Standar ASTM D638 type 1.





Gambar 2. 1 Dimensi spesimen uji tarik ASTM D638 type 1.

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>B</sup>	Type V <sup>C,D</sup>	
W—Width of narrow section <sup>E,F</sup>	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0.5 (±0.02) <sup>B,C</sup>
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0.5 (±0.02) <sup>C</sup>
WO—Width overall, min <sup>G</sup>	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
WO—Width overall, min <sup>H</sup>	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO—Length overall, min <sup>H</sup>	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G—Gage length <sup>I</sup>	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	±0.25 (±0.010) <sup>C</sup>
G—Gage length <sup>J</sup>	...	...	...	25 (1.00)	...	±0.13 (±0.005)
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) <sup>J</sup>	25.4 (1.0)	±5 (±0.2)
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0.04) <sup>C</sup>
RO—Outer radius (Type IV)	...	..	...	25 (1.00)	...	±1 (±0.04)

Tabel 2.1. Dimensi spesimen uji tarik ASTM D638

### 2.2.8 Densitas Komposit dan mekanika material komposit

#### 1. Densitas Komposit

Massa jenis atau densitas komposit adalah jumlah suatu zat yang terkandung dalam suatu unit volume. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka akan semakin besar massa setiap volumenya. Berikut adalah perhitungan untuk mencari massa total dan volume material komposit pada serat dan komposit, ditunjukkan di persamaan 2.1 dan 2.2

$$M_c = M_f + M_m \text{ (gr)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana,

$M_c$  = massa komposit (gr)

$M_f$  = massa serat (gr)

$M_m$  = massa matriks (gr)

$$V_c = V_f + V_m + V_v \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

$V_c$  = volume komposit (cm<sup>3</sup>)

$V_f$  = volume serat (cm<sup>3</sup>)

$V_m$  = volume matrik (cm<sup>3</sup>)

$V_v$  = volume void (cm<sup>3</sup>)

Sehingga, massa jenis komposit,  $\rho_c$  (g/cm<sup>3</sup>), adalah

$$M_f = \rho_f \cdot V_f \text{ (gr)}$$

$$M_m = \rho_m \cdot V_m \text{ (gr)}$$

$$\rho_c = \frac{M_c}{V_c} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Dimana,

$\rho_c$  = massa jenis serat (gr)

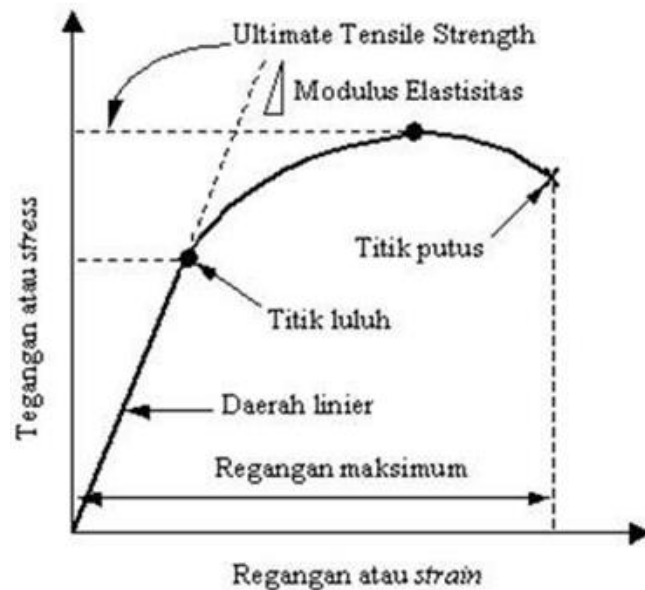
$\rho_m$  = massa jenis matrik (gr)

Maka :

$$\rho_c = \frac{\rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m}{V_f + V_m + V_v} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.3)$$

## 2. Mekanika material komposit (tegangan, regangan dan modulus elastisitas)

Dari hasil pengujian tarik akan didapatkan data berupa beban maksimum yang dapat ditahan komposit sebelum patah dan pertambahan panjang. Dari data tersebut dapat dicari nilai kekuatan tarik (tegangan), regangan dan modulus elastisitas komposit (ASTM D638-01, 2001)



**Gambar 2. 2 Kurva tegangan-regangan**

Besarnya nilai kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

$\sigma$  = Tegangan normal (MPa)

$F$  = Gaya yang bekerja (N)

$A_0$  = Luas penampang mula-mula komposit (mm<sup>2</sup>)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang akibat pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*) dan dinyatakan dalam persamaan (ASTM D638-01, 2001):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots( 2.5)$$

dimana:

$\varepsilon$  = Regangan.

$\Delta L$  = Pertambahan panjang. (mm)

$L_0$  = Panjang daerah ukur (*gage length*) (mm)

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan-regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum Hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D638-01, 2001).

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana:

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Kekuatan tarik komposit (MPa)

### 2.2.9 Instrumen Analitik

SEM adalah sebuah mikroskop yang mampu untuk melakukan pembesaran objek sampai 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm, yang menggunakan elektro statik dan elektro magnetik untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar serta memiliki kemampuan pembesaran objek serta resolusi yang jauh lebih bagus daripada mikroskop cahaya. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi dari cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1–0,2 nm. Fungsi mikroskop elektron scanning untuk memindai terfokus balok halus elektron ke sampel, elektron berinteraksi dengan sampel komposisi molekul. Energi dari electron menuju ke sampel secara langsung dalam proporsi jenis interaksi electron yang dihasilkan dari sampel dan menciptakan gambar tiga dimensi. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

1. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya dimana dapat diketahui kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya.
2. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit (IC)* dan *chip*, dan sebagainya).

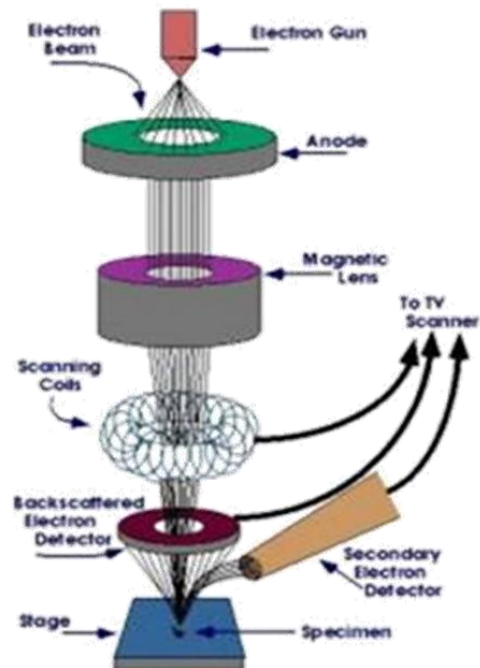
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
4. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai susunan dari butir-butir yang ada dalam objek yang diamati dimana didalamnya terdapat konduktivitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya).

Pada mikroskop elektron SEM terdapat peralatan utama antara lain :

1. Pistol elektron, yang pada umumnya berupa filament yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron, seperti tungsten.
2. Lensa untuk elektron, adalah lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.
3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpengaruh oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut :

1. Pistol elektron menghasilkan electron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetis memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang sudah terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron sekunder yang akan diterima oleh detector dan dikirim ke monitor "cathode ray tube" (CRT).



Secara lengkap skema SEM dijelaskan pada gambar 2.5

**Gambar 2. 3 Skema uji SEM “Scanning electron microscope”**

(<http://iastate.edu>)

### 2.2.10 Microscope Optic Digital



**Gambar 2. 4 Microscope Optic Digital USB**

Mikroskop digital adalah variasi dari 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. Bagian-bagian Mikroskop Digital USB ditunjukkan pada Gambar 2.12.

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