

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Serat kenaf sebagai bahan komposit pernah dilakukan penelitian oleh Bakar dkk (2014). Menggunakan metode *hot press* dengan temperatur 160°C dan dengan tekanan 14,7 MPa (150 kg/cm²). Variasi penambahan serat sebanyak 10%, 15%, 20% dan 30%. Matriks yang digunakan yaitu polyvinyl chloride dan ethylene vinyl acetate . Dari hasil penelitiannya didapat nilai modulus bending tertinggi pada komposisi 30% serat yaitu 500 MPa.

Akil dkk (2013) telah melakukan penelitian tentang sifat bending pada komposit serat kenaf/*E-glass* dengan matriks *unsaturated polyester* . Komposisi serat dan matriks yaitu 40/60 % berat. Difabrikasi menggunakan mesin *thermoset pultrusion* yang kemudian dipanaskan dengan temperatur sekitar 50 °C dalam waktu 5 menit. Filler atau penguat yang digunakan berupa serat kenaf dan *E-glass* memiliki fraksi 40/25 % berat. Dari hasil penelitiannya didapatkan tegangan bending 115 MPa dan modulus elastisitas 5 GPa.

Tungjitpornkull dan Sombatsompop (2009) meneliti teknik proses dan efek orientasi sudut penataan serat terhadap sifat mekanis komposit bermatriks PVC dengan *filler* serat kayu dan serat *E-glass*. Menggunakan variasi orientasi serat 0°, 45°, 90° dan penambahan serat 11,8 % berat serta variasi proses pembuatan yaitu, dengan *compression molding* dan *twin screw extrusion*. Hasil uji bending tertinggi diperoleh dari variasi 0° yaitu, 44 MPa.

Maleque dkk (2012) meneliti kekuatan bending komposit serat kenaf/*E-glass* bermatriks *unsaturated polyester*. Serat kenaf dialkalisasi dengan 6% *sodium hydroxide* (NaOH) selama 3 jam. Variasi volume serat kenaf/*glass* yaitu, 0/30, 7,5/22,5, 15/15, 22,5/75, 30/0 % volume. Fabrikasi komposit menggunakan metode *sheet moulding compound process* dengan temperature 25 °C dan tekanan 80 bar selama 10 menit. Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil tegangan bending tertinggi adalah variasi serat kenaf/*E-glass* 15/15 % volume sebesar 34,88 MPa.

Kemudian Atiqah dkk (2014) melakukan penelitian tentang komposit serat kenaf/*E-glass* dengan matriks *unsaturated polyester*. Komposisi matriks dengan serat yaitu 70/30 % volume. Terdapat variasi tanpa perlakuan dan dengan perlakuan alkalisasi menggunakan 6% *sodium hydroxide* (NaOH) selama 3 jam dan variasi volume serat kenaf/*glass* yaitu, 0/30, 7,5/22,5, 15/15, 22,5/75, 30/0 % volume. Fabrikasi komposit menggunakan metode *sheet moulding compound process* dengan temperatur 25 °C dan tekanan 0,5 bar selama 30 menit. Dari hasil penelitiannya didapat nilai modulus bending tertinggi dengan variasi alkalisasi serat kenaf/*E-glass* 22,5/7,5 % volume yaitu sebesar 36,4 GPa dan tegangan bending sebesar 453 MPa.

Yousif dkk (2012) melakukan penelitian tentang tinjauan komposit serat kenaf dengan matriks epoksi. Serat kenaf dilakukan alkalisasi dengan 10% *sodium hydroxide* (NaOH) selama 24 jam kemudian serat dicuci dan dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 40 °C selama 24 jam. Variasi penelitian adalah murni epoksi, kenaf/epoksi tanpa alkalisasi dan kenaf/epoksi dengan alkalisasi. Dari hasil penelitian tersebut variasi kenaf/epoksi dengan alkalisasi memiliki tegangan bending tertinggi yaitu 301,64 MPa dan modulus bending 6,74 GPa.

Kennerley (1998) melakukan penelitian tentang serat *E-glass* dengan matriks *unsaturated polyester*. Serat *E-glass* dipanaskan menggunakan *furnace* untuk melihat kekuatan mekanis. Variasi temperatur yang digunakan adalah 375 °C, 500 °C dan 600 °C. selama 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Dari hasil penelitiannya didapatkan hasil modulus bending tertinggi dengan temperatur 375 °C selama 20 menit sebesar 22 GPa. Kekuatan komposit yang menggunakan serat *E-glass* dengan pemanasan sampai 20 menit cenderung mengalami kenaikan kekuatan mekanisnya, akan tetapi pemanasan lebih dari 20 menit menyebabkan kekuatan mekanis menjadi turun.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Panthapulakkal dan Sain (2006) komposit difabrikasi menggunakan metode injeksi molding dengan temperatur injeksi 205 °C, waktu injeksi 8 detik, waktu pendinginan 25 detik dan waktu pembukaan mold 25 detik. Komposisi komposit terdiri dari matriks

polypropylene dan pengisi serat *hemp/E-glass*. Serat *E-glass* mengalami perlakuan pirolisis menggunakan muffle furnace selama 3 jam pada temperature 600 °C. Variasi serat *E-glass/hemp* adalah 0/40, 5/35, 10/30, 15/25 % berat. Hasilnya, variasi dengan *E-glass* terbanyak yaitu 15% berat memiliki tegangan bending tertinggi yaitu, 101 MPa dan variasi tanpa *E-glass* atau 40% *hemp* memiliki daya serap air tertinggi sebesar 8,73 %.

Sifat mekanik komposit dapat turun apabila terjadi ikatan serta dan matriks yang lemah, sifat alami serat alam dan matriks memiliki perbedaan dimana serat alam bersifat menyerap air (*hydrophilic*) dan matriks bersifat menolak air (*hydrophobic*), oleh karena itu diperlukannya adanya proses alkalisasi menggunakan larutan *sodium hydroxide* (NaOH) agar serat alam dapat terikat dengan matriks secara lebih baik (Akil dkk, 2011). Serat yang direndam menggunakan larutan alkali 6% *sodium hidroxide* (NaOH) selama 1 jam pada suhu ruangan merupakan konsentrasi yang optimum (Sosiati dkk, 2015). Panjang serat 10 mm merupakan panjang serat yang menghasilkan kekuatan mekanis lebih tinggi apabila dibandingkan 20 mm dan 30 mm (Pratama dkk, 2014).

Rozali dkk (2017) pada penelitiannya, membuat komposit kenaf/*E-glass* dengan matriks *unsaturated polyester*. Komposit dicetak menggunakan *compression moulding* dengan suhu ruangan. Komposisi matriks/pengisi adalah 70/30 % berat dengan variasi serat KF, GF, GF/KF, KF/GF/KF, dan GF/KF/GF. Penelitian tersebut memberikan hasil komposisi GF/KF/GF dengan hasil tegangan dan modulus bending tertinggi sebesar 162 MPa dan 4,5 GPa. Pada uji daya serap air komposisi KF/GF/KF memiliki hasil kenaikan tertinggi sebesar 13% selama 170 jam dan *thickness swelling* 12,3 % selama 170 jam.

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Komposit

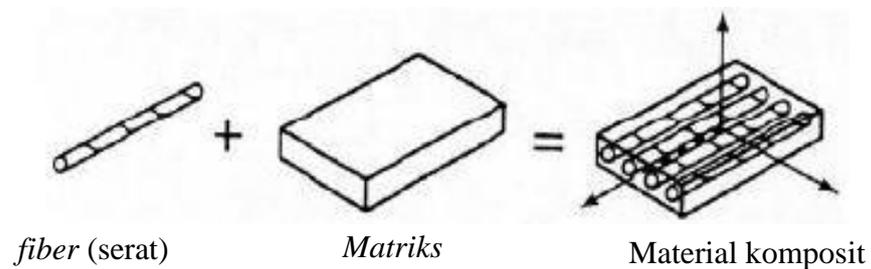
Material komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (Nayiroh, 2013). Komposit memiliki keunggulan

tersendiri dibandingkan dengan bahan lain seperti ringan, kuat, tahan korosi, dan ekonomis (Purboputro , 2006).

Komposit terdiri dari dua elemen, yaitu :

1. Matriks merupakan bahan yang memiliki fraksi dominan dalam komposit berfungsi mengikat pada komposit dan melindungi *filler* dari kerusakan dari luar.
2. *Filler (reinforcement)* merupakan bagian komposit yang berfungsi sebagai pengisi dan penguat komposit. *Filler* bisa berasal dari alam maupun sintetis.

Ilustrasi komposisi komposit dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.

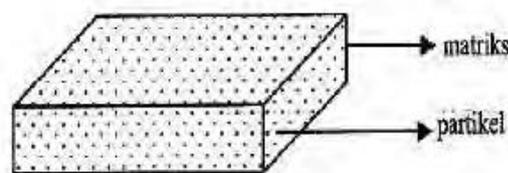


Gambar 2.1 Ilustrasi Komposisi Komposit (Jones, 1999)

Dilihat dari bentuk penguatnya, komposit digolongkan kedalam tiga jenis yaitu : komposit partikel, komposit serat dan komposit lapis (Jones, 1999).

a. Komposit Partikel (*particulate composites*)

Komposit partikel merupakan jenis komposit yang penguat atau *fillernya* berbentuk partikel atau serbuk yang tercampur secara merata didalam matriksnya, dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komposit Partikel (Gibson, 1994)

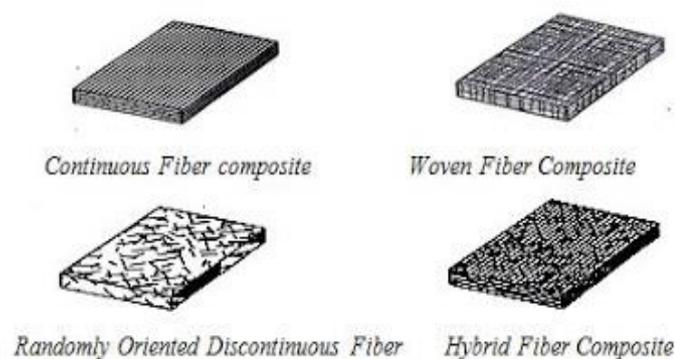
b. Komposit Serat (*fibrous composites*)

Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dan matriks sebagai pembentuknya. Serat berperan sebagai penopang kekuatan dari

komposit, sehingga kekuatan mekanis pada komposit ini akan sangat bergantung pada jenis serat yang dipilih. Tegangan yang diterima komposit awalnya diterima oleh matriks kemudian akan diteruskan kepada serat, sehingga beban maksimum akan ditahan oleh serat yang bekerja sebagai penopang.

Dalam pembuatannya komposit serat dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 berdasarkan tata letak susunan seratnya, antara lain :

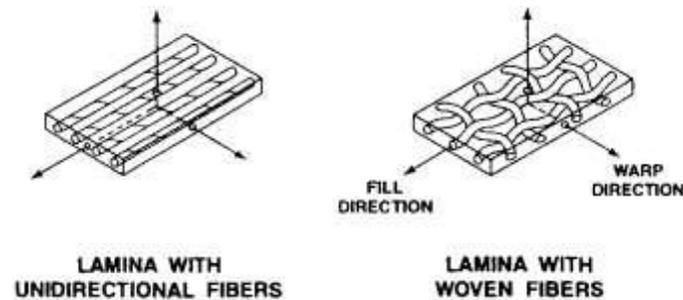
1. *Continuous fiber composite*
penyusunan komposit serat secara berkesinambungan.
2. *Woven fiber composite*
penyusunan komposit serat secara anyam.
3. *Randomly Oriented Discontinuous Fiber*
penyusunan komposit serat pendek secara acak.
4. *Hybrid Fiber composite*
penyusunan komposit serat secara berkelanjutan dan acak.



Gambar 2.3 Jenis-jenis komposit serat (Gibson, 1994)

c. Komposit Lapis (*Laminates composites*)

Komposit lapis adalah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang kemudian digabung menjadi satu dan setiap lapisannya mempunyai karakteristik sifat yang berbeda. Contoh dari komposit ini ditunjukkan dengan gambar 2.4 antara lain bimetal, pelapis logam kaca dan komposit lapis serat.



Gambar 2.4 Komposit Lapis (Lamina) (Jones, 1999).

Dalam pembuatan komposit, perlu menghitung fraksi volume. Fraksi volume komposit adalah perhitungan bahan komposit yang terdiri dari matriks, volume dari material komposit adalah penjumlahan volume serat dengan volume matriks.

2.2.2 Polimer Plastik

Plastik merupakan salah satu bahan yang paling umum dijumpai dan digunakan. Bahan plastik secara bertahap mulai menggantikan gelas, kayu dan logam. Hal ini disebabkan bahan plastik mempunyai beberapa keunggulan, yaitu ringan, kuat dan mudah dibentuk, anti karat dan tahan terhadap bahan kimia, mempunyai sifat isolasi listrik yang tinggi, dapat dibuat berwarna maupun transparan, serta biaya proses yang lebih murah. Keanekaragaman jenis plastik memberikan banyak pilihan dalam penggunaan dan cara pembuatannya. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu :

a. Plastik termoplas

Memiliki sifat tidak tahan terhadap panas dan plastik ini dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Plastik jenis ini dibagi menjadi dua, yaitu:

1. *Crystallin Plastic*, molekul yang tersusun kuat

Contoh: PP, PE, *Polyacetal*

2. *Amorphous Plastic*, plastik tak berbentuk

Contoh: PS, PVC, PC

b. Bahan – bahan *thermoplastic* adalah bahan yang tidak mengalami perubahan kimia, namun hanya mengalami perubahan bentuk dan kualitas karena efek daur ulang. Plastik thermoset plastik yang memiliki

karakteristik tahan terhadap panas dan kuat tetapi tidak dapat didaur ulang. Plastik ini apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. *Phenol, Polyester, Epoxy* merupakan contoh bahan plastik yang termasuk plastik thermoset.

Berikut adalah tabel yang menjelaskan sistem daur ulang pada plastik termoplas.

Tabel. 2.1 Simbol daur ulang (Wijaya, 2014)

Simbol Daur Ulang	Jenis Plastik	Sifat-sifat	Aplikasi kemasan
	Polietilen Tereftalat (PET, PETE)	Bening, kuat, tangguh non permeabel (gas dan uap air)	Soft drink, botol air-salad keju kacang
	High Density Polietilen	Kaku, kuat, tangguh, tahan lembab,	Susu, jus buah, kantong belanja
	Polivinil Klorida (PVC)	Tangguh, kuat, mudah dicampur	Botol jus, pipa air bungkus plastik
	Low Density Polietilen (LDPE)	Mudah diproses, kuat tangguh, fleksibel, mudah disegel, tahan lembab	Kantong makanan beku, botol remas (kecap, saus, madu), bungkus plastik
	Polipropilen (PP)	Kuat, tangguh, tahan panas, minyak, bahan kimia, tahan lembab	Peralatan dapur, peralatan microwave, wadah yoghurt, piring dan mangkok sekali pakai
	Polistiren (PS)	Mudah dibentuk dan diproses	Karton telur, styrofoam, mangkuk sekali pakai
	Plastik lain (Polikarbonat atau ABS)	Tergantung dari jenis polimernya	Botol minuman, botol susu bayi, barang-barang elektronik

2.2.3 Polivinil Klorida (PVC)

Polivinil klorida (PVC) merupakan hasil polimerisasi monomer vinil klorida dengan bantuan katalis. Pemilihan katalis tergantung pada jenis proses polimerisasi yang digunakan. PVC memiliki struktur *amorphous* dengan sifat kuat, elastis/fleksibel dan tidak beracun. Ketahanan PVC terhadap asam, lemak, oli dan deterjen membuat PVC sering dijadikan bahan utama pipa distribusi air, sering juga PVC dijadikan plastik pelapis lantai dan plastik lembaran, bahkan PVC sampai saat ini masih digunakan sebagai bahan pembuat pintu dan jendela. Sifat isolasi yang baik terhadap listrik menjadikan PVC sebagai bahan pembuat instalasi listrik tertentu (Mujiarto, 2005). Faktor yang harus diperhatikan dalam penggunaan PVC adalah masalah keselamatan dan lingkungan. PVC memiliki sifat sifat yang ditunjukkan dalam tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2. Sifat sifat PVC (*Smiths PVC Technical Datasheet, 2017*)

Sifat	Nilai
Massa Jenis	1,45 g/cc
Daya Serap Air	0,06 %
Kekerasan <i>Rockwell</i>	115 skala R
Kuat Tarik	55 MPa
Modulus Tarik	2833 MPa
Kuat Bending	90 MPa
Modulus Bending	3316 MPa
Impak Izod	1,0 ft-lb/in
Temperatur defleksi	102 C
Resistensi Kimia	Class B

2.2.4 Serat Kenaf

Tumbuhan kenaf banyak dibudidayakan di lahan Bonorowo. Luas areal pertanaman kenaf di Indonesia sudah pernah mencapai 26.000 ha pada tahun 1986 karena adanya program ISKARA dari pemerintah. Seiring dengan berakhirnya program dan berubahnya sistem drainase di lahan Bonorowo, luas lahan kenaf

sekarang hanya sekitar 3000 ha yang tersebar di Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Kalimantan. Produksi kenaf di kawasan Asia Tenggara ditunjukkan oleh tabel 2.3.

Tabel 2.3. Produksi kenaf kawasan Asia Tenggara (Munawar dalam Subyakto dan Gopar, 2009)

Fiber sources	Indonesia	Thailand	Philippines	Burma	Vietnam	South-East Asia	% of World
Abaca	0.6	-	71.9	-	-	72.5	74.2
Cotton	8.9	15.2	1.2	55.2	23.9	110.4	0.6
Jute	-	5.3	-	36.4	14.5	57.3	2.0
Kenaf, etc.	5.9	60.0	-	0.1	-	65.9	13.2
Kapok	79.9	44.5	-	-	-	124.5	100
Ramie	0.3	-	1.6	-	-	3.0	2.1
Sisal	0.5	0.1	-	-	-	0.6	0.2

Pengembangan kenaf saat ini diarahkan pada lahan sub optimal di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi karena telah ada varietas unggul yang mempunyai daya adaptasi tinggi terhadap genangan, kekeringan, maupun pH rendah (Sudjindro, 2012). Serat kenaf telah lama diketahui dan digunakan sebagai bahan baku berbagai produk bernilai ekonomi tinggi dan pengganti serat sintetik yang *biodegradable*. Penggunaan serat kenaf menjadikan produk ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan manusia. Produk berbahan baku kenaf secara tidak langsung juga mengurangi emisi gas rumah kaca melalui beberapa mekanisme (Santoso dkk, 2015). Pada tabel 2.4 menunjukkan kekuatan mekanis dan komposisi kimia serat kenaf.

Tabel 2.4. Sifat dan Komposisi Kenaf (Akil, 2011)

Sifat dan Komposisi Kimia	Nilai
Massa jenis	1,4 g/cm ³
Tegangan tarik	930 MPa
Modulus Elastisitas	53 GPa
Elongasi	1,6 %
Pektin	3-5 %
Selulosa	45-57 %
Hemiselulosa	21,5 %
Lignin	8-13 %

2.2.5 Serat E-Glass

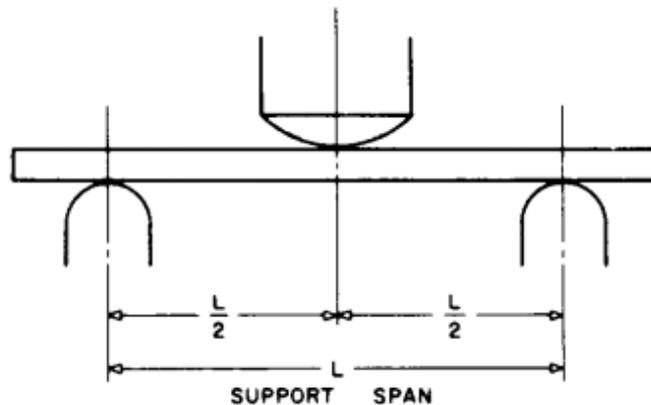
Serat *E-glass* adalah salah satu serat sintetis yang banyak digunakan sebagai bahan penguat dalam suatu bahan komposit. Serat *E-glass* mempunyai keuntungan yaitu kekuatan mekanis yang sangat tinggi. Karena itu, serat *E-glass* dijadikan sebagai penopang utama dalam bahan komposit. Karena fungsi utama serat dalam komposit adalah meneruskan tegangan yang diterima oleh matriks. Oleh karena itu, serat haruslah mempunyai tegangan bending dan modulus yang lebih tinggi daripada matriks. Namun serat *E-glass* memiliki kekurangan yaitu harga yang mahal, tidak *biodegradable*, dan kekerasannya tinggi. Pada tabel 2.5. menunjukkan sifat dari serat *E-glass*.

Tabel 2.5. Sifat serat *E-glass* (Munawar dalam Subyakto dan Gopar, 2009)

Sifat	Nilai
Massa Jenis	2,42 g/cm ³
Kuat Tarik	2400 MPa
E-Modulus	73 GPa
Spesifik Modulus	29

2.2.6 Pengujian Bending

Uji bending merupakan suatu proses pengujian material atau bahan dengan cara ditekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan bending. Uji bending memiliki dua macam pengujian yaitu, *three point bending* dan *four point bending* yang ditunjukkan oleh gambar 2.5. Pengujian bending dilakukan menggunakan mesin uji bending yang terdapat pada *universal testing machine*. Setiap material memiliki standar uji yang berbeda. Contoh standar ASTM pengujian bending dengan material yang terbuat dari bahan polimer (plastik) menggunakan standar ASTM D790, ASTM D6272, ASTM D7264, semua disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Standar pengujian bending yang digunakan dalam penelitian ini adalah ASTM D790-03.



Gambar 2.5. *Three point bending* (ASTM D790)

Perhitungan tegangan pada bending ditentukan dengan persamaan 2.1 sebagai berikut.

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2bd^2} \dots\dots\dots[2.1]$$

Keterangan :

σ_f = Tegangan (MPa)

P = beban (N)

L = *support span* (mm)

b = lebar (mm)

d = tebal (mm)

apabila rasio *support span* banding tebal lebih dari 16 maka menggunakan persamaan 2.2 berikut.

$$\sigma_f = \left(\frac{3 PL}{2bd^2}\right) \left[1 + 6\left(\frac{D}{L}\right)^2 - 4\left(\frac{a}{L}\right)\left(\frac{D}{L}\right)\right] \dots\dots\dots[2.2]$$

Sedangkan untuk mengetahui modulus elastisitas komposit dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$E_B = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots[2.3]$$

Keterangan :

E_B = Modulus Elastisitas

2.2.7 Pengujian Daya Serap Air dan *Thickness Swelling*

Uji daya serap air merupakan pengujian yang dimaksudkan untuk melihat kemampuan suatu material dalam menyerap air dalam kondisi yang sudah ditentukan sesuai standar. Perbandingan berat material pada kondisi sebelum dan diuji merupakan hasil dari pengujian daya serap air. ASTM D570 adalah standar uji daya serap air untuk polimer dan komposit. Ukuran spesimen dan kondisi telah ditentukan di dalamnya.

Berikut adalah persamaan 2.4 untuk menghitung pertambahan berat dalam uji daya serap air.

$$WA = \frac{B2-B1}{B1} \times 100 \dots\dots\dots[2.4]$$

Keterangan :

WA = daya serap air (%)

B1 = berat sebelum perendaman (gram)

B2 = berat setelah perendaman (gram)

Dan berikut persamaan 2.5 untuk menghitung *thickness swelling*.

$$Ts = \frac{T2-T1}{T1} \times 100 \dots\dots\dots[2.5]$$

Keterangan :

Ts = daya serap air (%)

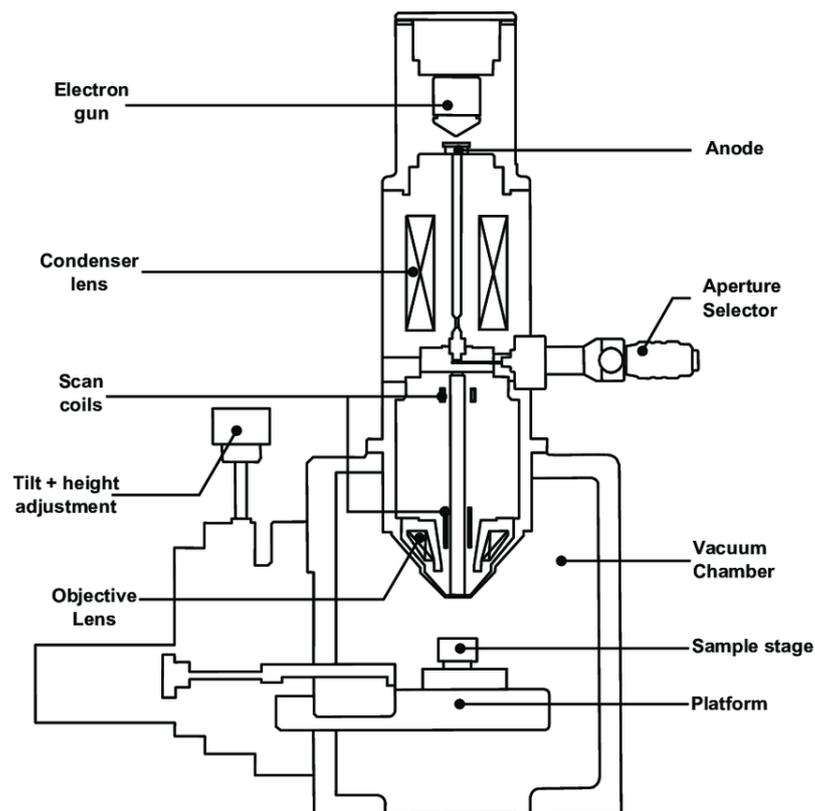
T1 = tebal sebelum perendaman (mm)

T2 = tebal setelah perendaman (mm)

2.2.8 Scanning Electron Microscopy

SEM dikembangkan oleh Manfred von Ardenne pada tahun 1983 SEM bekerja berdasarkan prinsip scan sinar elektron pada permukaan sampel yang selanjutnya informasi yang didapatkan diubah menjadi gambar. SEM mempunyai karakteristik secara kualitatif karena menggunakan elektron sebagai pengganti gelombang cahaya. Hal ini sangat berguna untuk menentukan struktur permukaan dari sampel. Komponen SEM ditunjukkan oleh gambar 2.6 Sebagai pengertian awal, mikroskop elektron scanning menggunakan hamburan balik elektron-

elektron (dengan $E \approx 30 \text{ Kv}$ yang menggunakan energi datang) dan elektron-elektron sekunder ($E \approx 100 \text{ Ev}$) yang dipantulkan dari benda uji. Elektron-elektron sekunder mempunyai energi yang rendah, maka elektron-elektron tersebut dapat dibelokkan membentuk sudut dan menimbulkan bayangan topografi. Intensitas dari hamburan balik elektron-elektron sebanding dengan jumlah atom. Oleh karena itu hal ini penting untuk menunjukkan perbedaan komposisi. Intensitas dari elektron yang dihamburkan balik juga peka terhadap orientasi berkas sinar datang relatif terhadap kristal. Efek ini menimbulkan perbedaan orientasi antara butir satu dengan butir yang lain. Pengujian ini dapat memperoleh informasi mengenai topografi, morfologi, komposisi dan kristalografi. Morfologi yang diamati oleh SEM berupa bentuk, ukuran dan susunan partikel.



Gambar 2.6 Komponen SEM (Marturi, 2013)

Prinsip kerja SEM adalah menembak permukaan benda dengan berkas elektron bertegangan tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas elektron tersebut atau akan menghasilkan elektron

sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana hasil berkas tersebut dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan. Arah tersebut memberi informasi bentuk permukaan benda. Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron di-scan ke seluruh area pengamatan. Kita dapat melakukan pengaturan perbesaran untuk mebatasi area pengamatan. Berdasarkan arah pantulan berkas pada berbagai titik pengamatan maka bentuk permukaan benda dapat dilihat menggunakan program pengolahan gambar yang ada dalam komputer atau CRT (Khairurrijal dkk, 2008)