

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Serat alam dipilih sebagai bahan penguat komposit polimer karena memiliki beberapa kelebihan yaitu sifat mekanik yang tinggi, densitas yang relatif rendah, bisa didaur ulang, dan harganya yang ekonomis dibandingkan serat sintentis (Mallick dkk, 2017). Salah satu serat alam yang sering digunakan di industri adalah serat kenaf. Serat kenaf di manfaatkan sebagai penguat komposit (*fiberboard*) oleh industri otomotif. Meskipun serat alam memiliki beberapa kelebihan dibandingkan serat sintesis, hal tersebut tidak cukup untuk mengatasi kebutuhan desain produk komposit karena kekuatan mekaniknya yang rendah dibandingkan serat sintesis. Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan tambahan penguat lain untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya, salah satunya dengan menambahkan partikel *silica*.

Zhang dkk (2011) telah melakukan penelitian tentang pengaruh kombinasi antara serbuk *polypropylene* dan *silica fume* dengan fraksi volume 0,3,6,9,12 wt% terhadap sifat mekanis pada komposit beton yang mengandung abu terbang. Menghasilkan kekuatan Tarik yang meningkat dari 6,12 MPa dengan fraksi volume 3% dan meningkat 6,58 MPa pada fraksi volume 12%. Sedangkan Gowthami dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh silika pada sifat termal dan mekanik komposit serat sisal dengan memanfaatkan *polyester* sebagai penguat. Penelitian tersebut menunjukkan peningkatan kekuatan tarik komposit *sisal/polyester* dengan penambahan silika, dari kekuatan tarik *polyester* murni sebesar 36,28 MPa, kemudian 61,13 MPa pada komposit *sisal/polyester* tanpa silika, dan 92,6 MPa pada komposit *sisal/polyester/silika* 5% dengan ukuran partikel 10 μm . Nilai termal meningkat secara bertahap pada suhu 30°C-85°C dari semua sampel, peningkatan komposit dengan silika lebih besar 19,16% dari komposit *sisal/polyester* dan lebih besar 35,37% dari *polyester* murni.

Mutalikdesai dkk, (2017) melakukan penelitian mengenai pengaruh *silika fume/mikrosilika* pada sifat mekanis pada komposit *epoxy* berpenguat serat rami

dengan menggunakan variasi perbandingan volume *epoxy*, *rami*, dan *silika fume* sebesar 60:40:0, 58:40:2, 56:40:4, dan 54:40:6 wt% menunjukkan bahwa pada variasi volume 54:40:6wt% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi, dibandingkan dengan variasi volume yang lain dan kekuatan lentur mencapai 84,25 MPa serta kekuatan impak sebesar 9,55 kJ/m².

Bozkurt dkk (2017) melakukan penelitian tentang bagaimana pengaruh *nanosilica particle* terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit laminasi *glass fabric/epoxy/nanosilica* dengan variasi *nanosilica* 0, 1, 1,5, 2, dan 3 wt%, memperlihatkan kekuatan tarik tertinggi pada 2 wt% *nanosilica* sebesar 280,25 MPa dan kekuatan bending tertinggi pada 1,5 wt% *nanosilica* sebesar 346,35 MPa.

Hal berbeda terjadi pada penelitian yang dilakukan Khater (2013) dan Bajuri dkk (2016). Khater (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh *silica fume* pada karakteristik bahan *geopolymer* dengan persentase volume *silica fume* 1-10%. Penelitian tersebut menunjukkan penambahan *silica fume* tidak selalu meningkatkan kekuatan mekanis, yaitu pada volume 7% mengalami peningkatan kekuatan tekan tertinggi dan pada volume 8% - 10% mengalami penurunan. Hal tersebut juga terjadi pada daya serap air, dimana pada volume 7% menghasilkan daya serap air paling baik karena memiliki kemampuan daya serap air paling rendah.

Penelitian yang dilakukan Bajuri dkk (2016) tentang sifat lentur dan kompresi dari komposit hibrid *kenaf/nanosilica/epoxy* dengan penambahan *nanosilica* fraksi volume 0, 0,5, 2, 3, dan 4%, hasil menunjukkan terjadi penurunan dan kenaikan kakuatan mekanis komposit pada volume tertentu, komposit dengan penambahan *nanosilica* 2% memiliki sifat mekanis terbaik pada kekuatan lentur dan modulus lentur sebesar 43,8 MPa dan 3,05 GPa, serta pada kekuatan tekan dan modulus tekan sebesar 40,0 MPa dan 1,15 GPa.

Penelitian tentang fraksi volume serat kenaf dan epoksi yang menunjukkan hasil optimal telah dilakukan oleh Bakar dkk. (2016). Penelitian tersebut

menggunakan termoset *epoxy* dan poliester pada komposit serat kenaf terhadap kekuatan tarik dan impak. Hasilnya memperlihatkan bahwa dengan penambahan fraksi volume kanaf/epoksi 25:75 wt% menghasilkan nilai yang lebih tinggi yaitu 93,59 Mpa, jika dibandingkan dengan perbandingan 10:90 wt%, 20:80 wt% dan 15:85 wt% yang hanya menghasilkan nilai 54,13 MPa, 83,30 MPa dan 78,92 MPa.

Penelitian yang dilakukan Yusminar dan Suryani (2012) tentang pemanfaatan silika dari sekam padi pada komposit polyester/silika dengan variasi ukuran partikel silika yang diayak 60 mesh, 230 mesh, dan 400 mesh menunjukkan kekuatan tarik komposit poliester/silika tertinggi yaitu pada ukuran partikel 400 mesh menghasilkan nilai 52 MPa. Hal ini dikarenakan ukuran partikel silika yang lebih kecil dapat terdispersi lebih baik kedalam matriks dan ukuran partikel silika yang lebih besar memiliki kecenderungan untuk menghalangi kekompakan dari matriks dalam menahan beban yang diberikan, sehingga dapat mempercepat proses pemutusan saat dilakukan uji tarik.

Penelitian tentang pengujian daya serap air (*water absorption*) telah dilakukan oleh Zykova dkk. (2015) pada komposit tepung kayu/polietilen dengan variasi ukuran partikel. Hasilnya menunjukkan kemampuan daya serap air terendah terdapat pada ukuran partikel 80 μm dan memiliki kekuatan tarik optimal sebesar 8,2 MPa. Daya serap air meningkat pada 80-140 μm dan 140-200 μm seiring dengan bertambahnya ukuran partikel.

Penelitian mengenai panjang serat untuk mengetahui kekuatan mekanik terbaik telah dilakukan oleh Joseph dkk. (1993) dengan variasi serat yaitu 2,1 mm, 5,8 mm, 9,2 mm dengan *polyethylene*. Orientasi serat yang digunakan adalah acak. Hasil dari penelitian didapatkan nilai kekuatauan tarik tertinggi terdapat pada serat dengan panjang 5,8 mm yaitu sebesar 31,12 MPa.

Tekanan pada pengepresan komposit kenaf/epoksi sebesar 8 MPa (± 1160 psi) telah dilakukan oleh Ismail dkk. (2017) yang meneliti tentang sifat mekanik pad komposit epoksi yang diperkuat serat kenaf yang dibentuk menggunakan

cetakan kompresi. Komposit dibuat dengan metode orientasi serat kenaf yang di susun secara acak dan berdimensi 25 mm x 100 mm.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Komposit

Komposit yang diambil dari kata “*to compose*” yang dapat diartikan sebagai menggabung atau menyusun. Menurut definisi komposit merupakan penggabungan dari dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat berbeda pada ukuran *makroskopis* agar terbentuk material baru. *Makroskopis* yang dimaksudkan disini yaitu material pembentuk dalam komposit masih terlihat seperti aslinya (Jones, 1999). Komposit merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam penelitian oleh para peneliti saat ini. Salah satu alasan mengapa komposit banyak digunakan dalam berbagai penelitian adalah bahan pengikat dan bahan penguat dapat divariasikan dengan bahan yang ada di sekitar baik bahan sintetis atau bahan yang terbuat dari alam. Penyusunan komposit pada dasarnya terdiri dari dua material pembentuk, yaitu matriks dan filler.

1. Matriks

Matriks adalah pengikat dalam suatu komposit yang volumenya lebih besar (dominan).

2. Pengisi (*filler*) /Penguat

Pengisi atau penguat merupakan bagian utama dari komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban pada komposit.

2.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualitas Komposit

1. Faktor Serat

Pengaruh dari serat pada komposit sangatlah besar, karena serat menjadi bahan utama pada komposit yaitu sebagai penguat yang berfungsi menahan beban pada komposit. Menurut Nahyudin et. al., (2016) faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan pada serat yaitu :

a. Panjang serat

Dalam pembuatan komposit ada dua jenis serat yang digunakan yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat pendek memiliki keuntungan mudah dalam proses fabrikasi dan tidak memerlukan waktu yang lama. Sedangkan serat panjang memiliki keuntungan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi, penyusutan serat yang rendah dan lebih stabil dimensinya.

b. Orientasi serat

Orientasi serat juga sangat mempengaruhi kekuatan mekanik pada komposit. Serat dengan orientasi satu arah dapat menghasilkan kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi.

c. Bentuk serat

Bentuk serat pada dasarnya adalah lingkaran. Namun serat yang berbentuk lingkaran kekuatannya lebih kecil dibandingkan dengan serat berbentuk persegi atau heksagonal.

d. Jenis serat

Jenis serat merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi kekuatan mekanik komposit. Serat sintetis mempunyai kekuatan lebih tinggi di bandingkan dengan serat alam.

2. Faktor Matriks

Dalam pembuatan komposit dibutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matriks. Pada pemilihan matriks juga harus dipahami sifat-sifat dari matriks itu, diantaranya yaitu tahan korosi, tahan cuaca buruk, tahan terhadap panas, dan tahan pada guncangan. Selain itu juga harus diperhatikan berat jenis, tekanan, suhu curing, dan viskositas. Schwartz, (1984).

3. Faktor Ikatan

Void atau udara yang terjebak didalam komposit adalah faktor yang mempengaruhi ikatan dalam komposit. *Void* yang terdapat dalam komposit menyebabkan ikatan antara matriks dan serat kurang optimal. Ikatan yang kurang optimal pada komposit tersebut akan menjadikan penurunan beban yang diterima akan berpindah kedaerah yang terdapat *void* (Schwartz, 1984).

2.2.3 Klasifikasi Material Komposit

Komposit di bagi menjadi 3 jenis berdasarkan bahan matriksnya Menurut Matthews dan Rawling (1993) yaitu :

1. Komposit Matriks Polimer/*PMC (Polmyer Matrixes Composite)*

PMC adalah komposit yang menggunakan bahan polimer sebagai matriksnya. Komposit jenis ini sering digunakan dalam pembuatan komposit dikarenakan harga yang terjangkau, memiliki sifat yang kuat dan mudah difabrikasi.

2. Komposit Matriks Keramik/*CMC (Ceramic Matrixes Composite)*

CMC adalah komposit yang menggunakan bahan keramik sebagai matriksnya. Komposit jenis ini memiliki sifat yang sangat keras.

3. Komposit Matriks Logam/*MMC (Metal Matrixes Composite)*

MMC adalah komposit yang menggunakan bahan logam sebagai matriksnya. Komposit jenis ini memiliki sifat yang kuat.

Sedangkan menurut Gibson, (2012) berdasarkan dari material penyusunnya, Komposit dapat di bagi menjadi tiga jenis, yaitu: komposit serat (*fibrous composit*), komposit lamina (*laminates composites*), dan komposit partikel (*particular composites*).

1. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat (*fibrous composites*) merupakan material komposit dengan susunan dari serat dengan kekuatan yang tinggi (*high strength*) yang kemudian diikat dengan matriks yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda. Berdasarkan orientasi serat, komposit serat dibedakan menjadi empat yaitu: komposit serat pendek acak (*discontinuos fiber composite*), komposit serat panjang kontinu (*continuous fiber composite*), komposit serat anyam (*woven fiber composite*), dan komposit serat gabungan (*hybrid composite*) (Gibson, 2012).

a. Komposit Serat Pendek Acak (*Discontinuous Fiber Composite*)



Gambar 2.1 *Discontinuous Fiber Composite* (Gibson, 2012).

Komposit serat pendek acak adalah jenis komposit yang menggunakan serat yang sudah dipotong berukuran pendek dan disusun secara acak.

b. Komposit Serat Panjang Kontinyu (*Continuous Fiber Composite*)

Komposit serat panjang kontinyu adalah jenis komposit serat yang menggunakan serat yang berukuran panjang dan cara penyusunanya secara teratur (*continue*), seperti pada gambar 2.2.

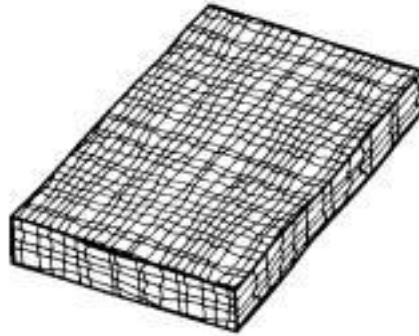


Gambar 2.2 *Continuous Fiber Composite* (Gibson, 2012).

c. Komposit Serat Anyam (*Woven Fiber Composite*)

Komposit serat anyam adalah komposit serat yang menggunakan serat yang disusun secara anyam. Komposit serat anyam ini tidak terpengaruh pada

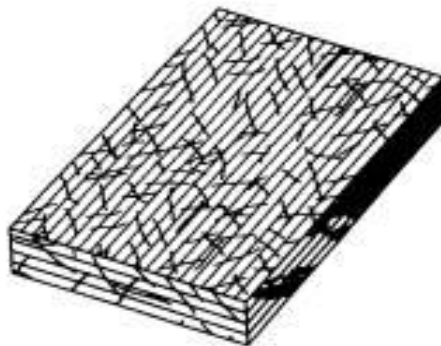
pemisahan antar lapisan serat dikarenakan susunan serat ini mengikat antar lapisan serat.



Gambar 2.3 *Woven Fiber Composite* (Gibson, 2012).

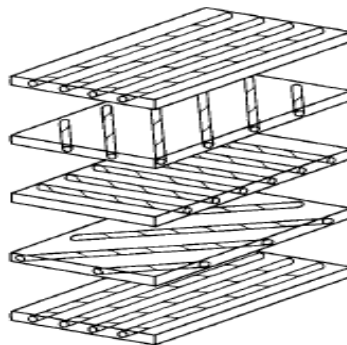
d. Komposit Serat Gabungan (*Hybride Fiber Composite*)

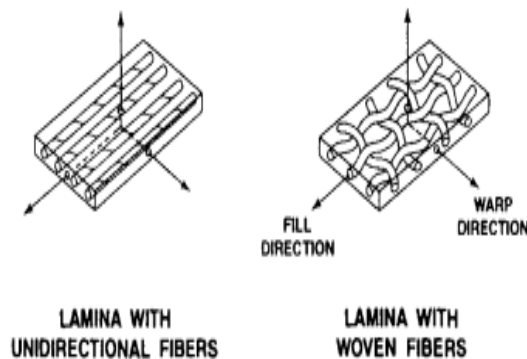
Komposit serat gabungan adalah jenis komposit yang menggabungkan antara dua jenis serat atau lebih. hal ini bertujuan agar dapat menutupi kekurangan dari kedua jenis serat tersebut.



Gambar 2.4 *Hybride Fiber Composite* (Gibson, 2012).

2. Komposit Laminasi (*Laminate Composite*)



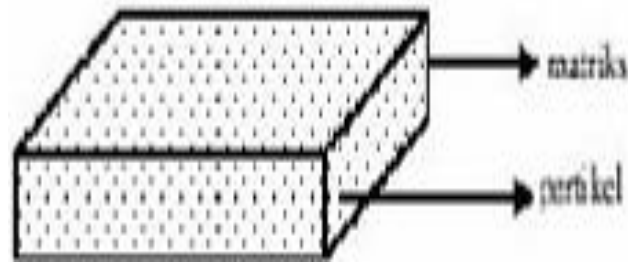


Gambar 2.5 *Laminate Composite* (Jones, 1999).

Komposit lamina adalah komposit dengan cara penyusunan antara matriks dan bahan pengisinya disusun secara berlapis-lapis. Komposit laminasi terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda. Laminasi digunakan untuk menggabungkan lapisan antara bahan pengisi dan bahan matriks yang bertujuan untuk menghasilkan material yang diinginkan. Sifat-sifat yang didapatkan menggabungkan lapisan bahan pengisi dan bahan matriks dengan tujuan untuk menghasilkan material yang diinginkan. Sifat-sifat yang didapat dari proses laminasi ini yaitu *stiffnes*, *corrosion resistance*, *strength*, *low weight*, *wear resistance* dan *thermal insulation* (Jones, 1999). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

3. Komposit Partikel (*Particle Composite*)

Komposit jenis ini adalah komposit yang memiliki susunan lebih dari satu partikel yang terikat bersama matriks (Gambar 2.6). Partikel yang dimaksud bisa berupa bahan logam ataupun *non* logam. Partikel aluminium, *tungsten*, *chromium*, *molybdenum* merupakan partikel yang berasal dari bahan logam. Sedangkan partikel dengan bahan *non* logam adalah partikel pasir, kayu, plastik, dan kaca (Jones, 1999).



Gambar 2.6 *Particle Composite* (Jones, 1999).

2.2.4. Serat

Serat adalah konstituen utama dalam pembentukan material komposit dengan penguat serat. Serat memiliki peran penting dalam material komposit, karena itu pemilihan jenis serat, fraksi volume serat, panjang serat, dan orientasi merupakan hal yang penting. Hal tersebut dikarenakan akan mempengaruhi karakteristik komposit yang telah dibuat. Serat yang biasa digunakan dalam material komposit bermatriks polimer yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat sintesis dan serat alam memiliki sifat mekanis yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sifat Mekanis Serat (Holbery, 2006)

Fiber	Density (g/cm³)	Elongation (%)	Tensile Strength (MPa)	Elastic Modulus (GPa)
Cotton	1.5–1.6	7.0–8.0	400	5.5–12.6
Jute	1.3	1.5–1.8	393–773	26.5
Flax	1.5	2.7–3.2	500–1,500	27.6
Hemp	1.47	2–4	690	70
Kenaf	1.45	1.6	930	53
Ramie	—	3.6–3.8	400–938	61.4–128
Sisal	1.5	2.0–2.5	511–635	9.4–22
Coir	1.2	30.0	593	4.0–6.0
Softwood Kraft Pulp	1.5	4.4	1,000	40.0
E-glass	2.5	0.5	2,000–3,500	70.0
S-glass	2.5	2.8	4,570	86.0
Aramid (Std.)	1.4	3.3–3.7	3,000–3,150	63.0–67.0
Carbon (Std. PAN-based)	1.4	1.4–1.8	4,000	230–240

Serat alam yang umum digunakan adalah serat kenaf yang berasal dari tanaman kenaf. Tanaman kenaf adalah tanaman yang banyak di jumpai di Indonesia

dan mempunyai tinggi pohon mencapai 3-5. Serat kenaf memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat *biodegradable* dan ramah lingkungan. Serat kenaf memiliki klasifikasi bast fiber yang berarti adalah serat yang diperoleh dari kulit tanaman. Batang dari tanaman kenaf memiliki empat bagian utama yaitu kulit batang luar (*kenaf bark*), inti batang luar (*kenaf core*), batang dalam (*kenaf bast*), dan inti batang dalam (*kenaf pith*). Serat kenaf memiliki susunan 69,2% selulosa, 2,8% *lignin*, 27% *hemiselulosa*, dan 0,8% komponen lainnya (Akil dkk., 2011). Serat kenaf memiliki diameter 100-150 μm (Sosiati dkk., 2014).

2.2.5. Matriks

Matriks adalah suatu material yang mempunyai fraksi volume terbesar dalam komposit. Matriks memiliki fungsi sebagai pengikat (*bounding*) antara serat yang satu dengan yang lainnya, sehingga menghasilkan ikatan yang kuat pada material komposit. Matriks bisa berbahan dari polimer, keramik, ataupun logam. Matriks yang sering digunakan dalam material komposit untuk transportasi, industry, dan produk komersil adalah polimer. Jenis matriks polimer yang umum digunakan dalam material komposit adalah termoset dan termoplastik (Gibson, 2012).

1. Termoplastik

Berbeda dengan polimer termoset, termoplastik merupakan salah satu bahan polimer yang apabila dipanaskan akan menjadi lunak dan apabila didinginkan akan kembali ke bentuk semula karena molekul-molekulnya tidak mengalami ikatan silang (*cross linking*). Contoh dari polimer termoplastik adalah *polypropylene (PP)*, *nylon*, *polyvinylchlorida (PVC)*, *polyethylene (PE)*, *polystrene (PS)* dan lain-lain.

2. Termoset

Polimer termoset adalah jenis polimer yang tidak dapat didaur ulang karena memiliki molekul-molekul yang membentuk ikatan silang. Contoh dari polimer termoset adalah *epoxy*, *polyester*, *phenolic*, *phenol*, dan lain-lain.

Matriks yang banyak digunakan adalah resin *thermosetting*, yang merupakan material yang tidak dapat lunak kembali pada saat pemanasan ulang meskipun diatas temperatur pembentuknya. Artinya matriks jenis ini tidak dapat kembali ke bentuk semula. Contoh matriks yang sering digunakan dalam material komposit adalah *epoxy*. Epoksi yaitu salah satu jenis matriks yang mempunyai sifat mekanik yang kuat, mudah dalam fabrikasi dan kadar airnya rendah (Faruk dkk., 2012). Epoksi memiliki massa jenis $1,18 \text{ gr/cm}^3$ (Bozkurt dkk., 2017). Epoksi terbentuk dari dua campuran bahan yaitu *resin* dan *hardener* dimana pencampuran kedua bahan ini harus sesuai dengan rekomendasi dari pabrik agar mendapatkan hasil yang baik. Epoksi dapat diperkuat dengan berbagai macam serat, keramik dan partikel. Sifat utama pada epoksi antara lain adalah:

- 1) Sifat Fisik, sebagaimana jenis polimer yang lain dimana epoksi merupakan isolator listrik dan konduktor panas yang buruk.
- 2) Sifat mekanik, epoksi mempunyai sifat mekanik yang keras dan getas namun dalam pengaplikasiannya, epoksi hampir selalu mengandung bahan campuran lain yang bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik. Tabel 2.2 menunjukkan sifat mekanik epoksi.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sifat Mekanik Polimer Termoset (Holbery, 2006)

Property	Polyester Resin	Vinylester Resin	Epoxy
Density (g/cc)	1.2–1.5	1.2–1.4	1.1–1.4
Elastic Modulus (GPa)	2–4.5	3.1–3.8	3–6
Tensile Strength (MPa)	40–90	69–83	35–100
Compressive Strength (MPa)	90–250	100	100–200
Elongation (%)	2	4–7	1–6
Cure Shrinkage (%)	4–8	—	1–2
Water Absorption (24 h @ 20°C)	0.1–0.3	0.1	0.1–0.4
Izod Impact, Notched (J/cm)	0.15–3.2	2.5	0.3

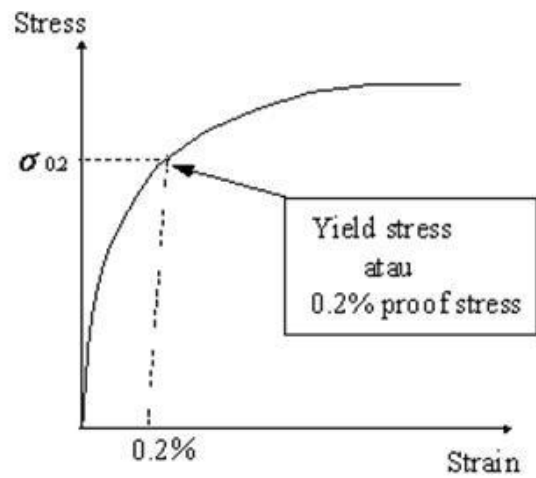
2.2.6. Mikrosilika (*Silica Fume*)

Mikrosilika atau *silica fume* merupakan produk sampingan dari pengurangan kuarsa kemurnian tinggi batubara pada tungku listrik dalam pembuatan paduan *silicon* dan *ferrosilicon* (Khater., 2013). *Silica fume* mengandung kadar SiO₂ yang tinggi dan memiliki kontur yang sangat halus, *Silica fume* mempunyai massa jenis 2,2 gr/cm³ (Kosmatka, 2011) dan memiliki diameter sekitar 0,1-150 µm (hasil pengukuran menggunakan *scanning electron microscopy*).

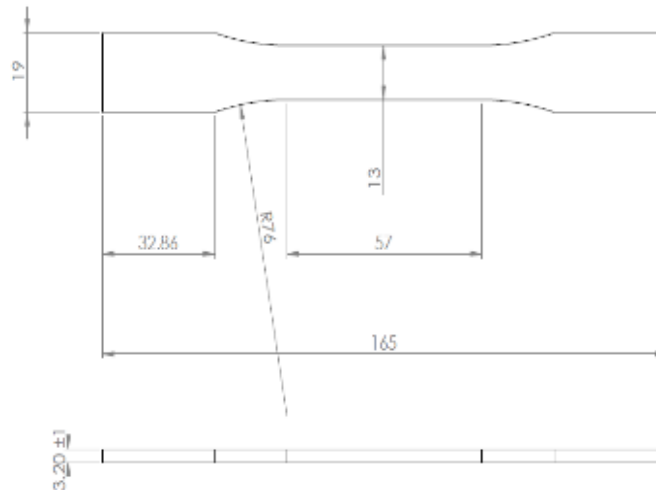
Pengaplikasian silika dalam dunia komposit pertama kali pada campuran beton tahun 1952 oleh peneliti asal Norwegia. Pada akhir tahun 1970-an silika mulai dikenal di dunia dan dijadikan bahan semen tambahan pada beton di Skandinavia. Karena kekuatan yang semakin baik, silika banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tinggi (Zhang dkk., 2011).

2.2.7. Pengujian Tarik Komposit

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan modulus elastisitas (*young modulus*). Tegangan tarik yang diaplikasikan adalah tegangan aktual eksternal atau biasa dikenal dengan perpanjangan sumbu benda uji. Proses uji tarik dilakukan dengan cara material uji diberi gaya tarik secara terus menerus, sehingga perpanjangannya secara terus menerus meningkat dan teratur hingga putus, hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan nilai tariknya. Proses uji tarik jika dilakukan secara sempurna akan menghasilkan profil tarikan berupa kurva seperti gambar 2.7. Kurva ini memperlihatkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Menurut Surdia, (2013) ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi kekuatan komposit yaitu temperatur, kelembaban dan laju tegangan.



(a) Kurva Tegangan Regangan Uji Tarik



(b) ASTM D638 - 01

Gambar 2.7 (a) Kurva Tegangan Regangan Uji Tarik dan (b) ASTM D638 - 01.

Pengujian tarik ini dilakukan hingga material uji patah, sehingga pada saat bersamaan dilakukan pengamatan panjang yang dialami material uji. Sehingga, untuk mengetahui kekuatan tarik dari material komposit tersebut dapat ditentukan dengan mengetahui tegangan tarik (Persamaan 2.1) dan regangan tarik (Persamaan 2.2).

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

Dimana:

F = Beban yang diberikan ke spesimen dalam arah tegak lurus terhadap penampang material uji (N).

A = Luas penampang awal material uji sebelum mendapat pembebanan (mm²).

σ = Tegangan tarik/kuat tarik (MPa).

$$\text{Tensile Strain } (\varepsilon) = \frac{L^1 - L^0}{L^0} = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

ε = Regangan tarik

L₀ = Panjang awal spesimen/daerah ukur sebelum diberi pembebanan (mm²)

L₁ = Panjang spesimen/daerah ukur setelah pembebanan (mm²)

ΔL = Pertambahan panjang setelah menerima pembebanan (mm²)

Selanjutnya, hubungan antara tegangan dan regangan masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum *Hooke*. Besar dari modulus elastisitas dapat ditentukan dengan menarik garis lurus kurva hasil uji tarik seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 pada kondisi elastis (ASTM D638-01).

$$\text{Modulus Elasticity/Young Modulus } (E) = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\Delta\sigma$ = Jumlah tegangan tarik (MPa)

$\Delta\varepsilon$ = Jumlah regangan tarik

2.2.8 Pengujian Daya Serap Air (*Water Absorption Testing*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan material komposit berpenguat serat alam dalam menyerap air. Pengujian ini dilakukan pada sleuruh variasi material sampel dan data yang diambil merupakan hasil penimbangan berat dan pengukuran tebal material sebelum mendapatkan perlakuan perendaman dan setelah proses perendaman didalam air (Prabowo, 2018). Ukuran material uji untuk pengujian daya serap air adalah 76,2 mm x 25,4 mm x 3,2 mm (ASTM D570-98) dengan material berbentuk lembaran.

Pertambahan berat dan tebal material uji dapat ditentukan dengan persamaan 2.4 dan persamaan 2.5 (Prabowo, 2018).

$$WG = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100 \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

WG = Pertambahan berat (*weigh gain*) (%)

B₁ = Berat sebelum perlakuan perendaman (gram)

B₂ = Berat setelah perlakuan perendaman (gram)

$$TS = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

TS = Pertambahan Tebal (*thickness swelling*) (%)

T₁ = Tebal sebelum perendaman (mm)

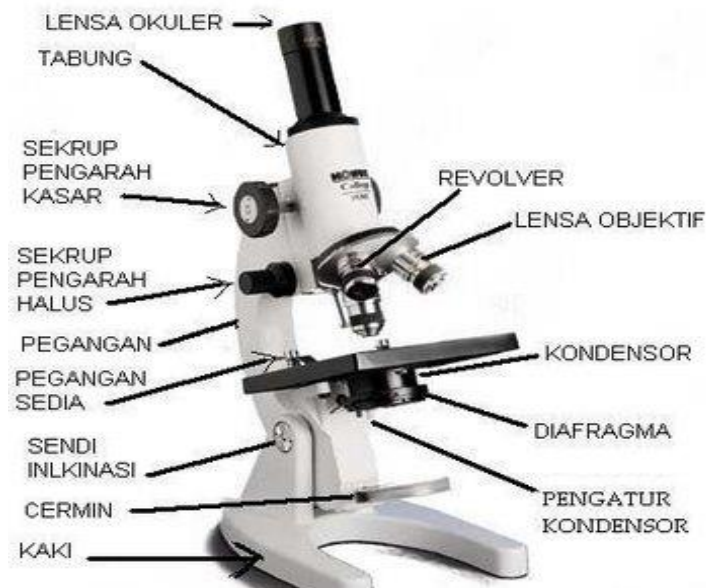
T₂ = Tebal setelah perendaman (mm)

2.2.9 Instrumen Analitik

Dikarenakan objek pada komposit berukuran mikro (µm) yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang maka untuk proses karakterisasi komposit menggunakan alat bantu tambahan seperti mikroskop optic dan *scanning electron microscopy*, (Putra, 2017).

1. Mikroskop Optik

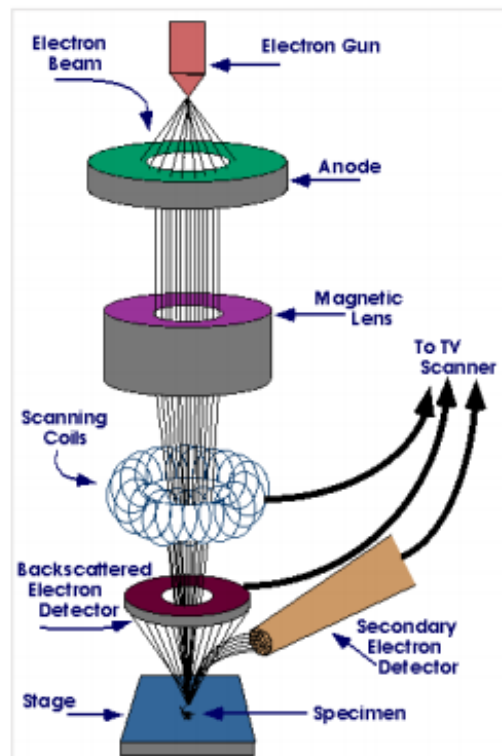
Mikroskop optik adalah alat bantu yang biasa digunakan untuk mengamati objek yang berukuran sangat kecil dengan memperbesar bayangan objek. Bayangan yang diamati dapat diperbesar 50 kali, 100 kali, bahkan 400 kali. Bagian-bagian pada mikroskop optik dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Bagian-bagian Mikroskop Optik

2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan sebuah mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan objek atau mengamati partikel secara langsung. SEM ini dapat melakukan perbesaran 10-3.000.000. kali *depth of field* 4-0.4 mm dan resolusi 1-10 nm. Kombinasi dari resolusi yang baik, *depth of field* yang besar, dan perbesaran yang tinggi membuat SEM banyak digunakan untuk penelitian (Putra, 2017).



Gambar 2.9 Prinsip kerja SEM

Prinsip kerja dari SEM yang ditunjukkan pada gambar 2.9 adalah sebagai berikut.

1. Electron gun dapat menghasilkan electron beam dari filamen. Tegangan yang diterima lilitan menyebabkan pemanasan. Anoda akan membentuk gaya yang bisa menerima electron.
2. Lensa kondensor atau lensa magnetik akan memfokuskan electron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus akan memindai keseluruhan sampel oleh pemindai.
4. Pada saat elektron mengenai sampel maka terjadi hamburan elektron, baik itu *back scattered electron* (BSE) atau *secondary electron* (SE) dari permukaan sampel yang dideteksi oleh detector dan dimunculkan dilayar monitor *cathode-ray tube* (CRT).