

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa negara maju mulai mengembangkan teknologi komposit hibrid serat sintetis dan serat alam sebagai material yang lebih ramah lingkungan. Pada dekade terakhir ini, komposit serat alam menjadi alternatif di beberapa negara maju seperti China, Amerika Serikat, dan negara – negara di Eropa.

Serat alam yang bersifat hidrofilik dan polimer yang bersifat hidrofobik menyebabkan ikatan keduanya menjadi lemah. Lemahnya ikatan tersebut dapat diatasi dengan perlakuan serat seperti yang dilakukan (Sosiati, et al., 2015) dimana penelitian tersebut melakukan perlakuan serat dengan cara *alkali* yaitu perendaman serat pada 6% NaOH selama 1 jam pada suhu ruangan, 6% NaOH selama 1 jam pada suhu 100° C, 6% NaOH selama 3 jam pada suhu 100° C, dan 9% NaOH selama 2 jam pada suhu 100° C. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan bahwa serat dengan perendaman 6% NaOH selama 1 jam pada suhu ruangan memiliki kekuatan tarik yang paling tinggi (512 MPa).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Sosiati, et al., 2019), serat direndam pada 6 % NaOH dengan empat jenis lama perendaman yaitu 4, 10, 24, 36 jam, kemudian serat di cuci dengan air mengalir dan dikeringkan dengan suhu ruangan, setelah itu serat dicampur dengan PP, dengan fraksi volume 20% : 80% dan difabrikasi menggunakan *Hot Press Machine* hasil rekayasa dengan temperatur 165 °C dan tekanan sebesar 40 kg/cm<sup>3</sup> selama 15 menit. Hasil uji tarik komposit Kenaf/PP berhasil mendapatkan komposit dengan kekuatan tarik tinggi yaitu pada komposit dengan variasi lama perendaman serat selama 36 jam sebesar 48 MPa, dan modulus elastisitas sebesar 1.8 GPa, lebih tinggi dari pada komposit dengan variasi lama perendaman serat kenaf 4 jam, 10 jam dan 24 jam menghasilkan kekuatan yang tidak jauh berbeda yaitu 40 MPa, dan modulus elastisitas sebesar 1.6 GPa, 46 MPa, dan modulus elastisitas sebesar 1.7 GPa, dan 44 MPa, dan modulus elastisitas sebesar 1.8 GPa

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<sub>3</sub>COOH konsentrasi 1% selama 1 jam dan dibersihkan dengan air mengalir. Perlakuan serat karbon direndam dengan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) 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 variasi 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 variasi UTS-MAPP 5% menghasilkan 45 MPa, jika dibandingkan dengan komposit hibrid sisal/karbon/PMMA. Hasil dari komposit hibrid sisal/karbon/PMMA memiliki nilai kuat tarik rasio (1:1) yang mencapai 48,64 MPa dan modulus elastisitas 1.2 GPa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Meon, et al., 2012) serat direndam pada 3%, 6%, dan 9% larutan NaOH selama 24 jam kemudian serat di cuci dengan air mengalir dan dikeringkan pada suhu 100° C selama 24 jam. Setelah itu serat dicampur dengan PP, PE, dan *coupling agents* (MAPP dan MAPE) dengan fraksi masa 30%, 67%, 3% dan difabrikasi menggunakan *Hot Press Machine* selama 30 menit pada suhu 140 °C kemudian dilanjutkan dengan *Cold Press Machine* selama 15 menit pada suhu ruangan. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah komposit

dengan perendaman serat pada 6% NaOH selama 24 jam memiliki *tensile strength* paling tinggi sekitar 18 MPa.

Penelitian yang dilakukan oleh (Asumani, et al., 2012) serat direndam larutan alkali selama 24 jam dengan konsentrasi NaOH 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8% pada suhu 45° C kemudian dicuci dengan air mengalir yang selanjutnya direndam dengan larutan asam asetat 1% untuk menghilangkan sisa NaOH. Setelah itu serat dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 45°C selama 12 jam dan terakhir dilakukan *silane treatment* dan kembali dikeringkan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 12 jam. Fabrikasi komposit menggunakan teknik *compression moulding* dengan fraksi masa serat 20%, 25%, 30%, 35%. Hasil dari penelitian ini mendapatkan bahwa komposit yang menggunakan 30% masa serat yang sudah dimodifikasi dengan perendaman NaOH konsentrasi 5% selama 24 jam memiliki kuat tarik paling tinggi sekitar 40MPa.

Untuk menghasilkan ikatan yang kuat antara serat dengan matriks dapat dilakukan modifikasi pada permukaan dengan perlakuan alkalisasi atau *scouring*. Proses alkalisasi ini bertujuan untuk menghilangkan komponen penyusun yang terdapat pada serat seperti *lignin*, *hemiselulosa* atau *pectin*. Penelitian yang dilakukan oleh (Witono, 2013) dengan melakukan perlakuan larutan alkali 2,5%, 5% dan 7,5% selama 0,2,4 dan 8 jam pada serat mendong (*Fimbristylis umbellaris*) menunjukkan hasil pada serat mendong dengan perlakuan alkalisasi selama 4 jam dapat meningkatkan kuat tarik dan membersihkan kandungan non selulosa dari permukaan serat. Penelitian terhadap *treatment* permukaan serat dengan larutan alkali 2.5%, 5%, dan 7,5 selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam, hal ini dilakukan karena sifat serat alam memiliki permukaan yang polar. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pencucian 5 kali menggunakan larutan aquades yang berfungsi untuk menetralkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat yang direndam selama 4 jam dapat meningkatkan kekuatan kekuatan tarik serta kandungan selulosa dari permukaan serat dapat dibersihkan ( Witono, 2013 ).

Miissig et, al. ( 2010 ) melakukan penelitian tentang tentang modifikasi serat dan dampaknya pada struktur permukaan, fisik dan mekanik dari serat karbon. Metode yang digunakan dengan modifikasi kimia oleh asam nitrat dengan konsentrasi 68,3 %. Serat direndam selama 1 sampai 72 jam dengan suhu 25°C, hal ini ditunjukkan untuk meningkatkan gaya adhesi untuk mengikat matriks.

## 2.2 Dasar Teori

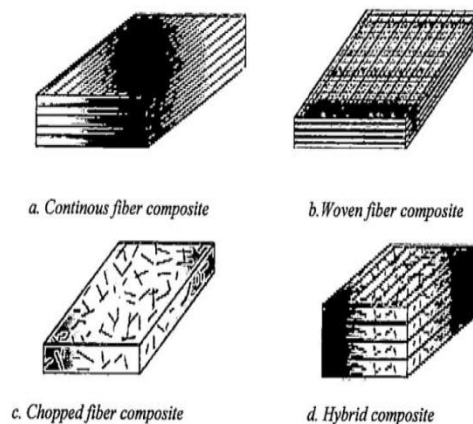
### 2.2.1 Komposit

Komposit adalah gabungan dua material atau lebih yang berbeda, dimana salah satu dari material tersebut digunakan sebagai material induk (matriks) dan yang lain digunakan sebagai material pengisi dan pengisi tersebut tidak larut antara satu dengan yang lain.

Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu :

#### 1. Komposit Serat (*fibre composite*)

Adalah jenis komposit yang paling banyak digunakan. Kandungan bahan kimia dan struktur serat akan mempengaruhi sifat komposit. Kekuatan komposit serat ditentukan oleh aktivitas ikatan kimia maupun ikatan mekanisnya. Ikatan yang kurang sesuai antara serat dan matriks dapat menyebabkan kegagalan (Schwartz, 1984). Dapat dilihat pada Gambar 2.1

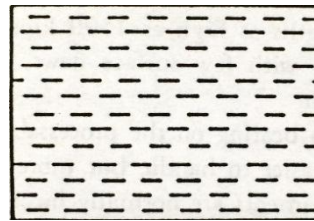


**Gambar 2.1** jenis komposit serat (Schwartz, 1984)

Performa kekuatan komposit serat ditentukan oleh orientasi, panjang, bentuk, dan komposisi dari seratnya. Orientasi dibagi dalam tiga tipe, yaitu *one-dimensional reinforcement*, *planar reinforcement*, dan *three-dimensional reinforcement*. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 - Gambar 2.4

a. *One-dimensional reinforcement*

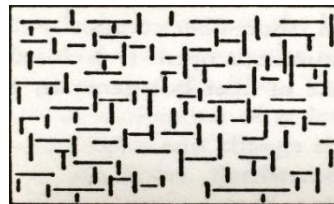
Tipe ini memiliki kekuatan maksimum komposit dan modulus dalam arah serat.



**Gambar 2.2** *One-dimensional reinforcement (Schwartz, 1984)*

b. *Planar reinforcement*

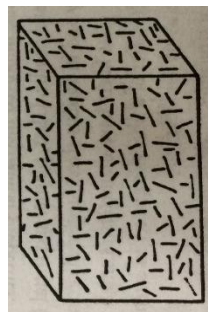
Tipe ini memiliki kekuatan yang berbeda pada setiap orientasi arah serat.



**Gambar 2.3** *Planar reinforcement (Schwartz, 1984)*

c. *Three-dimensional reinforcement*

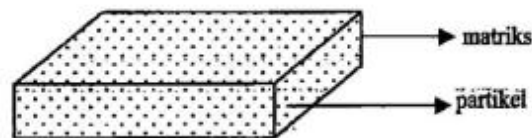
Tipe ini memiliki tatanan segala arah tetapi menurunkan nilai kekuatan.



**Gambar 2.4** *Three-dimensional reinforcement (Schwartz, 1984)*

## 2. Komposit Partikel (*particulate composite*)

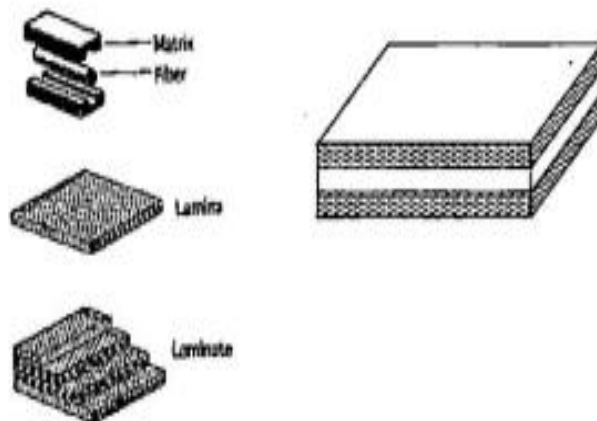
Merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya (Schwartz, 1983). Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama yang kerap disebut partikel. Partikel yang digunakan bisa logam maupun non logam, seperti halnya matriks. Contoh komposit partikel dapat dilihat pada gambar 2.5



**Gambar 2.5** komposit partikel (Gibson, 1994)

## 3. Komposit Lapis (*laminar composite*)

Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu lapis dan setiap lapis memiliki sifat yang berbeda dengan lapis lainnya (Gibson, 1994). Dapat dilihat pada gambar 2.6



**Gambar 2.6** komposit lapis (Gibson, 1994)

Dilihat dari jenis matriks yang digunakan komposit dapat dibagi kedalam tiga kelompok utama yaitu:

## 1. Komposit dengan Matriks Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Jenis matriks ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (*Fibre Reinforced Polymer – FRP*). Jenis ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya dan serat sebagai penguatnya. Keunggulan komposit ini diantaranya :

1. Biaya produksi lebih rendah.
2. Ketangguhan baik.
3. Tahan simpan.
4. Ringan.
5. Dapat dibuat dengan produksi massal.
6. Kemampuan mengikuti bentuk

Jenis polimer yang sering digunakan (Gibson, 1994) antara lain:

### 1. *Thermoplastic*

*Thermoplastic* adalah jenis plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan meleleh pada temperatur tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh bahan *thermoplastic* yaitu poliester, Nylon 66, PET, PP, PVC, PTFE, PES dan poliester eterketon (PEEK).

### 2. *Thermoset*

*Thermoset* merupakan jenis matriks yang bila telah mengalami pengerasan tidak dapat dilunakkan kembali (*irreversible*). Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Contoh dari *thermoset* yaitu *Epoxyresin*, *Bismaleimida (BMI)*, dan *Poli-imida (PI)*.

## 2. Komposit dengan Matriks logam (*Metal Matrix Composites - MMC*)

Komposit matrik logam (*metal matrix composites*) paling banyak digunakan pada industri otomotif, *Metal matrix composites* adalah jenis komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya. Bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium atau yang lainnya sebagai matriks kemudian penguatnya menggunakan serat seperti silikon karbida. Sejak tahun 1996 material MMC mulai dikembangkan, pertama kali yang diteliti adalah *continous filamen MMC* yang digunakan dalam aplikasi *aerospace*. Contoh : aluminium dan paduannya, titanium dan paduannya, magnesium dan paduannya.

Keunggulan MMC dibandingkan dengan komposit polimer yaitu :

1. Transfer regangan dan tegangan yang baik.
2. Tahan terhadap temperature tinggi.
3. Tidak menyerap kelembapan.
4. Tidak mudah terbakar.
5. Kekuatan geser serta tekan yang baik.
6. Mempunyai muai thermal dan ketahanan aus yang lebih baik

Kekurangan :

1. Mahal
2. Standarisasi material dan proses yang sedikit

Sifat Matrik pada MMC :

1. Mempunyai keuletan yang besar.
2. Mempunyai densitas yang rendah.
3. Mempunyai titik lebur yang rendah

Aplikasi MMC, yaitu sebagai berikut :

1. Komponen otomotif (blok-silinder-mesin, pully, poros gardan dll).
2. Peralatan militer (sudu turbin, cakram kompresor dll).
3. Aircraft (rak listrik pada pesawat terbang).
4. Peralatan elektronik



### 3. Komposit dengan Matriks Keramik (*Ceramic Matrix Composites –CMC*).

Komposit matrik keramik CMC (*ceramic matrix composites*) menggunakan keramik sebagai matriks yang diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) yang terbuat dari silikon karbida atau boron nitrida. CMC umumnya menggunakan oksida, carbide, dan nitrid sebagai bahan penguat. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah penguat atau biasa disebut dengan proses DIMOX.

Matrik yang digunakan pada CMC antara lain :

1. Alumina
2. Silikon Nitrida
3. Gelas anorganik
4. Keramik gelas

Keunggulan dari CMC :

1. Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus.
2. Sangat tangguh, bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari cast iron.
3. Memiliki dimensi yang stabil, bahkan lebih stabil dari pada logam.
4. Ketangguhan dan kekuatan tinggi, serta tahan korosi.
5. Tahan pada temperatur tinggi (creep).
6. Pada temperatur tinggi unsur kimianya stabil

Kerugian dari CMC :

1. Dalam jumlah besar sulit diproduksi
2. Hanya untuk pengaplikasian tertentu.
3. Mahal dan non-cot effective.

Aplikasi CMC, antara lain sebagai berikut :

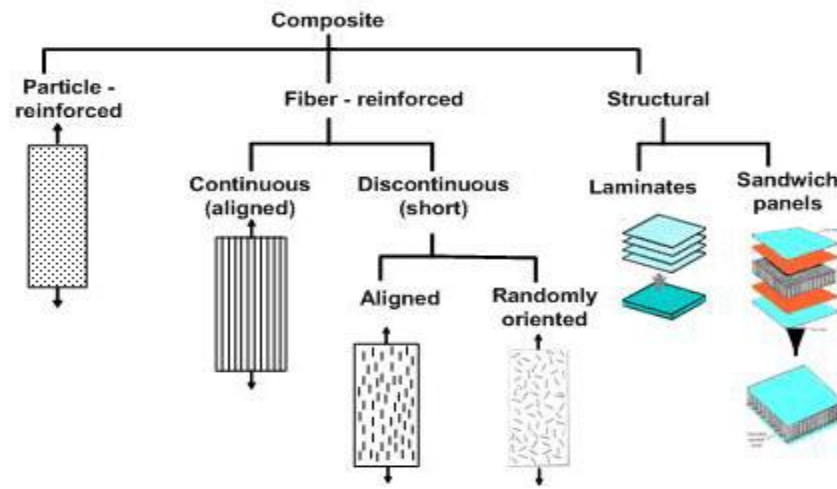
1. Chemical processing contohnya seals, piping, filters, membranes liners, dan hangers.

2. Kombinasi dalam rekayasa whiskers SiC/alumina polikristalin untuk perkakas potong.
3. Water inineration contohnya heat pipes, sensors, burnes, furnacc part, dan filters.
4. Power generation contohnya nozzles, heat exchange tubes, liner, vanrs, recuperators, dan combustorrs.
5. SiC/litium aluminosilikat (LAS) untuk calon material mesin panas.
6. Serat grafit untuk alas cermin laser.
7. Grafit/keramik gelas untuk bantalan, perapat dan lem.

### 2.2.2 Penguat ( reinforcement)/pengisi (filler)

Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit dan sebagai rangka yang menyusun komposit. Komposit dapat di klasifikasikan berdasarkan bentuk penguatnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 yaitu:

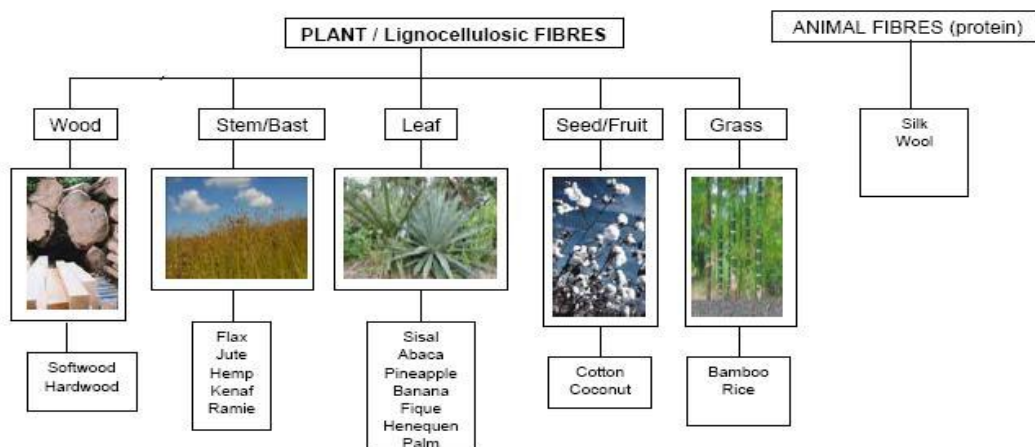
- a. *Particle Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai filler (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai filler.
- b. *Fibrous Composite Materials* (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu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



**Gambar 2.7** Klasifikasi material komposit berdasarkan penguat (Gibson, 1994)

### 2.2.3 Serat Alam

Serat adalah material mirip rambut yang merupakan filamen kontinu atau potongan-potongan memanjang, mirip dengan potongan benang. Serat dipintal menjadi filamen, benang, atau tali, bisa digunakan sebagai komponen bahan penguat komposit dan juga bisa dibuat produk seperti kertas atau “felt”. Serat terdiri dari dua jenis yaitu serat alami dan serat buatan atau sintetis (Chandramohan, et, al., 2011). Serat alami di klasifikasikan menurut sumbernya seperti ditunjukkan pada gambar 2.8



**Gambar 2.8** Klasifikasi serat alam (Chandramohan, et, al., 2011)

### 1. Serat Nabati (*Vegetable Fibers*)

Serat nabati umumnya terdiri dari selulosa contohnya meliputi *cotton*, *jute*, *flax*, *ramie*, sisal, kenaf dan *hemp*. Serat ini dapat dikategorikan lebih lanjut sebagai berikut:

- a. Serat benih: Serat yang diperoleh dari biji-bijian seperti *cotton* dan kapuk
- b. Serat daun: Serat yang diperoleh dari daun seperti sisal dan *agave*
- c. Serat batang atau serat kulit: Serat yang diperoleh dari kulit atau batang tanaman. Serat ini memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibanding serat lainnya. Oleh karena itu, serat ini digunakan untuk benang tahan lama, kain, kemasan, dan kertas. Beberapa contohnya adalah *flax*, *jute*, kenaf, *industrial hemp*, *ramie*, rotan, serat kedelai, dan serat pohon pisang.
- d. Serat buah: Serat yang diperoleh dari buah pohon, seperti serat buah kelapa.
- e. Serat tangkai: Serat yang sebenarnya adalah tangkai seperti jerami, padi, jelai, dan tanaman lainnya termasuk bambu dan rumput.

### 2. Serat hewani (*Animal fibers*)

Serat hewani biasanya terdiri dari protein contohnya yaitu sutra, wol, *angora*, *mohair* dan *alpaca*.

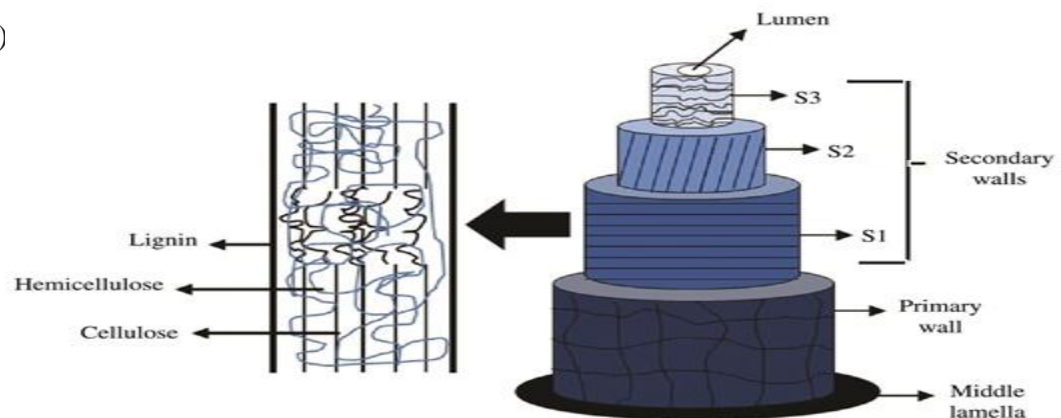
- a. Serat rambut binatang: Serat yang diperoleh dari rambut binatang mamalia berbulu misalnya wol domba, rambut kambing (kasmir atau mohair), rambut kuda, dan lain-lain.
- b. Serat sutra: Serat dikumpulkan dari air liur kering serangga atau serangga selama persiapan kepompong contohnya termasuk sutra dari ulat sutera.
- c. Serat burung: Serat yang diperoleh dari bulu burung atau unggas contohnya bulu ayam bulu burung dan lain-lain.

### 3. Serat mineral (*Mineral fibers*)

Serat mineral secara alami adalah serat yang diperoleh dari mineral dan sedikit dimodifikasi. Serat mineral dapat dikategorikan ke dalam kategori berikut:

- a. Asbestos: Satu-satunya serat mineral alami. Varietasnya adalah *serpentine (chrysotile)* dan *amphiboles (amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite)*.
- b. Serat keramik: Serat kaca (*Glass wool and Quartz*), *aluminum oxide, silicon carbide, and boron carbide*
- c. Serat logam: Serat aluminium

Struktur serat alami berbentuk lapisan-lapisan seperti ditunjukkan pada gambar 2.9 terdiri dari inti sentral yang disebut lumen yang bertanggung jawab atas transportasi air dan nutrisi, dan juga dinding sel yang terdiri dari beberapa lapisan yaitu lamella tengah, dinding primer yang tipis, dan dinding sekunder yang terdiri dari dinding sekunder (S1), dinding sekunder tengah (S2) dan dinding sekunder internal (S3). Dinding primer, yang mana disimpan selama pertumbuhan sel terdiri dari susunan fibril selulosa yang tidak teratur yang ditempatkan dalam matriks pektin, hemiselulosa, lignin, dan protein. Dinding sekunder terdiri dari mikrofibril selulosa kristal yang disusun dalam susunan spiral, dimana lapisan tengah (S2) menentukan sifat mekanik serat. Mikrofibril memiliki diameter 10 sampai 30 nm dan disusun dalam daerah amorf yang terbentuk dari lignin dan hemiselulosa (Fernandes, et, al., 2015)



**Gambar 2.9** Struktur serat alami (Fernandes, et, al., 2015)

Penggunaan sumber daya alam yang terbarukan mulai banyak dilakukan. Adanya kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan-bahan sintetis semakin terbatasnya sumber daya alam yang terbarukan membuat pihak industri mencari bahan alternatif yang memiliki kualitas yang sama, murah, dan ramah lingkungan. Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan adalah serat alam. Serat alam merupakan bahan yang berlignosulosa yang dapat digunakan sebagai bahan dasar industri dengan keunggulan dapat diperbaharui, dapat di daur ulang, dan terdegradasi secara alami (ramah lingkungan).

Diantara berbagai serat alam, *abaca* merupakan salah satu tanaman yang paling banyak digunakan karena kekuatan mekaniknya yang paling tinggi dibandingkan dengan serat alam lainnya, pemanfaatannya secara umum biasa digunakan sebagai tali, benang, karpet, dan kerajinan karena kekuatannya yang baik, tahan lama, meregang, dan afinitas terhadap zat warna baik. Komponen utama serat alam adalah selulosa. Selulosa tahan terhadap alkali, akan tetapi sangat larut oleh asam (Edi, 2015).

#### **2.2.4 Serat Abaca**

Serat *abaca* salah satu tanaman yang tumbuh di Indonesia. Serat *abaca* diperoleh dari bagian batang tanaman. Dengan cara dekortikasi dapat diperoleh bundel serat abaka. Bundel serat abaka adalah unit terkecil serat didapatkan dari pemisahan secara mekanis. Bundel serat ini terdiri dari serat tunggal (*single fiber*) yang tersusun dari serat-serat mikro (*microfibril*). Didalam *microfibril* tersusun rantai selulosa yang menjadi penompang utama bahan serat alam. Selulosa adalah komponen utama yang memberikan efek kekuatan pada serat alam. Serat abaka memiliki sifat mekanis yang tinggi, untuk kekuatan tarik 270-600 MPa dan mempunyai densitas 1,4 gr/cm<sup>3</sup> dan elongation at break 1,6 % (Dawam, et, al., 2009). Serat abaka memiliki diameter serat 150-260  $\mu\text{m}$  ukuran *microfibril*, mengandung 56-68 % selulosa, hemi selulosa 19-25 %, lignin 5-13 %, pektin 0,5-1 %, wax 0,2-3 %, dan *water solubles* 1,4 %. (Miissig, et, al., 2010)

**Tabel 2.1** Ukuran Macrofibril dan kandungan kimia serat abaka (Müssig, et, al., 2010)

Kind of fibre	Fineness (diameter/fibre width) in $\mu\text{m}$		Fineness in tex		Length in mm			
	single fibre	fibre bundle	single fibre	fibre bundle	single fibre	fibre bundle		
Monocotyledonous plants	Fruit fibre	Coir	12-24	50-460	15-50	0.3-1.2	36-330	
	Leaf sheath fibres	Sisal	4-47	9-460	1-4.6	15-20	0.5-8	40-1250
		Abaca'	6-46	10-1000	4.2-44.4	2-12	60-2500	
		Banana	11-81	20-500		0.9-5.5	10-300	

Serat Abaka merupakan serat alam yang didapatkan dari bagian batang tanaman (*best fiber*). Dengan cara dekortasi dapat diperoleh bundle serat abaca. Bundel serat abaca adalah unit terkecil dari pemisahan secara mekanis. Bundel serat ini terdiri dari serat tunggal (single fiber) yang tersusun dari serat-serat makro (mikrofibril). Didalam mikrofibril tersusun rantai selulosa yang menjadi penopang utama bahan serat alam. Selulosa adalah komponen utama yang memberikan efek kekuatan pada serat alam. Kekuatan yang demikian besar ini didapatkan dari struktur ikatan – ikatan kovalen yang membangunnya. Selain itu, kekuatan serat alam juga sangat dipengaruhi oleh keberadaan cacat pada serat alam. (Dawan, et, al., 2009)

### 2.2.5 Matriks

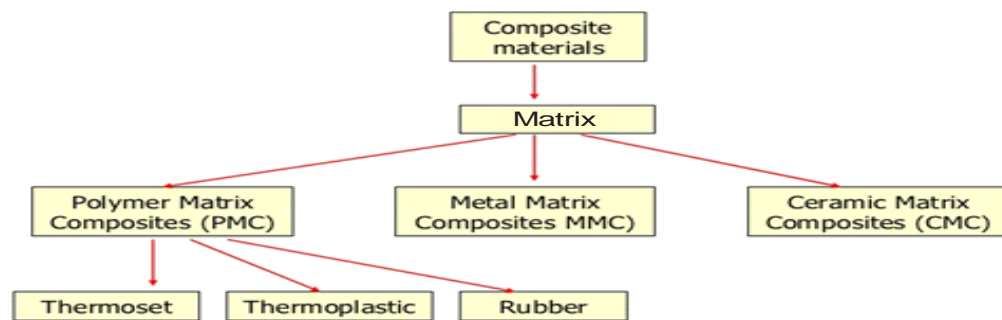
Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Fungsi matriks diantaranya sebagai berikut:

- Mentransfer tegangan ke serat
- Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- Melindungi serat.
- Memisahkan serat.

- e. Melepas ikatan.
- f. Tetap stabil setelah proses manufaktur

Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan matriksnya seperti terlihat pada Gambar 2.10 yaitu:

1. *Polymer Matrix Composites* (PMC) adalah komposit yang menggunakan polimer (*thermosets*, *thermoplastic* dan *rubber*) sebagai matriksnya
2. *Metal Matrix Composites* (MMC) adalah komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya
3. *Ceramics Matrix Composites* (CMC) adalah komposit yang menggunakan keramik sebagai matriksnya.



**Gambar 2.10** Klasifikasi material komposit berdasarkan matriks (Puzhakkal, 2016)

### 2.2.6 Polymethyl Methacrylate (PMMA)

*Polymethyl Methacrylate* adalah polimer *thermoplastic* yang berbiaya rendah yang bisa digunakan untuk banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Transparansi tinggi membuat PMMA menjadi pengganti ideal untuk kaca dimana dampak dan berat menjadi masalah serius. PMMA sangat kompatibel dengan jaringan tubuh manusia sehingga menjadi bahan penting untuk transplansi *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 mobil 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 ke II, karena kepadatannya rendah dan ketangguhannya tinggi. PMMA digunakan sebagai pengganti kaca pada berbagai pesawat *sub-sonic* dan diperluas ke aplikasi berat lainnya seperti mobil balap, sepeda motor dan kendaraan *off-road*.

Sifat yang unik, biaya rendah dan tidak abrasif 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. Sifat tidak abrasif PMMA telah membuatnya menjadi bahan penting untuk implant. Sifat\_sifat unik untuk berbagai aplikasi memastikan bahwa PMMA polimer penting.( Arya, 2014)

### **2.2.7 Karbon**

Serat karbon ditemukan pertama kali pada tahun 1958 oleh Roger Bacon. Kemudian pada tahun 1960, Richard Millington menyempurnakan temuan tersebut sehingga sifat mekanis yang dimiliki serat karbon menjadi lebih tinggi. Dibandingkan serat sintetis lainnya, karbon merupakan serat dengan sifat mekanis tertinggi sehingga dinyatakan sebagai serat terkuat. Sifat kuat dan ringanlah yang membuat serat karbon ini memiliki keunggulan lebih dibanding serat sintetis lainnya.

Serat karbon banyak digunakan dibidang olahraga dan otomotif seperti pembuatan mobil, motor, dan peralatan olahraga. Sifat mekanis yang tinggi adalah alasan kenapa serat karbon banyak dipakai pada bidang otomotif dan olahraga. Pada kedua bidang tersebut serat karbon banyak digunakan sebagai *filler* untuk material komposit dengan menggunakan matrik polimer. Meskipun serat karbon memiliki sifat mekanis yang tinggi namun salah satu kelemahan serat karbon adalah kurang mengikatnya serat karbon dengan polimer. Hal ini karena sifat alami serat karbon yang kurang mengikat dengan bahan kimia (Zhang, 2004).

Berikut adalah keuntungan dan kelemahan serat karbon yang membuatnya banyak digunakan sebagai *filler* didalam komposit :

Keuntungan :

- Ringan
- Kekuatan tarik tinggi
- Tahan korosi
- Ekspansi termal rendah
- Dengan penggunaan resin yang tepat, serat karbon dapat tahan terhadap sinar ultra violet.

Kekurangan :

- Biaya pembuatan yang tinggi
- Tidak ramah lingkungan
- Serat karbon akan ikut rusak jika komposit yang menggunakan *filler* serat karbon rusak.

### 2.2.8 Larutan Alkali

Alkalisasi pada serat alam dilakukan bertujuan untuk melarutkan kotoran yang menempel pada lapisan luar serat dan kandungan lignin. Larutan yang biasanya digunakan dalam proses alkalisasi yaitu NaOH (*Natrium Hidroksida*), KOH (*Kalium Hidroksida*). Serat yang telah diberi perlakuan alkalisasi akan memiliki tingkat penyerapan (*moisture*) yang tinggi jika proses alkalisasi terlalu lama dan konsentrasi yang tinggi, dikarenakan lignin yang masih menempel pada selulosa telah larut. Lignin memiliki sifat *hydrophobic* yang kompetibel dengan matriks, sehingga dengan proses alkalisasi yang tepat dapat memperbaiki kompatibilitas serat dengan matriksnya dikarenakan lignin yang melekat pada selulosa tidak seluruhnya larut (Anandjiwala, et, al., 2008).

Menurut Irwanto, (2014), alkalisasi pada serat alam adalah salah satu metode perlakuan serat yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat kedalam basa

alkali. Tujuan alkalisasi yaitu untuk memodifikasi permukaan serat dan menghilangkan kandungan lignin serat untuk memperoleh ikatan yang baik antara permukaan matriks dan serat. Pada dasarnya semua serat alam dari tanaman memiliki sifat hidrofolik yang berlawanan secara kompatibilitas dengan matrik polimer yang bersifat hidrofobik. Kelemahan ini dapat diatasi dengan memberikan perlakuan alkalisasi (NaOH) pada permukaan serat yang dimaksud untuk mengurangi sifat hidrofilik serat tersebut. Perlakuan alkali juga berguna untuk membersihkan media ekstratif dari serat alam seperti lapisan lilin atau *wax* (hemiselulosa, lignin, paktin, dan kotoran) sehingga diperoleh serat dengan permukaan yang relative memiliki topografi yang seragam.

### 2.2.9 Densitas Komposit dan Mekanika Material Komposit

#### a. 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 volume. Berikut adalah perhitungan massa total dan volume material komposit pada serat :

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

Dengan :  $M_c$  = massa komposit (gr)

$M_f$  = massa serat (gr)

$M_m$  = massa matriks (gr)

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

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

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

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

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

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

$$M_f = V_r \text{ (gr)}$$

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

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

Dengan :  $\rho_c$  = massa jenis serat (gr)

$\rho_m$  = massa jenis matriks (gr)

Maka :

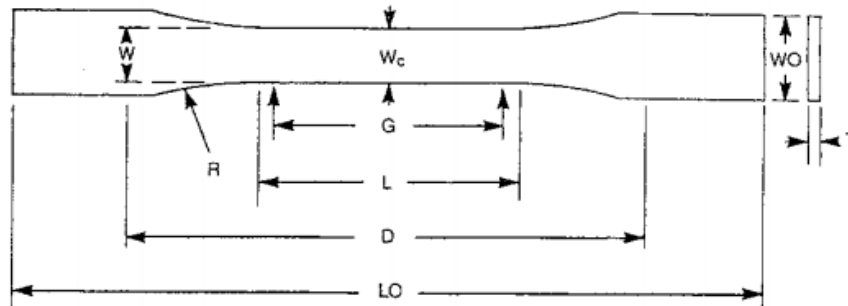
$$\rho_c = \frac{\rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m}{V_f + V_m + V_v} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Pada kenyataannya volume void ( $V_v$ ) relatif sangat kecil, sehingga  $V_v$  dapat diabaikan (Salindeho, et al., 2013)

### 2.2.10 Uji Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan bahan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan. Mesin uji tarik sering diperlukan dalam kegiatan engineering untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pendukung utama, diantaranya: kerangka, mekanisme pencekam spesimen, sistem penarik dan mekanisme, serta sistem pengukur. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji diberi

beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontiniu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji (Salindeho, et al., 2013). Dapat dilihat pada Gambar 2.11

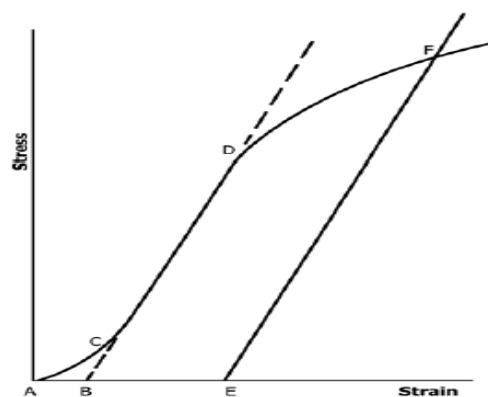


**Gambar 2.11** Dimensi specimen uji tarik ASTM D638-01

**Tabel 2.2** 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, W <sub>0</sub>	19
- Panjang seluruhnya, L <sub>0</sub>	165
- Panjang pada daerah cekung, G	50

Dari Pengujian tarik diperoleh data berupa beban maksimum yang dapat ditahan komposit sebelum patah dan pertambah panjangnya. Dari data-data tersebut dapat dicari nilai kekuatan tarik (tegangan), regangan dan modulus elastisitas komposit (surdia, 1995). Dapat dilihat pada Gambar 2.12



**Gambar 2.12** Kurva tegangan – regangan ASTM D638

Besarnya nilai kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan :

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

Dengan :  $\sigma$  = Tegangan normal (MPa)

F = Gaya yang bekerja (N)

A<sub>0</sub> = Luas penampang mula-mula komposit (mm<sup>2</sup>)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambah panjang akibat pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gauge length*) dan dinyatakan dalam persamaan (surdia, 1995).

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

Dengan :  $\varepsilon$  = Regangan

$\Delta L$  = Pertambah panjang (mm)

L<sub>0</sub> = Panjang daerah ukur (*gauge length*) (mm)

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan dan 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.

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

Dengan : E = Modulus Elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Kekuatan tarik komposit (MPa)

### 2.2.11 Microscope Optic Digital

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. (Arya, 2014)

Bagian-bagian Mikroskop Digital USB ditunjukkan pada Gambar 2.13.

LED Switch, untuk mengatur pencahayaan terang atau redup.

LED Light, lampu mikroskop.

Zoom Button, tombol untuk memperbesar pengelihatian mikroskop.

Snap Button, tombol untuk mengambil gambar.

Focus Wheel, untuk mengatur fokus gambar.



**Gambar 2.13** Microscope Digital USB (Arya, 2014)

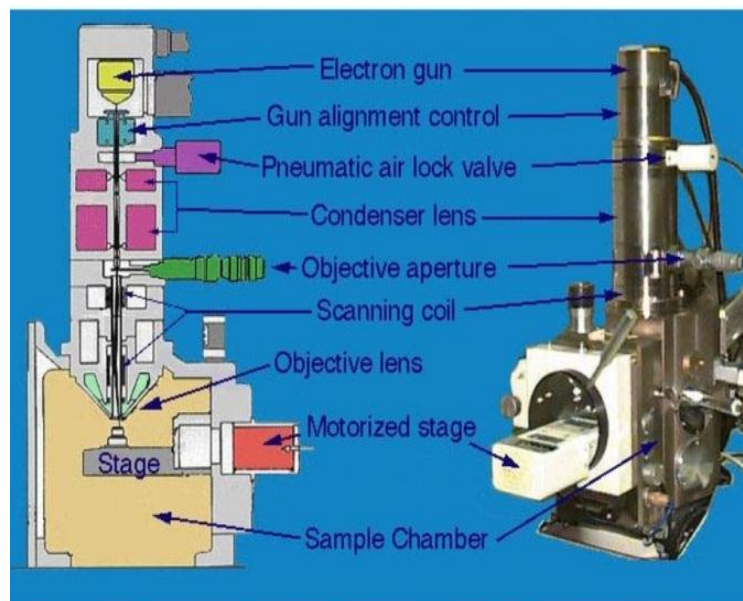
### 2.2.12 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscope* adalah sebuah mikroskop electron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *deph of field* 4 – 0,4 mm dan resolusi sebesar 1- 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *deph of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat

SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Bagian – bagian SEM ditunjukkan pada Gambar 2.14

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut :

- a. *Electron gun* menghasilkan *electron beam* dari filament. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filament berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektroda melaju menuju ke atoda.
- b. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- c. Sinar elektron yang terfokus memindah keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindah.
- d. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi himburan elektron, baik *Secondary Electron (SE)* atau *Back Scattered detector (BSE)* dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detector dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitoring CRT.



**Gambar 2.14** Bagian SEM (<https://docplayer.info/21481809-Scanning-electron-microscopy-sem.html>)