

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1.1 Tinjauan Pustaka

Zhang dkk. (2011) yang meneliti pengaruh kombinasi serbuk *polypropylene* dan *silica fume* terhadap sifat mekanis pada komposit beton yang mengandung abu terbang dengan menggunakan fraksi volume *silica fume* berbeda yaitu 0, 3, 6, 9, dan 12%. Menghasilkan kekuatan tarik yang meningkat dari 6,12 MPa pada fraksi volume 3% dan menjadi 6,58 MPa pada fraksi volume 12%.

Gowthami dkk. (2013) yang meneliti pengaruh penambahan silika pada sifat termal dan mekanik komposit serat sisal bermatriks *polyester* dengan ukuran partikel silika yaitu 10 μm dan volume silika sebesar 5% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi komposit *sisal/polyester* dengan penambahan silika yaitu sebesar 92,6 MPa dibandingkan komposit sisal/poliester tanpa penambahan silika yaitu hanya sebesar 61,13 MPa. Sedangkan kekuatan tarik *polyester* murni sebesar 36,28 MPa serta kekuatan impak komposit *sisal/poliester* dengan penambahan silika 1,36 kali lebih besar kekuatannya dibandingkan dengan komposit sisal/polyester tanpa penambahan silika dan 1,8 kali lebih besar kekuatannya dari poliester murni dan nilai termal dari semua sampel yang diukur meningkat secara bertahap dalam kisaran suhu 30°C-85°C. Peningkatan nilai termal komposit dengan silika lebih besar 19,16% dari komposit sisal/poliester dan lebih besar 35,37% dari poliester murni.

Bozkurt dkk. (2017) yang meneliti pengaruh *nanosilica* terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit hibrid laminasi *glassfabric/epoxy/nanosilica* dengan variasi *nanosilica* sebesar 0, 1, 1,5, 2, dan 3% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi dengan fraksi volume *nanosilica* 2% yaitu sebesar 280,25 MPa dan kekuatan bending tertinggi dengan fraksi volume *nanosilica* 1,5% yaitu sebesar 346,35 MPa.

Penambahan volume silika tidak selalu meningkatkan kekuatan mekanis pada komposit. Khater, (2013) yang meneliti pengaruh *silica fume* pada karakterisasi bahan *geopolymer* dengan persentase volume *silica fume* sebesar 1-10%. Hasilnya menunjukkan bahwa campuran *geopolimer* pada volume *silica fume* 7%

mempunyai kekuatan tekan tertinggi, tetapi pada peningkatan volume silika 8-10% kekuatan tekan menurun. Hal tersebut juga terjadi pada kemampuan daya serap air, pada volume 7% *silica fume* menghasilkan daya serap air paling baik karena memiliki kemampuan daya serap air yang paling rendah.

Bajuri dkk. (2016) yang meneliti sifat lentur dan kompresi dari komposit hibrid *kenaf/nanosilica/epoxy* dengan volume *nanosilica* sebesar 0, 0,5, 2, 3, dan 4% hasilnya menunjukkan bahwa dengan penambahan *nanosilica* pada fraksi volume tertentu menurunkan dan menaikkan sifat mekanis pada komposit *kenaf/epoxy*. Komposit dengan penambahan *nanosilica* 2% memiliki sifat mekanis terbaik yaitu sebesar 43,8 MPa dan 3,05 GPa untuk kekuatan lentur dan modulus lentur, serta 40,0 MPa dan 1,15 GPa untuk kekuatan tekan dan modulus tekan.

Fraksi volume serat kenaf dan epoksi yang menghasilkan kekuatan mekanis yang optimal sudah diteliti. Bakar dkk. (2016) yang meneliti komposit serat kenaf menggunakan termoset epoksi dan poliester terhadap kekuatan tarik dan impak. Hasilnya adalah kekuatan tarik tertinggi terjadi pada fraksi volume kenaf/epoksi 25:75% yaitu sebesar 93,59 MPa dibanding kenaf/epoksi dengan fraksi volume 10:90%, 15:85%, dan 20:80% yang hanya sebesar 54,13 MPa, 78,92 MPa, dan 83,30 MPa.

Ukuran partikel silika dapat dimodifikasi supaya mendapatkan sifat tarik yang terbaik, seperti pada penelitian Nourbakhsh dkk. (2010) yang meneliti pengaruh ukuran partikel dan konsentrasi *coupling agent* pada sifat mekanik komposit polipropilen/serbuk kayu dengan variasi ukuran partikel serbuk kayu sebesar 40, 50, dan 60 mesh. Pada ukuran partikel 60 mesh menghasilkan kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan ukuran partikel 40 dan 50 mesh, hal ini karena semakin kecil ukuran partikel pengisi, maka semakin menciptakan ikatan antar muka yang lebih kuat antara matriks dan pengisi.

Yusmaniar dan Suryani (2012) yang meneliti pemanfaatan silika dari sekam padi pada komposit poliester/silika dengan variasi ukuran partikel silika diayak 60 mesh, 230 mesh, 400 mesh menghasilkan kekuatan tarik komposit poliester/silika tertinggi pada ukuran partikel diayak 400 mesh. Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang lebih besar memiliki kecenderungan yang lebih besar pula untuk menghalangi

kekompakan dari matriks dalam menahan beban yang diberikan sehingga mempercepat proses pemutusan saat dilakukan uji tarik, sedangkan hal sebaliknya terjadi pada partikel yang ukurannya lebih kecil karena mudah terdispersi lebih baik kedalam matriks.

Pengujian daya serap air (*water absorption*) dengan pengaruh ukuran partikel serbuk sudah diteliti oleh Zykova dkk. (2015) pada kapasitas daya serap air dan sifat-sifat mekanik komposit tepung kayu/polietilen. Hasilnya adalah kemampuan daya serap air terendah terdapat pada ukuran partikel 80 μm dibandingkan dengan ukuran partikel 0-200 μm , 140-200 μm , dan 80-140 μm yang mempunyai daya serap air lebih tinggi.

Penelitian mengenai panjang serat, untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang baik sudah dilakukan oleh Joseph dkk. (1993) dengan variasi panjang serat 2,1 mm, 5,8 mm, dan 9,2 mm dengan matriks *polyethylene*. Orientasi serat yang digunakan adalah acak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat dengan panjang 5,8 mm memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 31,12 MPa.

Tekanan pengepresan komposit epoksi/kenaf sebesar 8 MPa (± 1160 psi) dilakukan oleh Ismail dkk. (2017) yang meneliti sifat mekanik komposit epoksi diperkuat dengan serat kenaf yang dibentuk menggunakan cetakan kompresi. Komposit yang dibuat berdimensi 25 mm x 100 mm dengan metode orientasi serat kenaf disusun secara acak.

1.2 Dasar Teori

1.2.1 Komposit

Komposit berasal dari kata "*to compose*" yang artinya mengabung atau menyusun. Menurut definisi komposit merupakan gabungan dari dua material atau lebih yang mempunyai sifat berbeda pada skala makroskopis supaya terbentuk material baru. Makroskopis yang dimaksud yaitu material pembentuk dalam komposit masih terlihat seperti aslinya (Jones, 1999). Penyusunan komposit pada dasarnya terdiri dari dua material pembentuk, yaitu matriks yang merupakan pengikat dalam komposit yang mempunyai volume terbesar/dominan serta pengisi (*filler*) yang berfungsi sebagai penanggung beban pada komposit.

1.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Komposit

1. Faktor Serat

Serat mempunyai pengaruh yang sangat besar pada komposit, karena serat menjadi bahan utama pada komposit yaitu sebagai penguat yang berfungsi menahan beban yang terjadi pada komposit. Menurut Nahyudin (2016) faktor yang mempengaruhi kekuatan pada serat yaitu:

a. Panjang Serat

Ada dua jenis panjang serat yang digunakan dalam pembuatan dalam pembuatan komposit yaitu serat panjang dan serat pendek. Serat panjang mempunyai keuntungan seperti menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi, penyusutan serat yang rendah, dan lebih stabil dimensinya. Sedangkan serat pendek mempunyai keuntungan yaitu mudah dalam proses fabrikasinya, dan tidak memerlukan waktu yang lama.

b. Orientasi Serat

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

c. Bentuk Serat

Bentuk serat pada dasarnya adalah lingkaran. Namun serat yang berbentuk lingkaran mempunyai kekuatan lebih kecil dibandingkan dengan serat yang berbentuk persegi dan heksagonal.

d. Jenis Serat

Jenis serat merupakan faktor yang secara langsung menentukan kekuatan mekanik komposit. Serat sintetis mempunyai kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat alam.

2. Faktor Matriks

Pembuatan komposit membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matriks. Schwartz (1984) mengatakan dalam memilih matriks harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan korosi, tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk, dan tahan terhadap guncangan. Selain itu perlu juga diperhatikan berat jenis, viskositas, tekanan, dan suhu curing.

3. Faktor Ikatan

Faktor yang mempengaruhi ikatan dalam komposit adalah *void*. *Void* terbentuk karena adanya udara yang terjebak didalam komposit pada saat proses pembuatan material komposit. *Void* pada komposit menyebabkan ikatan antara matriks dan serat kurang baik, sehingga mengakibatkan sifat mekanis komposit menurun.

1.2.3 Klasifikasi Material Komposit

Menurut Matthews dan Rawling (1993) berdasarkan bahan matriksnya komposit dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

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

CMC merupakan komposit yang menggunakan bahan keramik sebagai matriksnya. Komposit ini mempunyai sifat yang keras.

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

MMC merupakan komposit yang menggunakan bahan logam sebagai matriksnya. Komposit ini mempunyai sifat yang kuat.

3. Komposit Matriks Polimer/*PMC* (*Polymer Matrixes Composite*)

PMC merupakan komposit yang menggunakan bahan polimer sebagai matriksnya. Komposit ini sering digunakan dalam pembuatan komposit karena murah, mudah difabrikasi, serta mempunyai sifat yang kuat.

Sedangkan menurut Gibson (2012) berdasarkan material penyusunnya, komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: komposit serat (*fibrous composites*), komposit partikel (*particulates composites*), dan komposit lamina (*laminates composites*).

1. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat (*fibrous composites*) merupakan material komposit yang tersusun dari serat dengan kekuatan yang tinggi (*high strength*) yang diikat dengan matriks yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda. Berdasarkan orientasi seratnya, komposit serat dibedakan menjadi empat yaitu: komposit serat panjang kontinyu (*continuous fiber composite*), komposit serat anyam (*woven fiber composite*), komposit serat pendek acak

(*discontinuous fiber composite*,) dan komposit serat gabungan (*hybrid composite*) (Gibson, 2012).

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

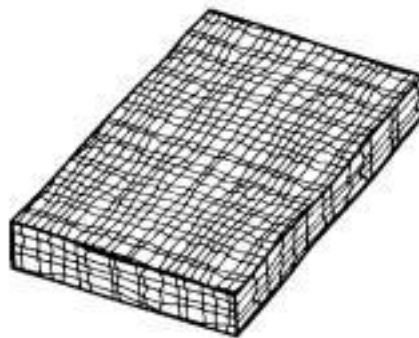
Komposit serat panjang kontinyu merupakan komposit serat yang menggunakan serat yang berukuran panjang dan disusun secara teratur (*continue*) seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 *Continuous Fiber Composite* (Gibson, 2012)

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

Komposit serat anyam merupakan komposit serat yang menggunakan serat yang sudah diannyam. Komposit serat anyam ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan serat karena susunan seratnya mengikat antar lapisan serat. Komposit serat anyam dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Woven Fiber Composite* (Gibson, 2012)

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

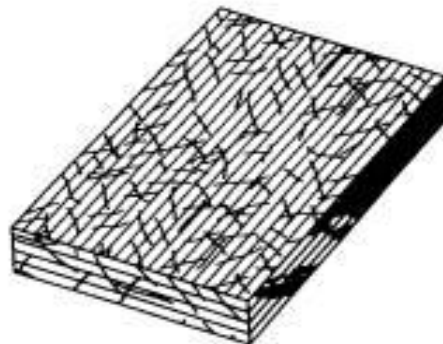
Komposit serat pendek acak merupakan komposit yang menggunakan serat yang sudah dipotong berukuran pendek dan disusun secara acak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Discontinuous Fiber Composite* (Gibson, 2012)

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

Komposit ini merupakan komposit yang menggabungkan antara dua jenis serat atau lebih. Hal ini bertujuan supaya dapat menutupi kekurangan dari sifat kedua jenis serat tersebut seperti pada Gambar 2.4.

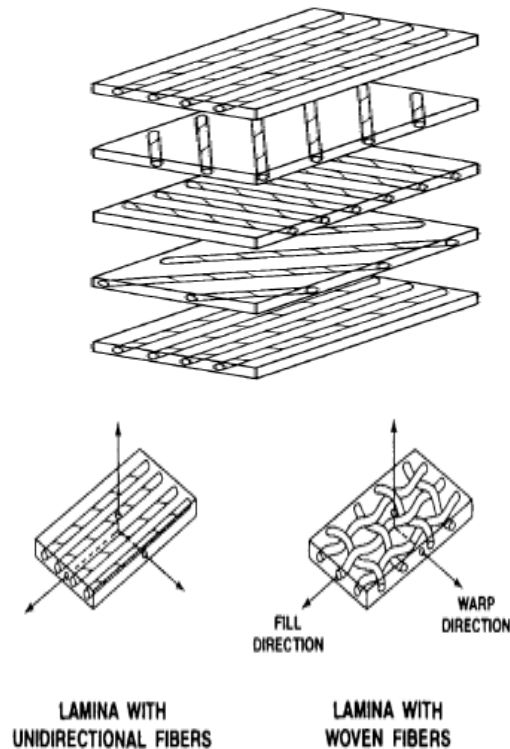


Gambar 2.4 *Hybride Fiber Composite* (Gibson, 2012)

2. Komposit Laminasi (*Laminate Composite*)

Komposit laminasi merupakan komposit yang penyusunan matriks dan bahan pengisinya disusun secara berlapis-lapis. Komposit laminasi terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda. Laminasi digunakan untuk menggabungkan lapisan bahan pengisi dan bahan matriks dengan tujuan untuk menghasilkan material yang diinginkan. Sifat-sifat yang dapat dihasilkan oleh material komposit yang dilaminasi adalah *strength*, *stiffness*,

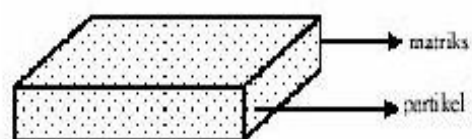
low weight, corrosion resistance, wear resistance dan thermal insulation (Raharjo, 2018) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Laminate Composite* (Jones, 1999)

3. Komposit Partikel (*Particle Composite*)

Komposit partikel merupakan komposit yang tersusun dari satu partikel atau lebih yang terikat bersama matriks seperti pada Gambar 2.6. Partikel bisa dari bahan logam atau nonlogam. Contoh partikel dari bahan logam yaitu seperti partikel aluminium, tungsten, kromium, molibdenum, dan lainnya yang mengandung unsur logam. Sedangkan partikel nonlogam contohnya seperti partikel pasir, kayu, plastik, kaca dan lainnya yang tidak mengandung unsur logam (Jones, 1999).



Gambar 2.6 *Particle Composite* (Jones, 1999)

1.2.4 Matriks

Matriks merupakan suatu material yang memiliki fraksi volume terbesar (dominan) didalam komposit. Matriks mempunyai peranan yang sangat penting dalam komposit karena bertugas sebagai pengikat bahan pengisi atau *filler* yang berfungsi menanggung beban dalam material komposit. Matriks bisa dari bahan logam, polimer, ataupun keramik. Matriks yang banyak digunakan dalam material komposit untuk produk komersil, transportasi, dan industri adalah matriks polimer. Ada dua jenis bahan polimer yang digunakan dalam material komposit, yaitu termoplastik dan termoset (Gibson, 2012).

1. Termoplastik

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), *polystyrene* (PS) dan lain-lain.

2. Termoset

Berbeda dengan polimer termoplastik. Polimer termoset tidak dapat didaur ulang karena molekul-molekulnya telah membentuk ikatan silang (*cross linking*). Contoh dari polimer termoset adalah *epoxy*, *polyester*, *phenolic*, *phenol*, dan lain-lain.

a. Epoksi

Epoksi adalah salah satu jenis matriks polimer termoset yang mempunyai sifat mekanik yang baik, kadar air yang rendah, dan mudah dalam fabrikasinya (Faruk dkk., 2012). Epoksi mempunyai massa jenis $1,18 \text{ gr/cm}^3$ (Bozkurt dkk., 2017). Epoksi terbentuk dari dua bahan yaitu *resin* dan *hardener* dimana pencampuran keduanya harus sesuai rekomendasi dari pabrik supaya mendapatkan hasil campuran yang baik. Epoksi dapat diperkuat dengan berbagai macam serat, partikel dan keramik. Adapun sifat yang terdapat pada epoksi, yaitu:

1. Sifat Fisis

Epoksi merupakan konduktor panas dan isolator listrik yang buruk seperti kebanyakan polimer lainnya.

2. Sifat Mekanis

Epoksi mempunyai sifat yang keras dan getas. Akan tetapi dalam penggunaannya, epoksi sering dicampur dengan bahan lain untuk mendapatkan sifat mekanis yang baik. Sifat mekanis epoksi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Mekanis 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

1.2.5 Filler (Pengisi/Penguat)

Menurut Jones (1999) *filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit. *Filler* biasanya berupa serat atau serbuk. *Filler* juga berfungsi sebagai penanggung beban pada komposit. Serat yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah serat alam dan serat sintesis, sedangkan serbuk yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah serbuk logam dan non logam.

1. Serat Kenaf

Serat kenaf atau dalam bahasa latinnya (*Hibiscus Cannabinus Fiber*) merupakan salah satu jenis serat alam yang berasal dari asia dan afrika, yang tinggi pohonnya mencapai 3-5 meter. Serat kenaf masuk dalam klasifikasi bast fiber yaitu serat diperoleh dari kulit tanaman. Batang tanaman kenaf memiliki empat bagian utama, yaitu kulit batang luar (*kenaf bark*), kulit

batang dalam (*kenaf bast*), inti batang luar (*kenaf core*), dan inti batang dalam (*kenaf pith*). Menurut Akil dkk. (2011) serat kenaf mengandung 69.2% selulosa, 2.8% lignin, 27% hemiselulosa, dan 0.8% komponen lain. Serat kenaf mempunyai diameter 100-150 μm (Sosiati dkk., 2014). Sifat mekanis dari serat kenaf dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Serat (Holbery, 2006)

Fiber	Density (g/cm ³)	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

2. Mikrosilika (Silica Fume)

Menurut Khater (2013) mikrosilika atau yang dikenal sebagai *silica fume* (SF) adalah produk sampingan dari pengurangan kuarsa kemurnian tinggi batubara pada tungku listrik dalam produksi paduan *silicon* dan *ferosilicon*. *Silica fume* mempunyai kehalusan yang sangat baik dan mempunyai kandungan silika (SiO₂) yang sangat tinggi. *Silica fume* merupakan bahan pozzolan (bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina). *Silica fume* mempunyai density/massa jenis 2,2 gr/cm³ (Kosmatka, 2011) dan mempunyai diameter partikel berkisar 0,1-150 μm (hasil pengukuran menggunakan *scanning electron microscopy*).

Penggunaan silika dalam dunia komposit pertama kali digunakan untuk campuran beton pada tahun 1952 oleh seorang peneliti asal Norwegia. Baru pada akhir tahun 1970-an silika mulai dikenal dan digunakan sebagai bahan semen tambahan pada beton di Skandinavia. Karena perbaikan kekuatannya yang signifikan, silika banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan beton berkekuatan tinggi (Zhang dkk., 2011).

1.2.6 Pengujian Tarik Komposit

Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan modulus elastisitas (*young modulus*). Pengujian tarik ini untuk mengetahui beberapa sifat mekanik dari material dan sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa material. Pengujian tarik dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasilnya, diantaranya yaitu: temperature, kelembaban, dan laju tegangan (Surdia, 2013).

1. Tegangan Tarik

Besarnya nilai tegangan tarik atau kuat tarik dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Surdia, 2013).

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

Dimana: σ = Tegangan tarik/kuat tarik (MPa).

F = Beban yang diterima spesimen dalam arah tegak lurus terhadap penampang (N).

A = Luas penampang spesimen sebelum menerima pembebanan (mm²).

2. Regangan Tarik

Besarnya nilai regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibagi dengan panjang awal daerah ukur/spesimen (*gauge length*) sebelum menerima pembebanan. Nilai regangan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Surdia, 2013).

$$\text{Tensile Strain } (\varepsilon) = \frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana: ε = Regangan tarik.

L_0 = Panjang awal spesimen/daerah ukur sebelum menerima pembebanan (mm²).

L_1 = Panjang akhir spesimen/daerah ukur setelah menerima pembebanan (mm²).

ΔL = Jumlah pertambahan panjang daerah ukur setelah menerima pembebanan (mm²).

Pada daerah proporsional yaitu daerah tegangan dan regangan masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum *Hooke*. Besarnya nilai modulus elastisitas ditentukan dengan menarik garis lurus kurva hasil uji kekuatan tarik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 pada kondisi elastis (ASTM D638-01).

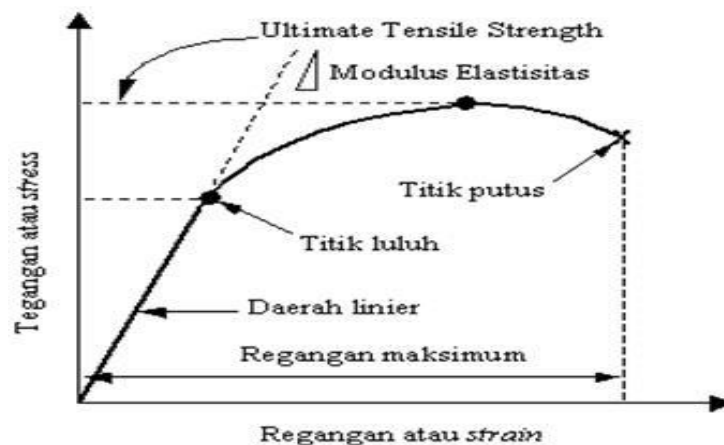
$$\text{Modulus Elastisitas/Young Modulus } (E) = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana: E = Modulus elastisitas (MPa).

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

$\Delta\varepsilon$ = Jumlah regangan tarik.

Hasil uji tarik akan diperoleh grafik berupa kurva seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Kurva tersebut menunjukkan hubungan antara tegangan tarik dan perubahan regangan tarik. Puncak kurva menunjukkan titik kritis (*ultimate tensile strength*).



Gambar 2.7 Kurva Tegangan dan Regangan Uji Tarik.

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

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mengetahui kemampuan spesimen komposit dalam menyerap air. Pengujian daya serap air dilakukan terhadap semua sampel komposit. Data yang diambil masing-masing adalah perbedaan berat dan tebal spesimen sebelum dan setelah perendaman dalam air (Prabowo, 2018). Ukuran spesimen untuk pengujian daya serap air mengacu pada ASTM D570-98 yaitu dengan dimensi (76,2 mm x 25,4 mm x 3,2 mm) untuk spesimen berbentuk lembaran.

Menurut Prabowo (2018) untuk menghitung pertambahan berat (*weight gain*) dan tebal (*thickness swelling*) dalam pengujian daya serap air dapat menggunakan persamaan 2.4 dan persamaan 2.5 sebagai berikut:

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

Dimana: WG: Pertambahan berat (*weight gain*) (%)

B₁: Berat sebelum perendaman (gram)

B₂: Berat setelah perendaman (gram)

Persamaan 2.5 menghitung *thickness swelling*:

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

Dimana: TS: Pertambahan Tebal (*thickness swelling*) (%)

T₁: Tebal sebelum perendaman (mm)

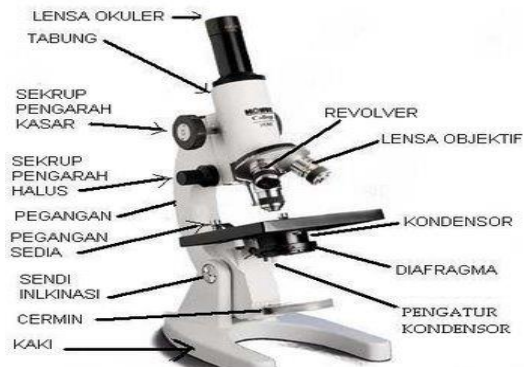
T₂: Tebal setelah perendaman (mm)

1.2.8 Instrumen Analitik

Proses karakterisasi komposit menggunakan alat bantu tambahan seperti mikroskop optik dan *scanning electron microscopy* (SEM) dikarenakan objek yang diamati berukuran mikro (μm) yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang (Putra, 2017).

1. Mikroskop Optik

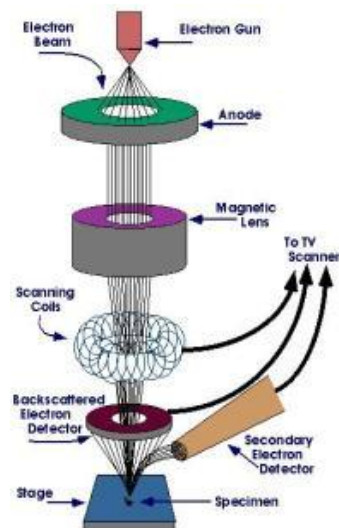
Mikroskop optik merupakan salah satu alat bantu yang biasa digunakan untuk mengamati objek berukuran sangat kecil dengan cara memperbesar bayangan objek. Bayangan objek yang diamati dapat diperbesar 50 kali, 100 kali, bahkan 400 kali. Bagian-bagian mikroskop optik dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Bagian-Bagian Mikroskop optik

2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM merupakan mikroskop electron yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan objek atau mengamati ukuran partikel secara langsung. SEM memiliki kemampuan untuk melakukan perbesaran 10-3.000.000 kali, *depth of field* 4–0.4 mm, dan resolusi sebesar 1–10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik membuat SEM banyak digunakan untuk penelitian (Putra, 2017).



Gambar 2.9 Prinsip kerja SEM

Prinsip kerja dari SEM pada Gambar 2.9 ditunjukkan dalam langkah – langkah berikut.

1. Electron gun dapat menghasilkan electron beam dari filamen. Lilitan yang menerima tegangan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron.
2. Lensa kondensor atau lensa magnetik akan memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus akan memindai keseluruhan sampel oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel, terjadilah hamburan elektron, baik *secondary electron* (SE) atau *back scattered electron* (BSE) dari permukaan sampel yang dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor *cathode-ray tube* (CRT).

