

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1.1 Tinjauan Pustaka

Serat kenaf berpotensi sebagai bahan penguat komposit *thermoplastic* yang ramah lingkungan jika dibandingkan *fiber glass*. Spesifik *tensile modulus* dan *flexurel modulus* komposit polipropilen berpenguat serat kenaf dengan fraksi 50% lebih tinggi dibandingkan dengan polipropilen dengan penguat serat gelas dengan fraksi 40%. Penelitian yang dilakukan oleh Akil dkk., (2011) menunjukkan bahwa komposit kenaf/polipropilen menggunakan variasi serat dalam persen berat (wt%) diperoleh nilai kekuatan tarik optimum yaitu pada variasi 30% sebesar 46 MPa dan variasi 40% sebesar 44 MPa.

Untuk meningkatkan kompatibilitas antar serat dengan matriks maka dilakukan perlakuan alkali dengan konsentrasi tertentu. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmat dkk., (2016) yaitu pengaruh alkali dan panas terhadap sifat mekanis bahan biokomposit. Kadar NaOH yang digunakan adalah 99% seberat 60 gram dengan 1 liter aqua dan menggunakan suhu 140°C selama 10 jam. Penelitian ini menggunakan empat parameter perbandingan antara lain tanpa perlakuan, perlakuan panas, perlakuan alkali dan perlakuan alkali-panas. Dari hasil uji tarik diperoleh kekuatan tarik tertinggi dari serat dengan perlakuan alkali-panas sebesar 23.49 Mpa. Selain itu, Penelitian yang dilakukan oleh Edeerozey dkk., (2006) yaitu memodifikasi serat kenaf dengan perbandingan konsentrasi larutan NaOH 3% (suhu kamar), 6% (suhu kamar), 6% (perlakuan temperatur), 9% (suhu kamar). Konsentrasi NaOH 6% (suhu 95°C) dan 6% (suhu kamar) didapat peningkatan hasil yang signifikan dibandingkan dengan konsentrasi NaOH 3% (suhu kamar) dan 9% (suhu kamar).

Penelitian dengan penambahan CaCO₃ yang dilakukan oleh Fikri dkk., (2017) yaitu dengan variasi kandungan CaCO₃ sebesar 5%, 15% dan 25%. Sifat mekanis yang diamati adalah kuat tarik dan impak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi yaitu pada penambahan CaCO₃ 15% sebesar 24.59

MPa. Pengujian kuat tarik menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan CaCO_3 membuat komposit menjadi lebih getas.

Penelitian yang dilakukan oleh Perdana dkk., (2016) tentang pengaruh fraksi volume penguat terhadap kekuatan lentur *green composite* untuk aplikasi pada bodi kendaraan. Matriks yang digunakan adalah resin *polyester*. *Filler* yang digunakan yaitu serbuk kalsium karbonat (CaCO_3) dan serat ampas tebu (*bagasse*). Fraksi volume serat ampas tebu dan kalsium karbonat adalah 10:20, 15:15 dan 20:10. Fraksi volume *filler* dan matriks adalah 30:70. Pengujian bending mengacu pada standar ASTM-790. Hasil uji bending menunjukkan bahwa kekuatan bending komposit berbasis *bagasse* dan kalsium karbonat tertinggi pada fraksi volume 20:10 yaitu sebesar 59,76 MPa.

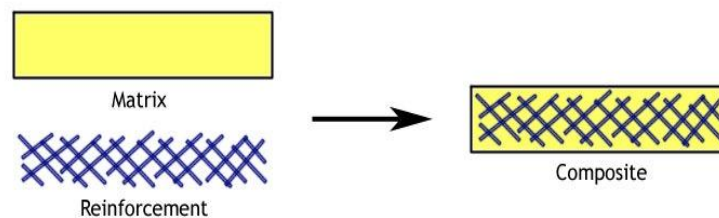
Untuk memperbaiki kekuatan mekanis komposit dengan kandungan CaCO_3 dilakukan penyaringan serbuk untuk mendapatkan partikel berukuran mikro (74 μm). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Kuncoro dkk., (2013) yaitu meneliti tentang pengaruh kandungan dan ukuran serbuk genteng sokka terhadap ketahanan bakar. Kandungan serbuk genteng sokka (SGS) yang dipakai adalah 10%, 20%, 30%, dan 40%. Ukuran SGS diayak menjadi 3 variasi dengan mesh 80 tertahan di mesh 100 (177 μm -149 μm), mesh 150 tertahan di mesh 200 (99 μm -74 μm) dan lolos mesh 200 ($\leq 74\mu\text{m}$). Dari hasil pengujian bahwa SGS yang lebih kecil lolos ukuran mesh 200 ($\leq 74\mu\text{m}$), terjadi peningkatan *time of burning* dan penurunan *rate of burning*. Perilaku ini menunjukkan bahwa ukuran butir SGS yang kecil mampu meningkatkan ketahanan bakar komposit SGS-*ripoxy* R-802.

Selain itu Nezhad dkk., (2012) juga melakukan penelitian komposit polipropilen berpenguat nano- CaCO_3 dengan fraksi volume 0%, 5%, 10% dan 15% dari hasil tersebut diperoleh kekuatan tarik sebesar 36.04 MPa, 35.67 MPa, 34.64 MPa dan 33.80 MPa. Dari hasil kekuatan tarik yang diperoleh tersebut semakin banyak kandungan CaCO_3 maka kekuatan tariknya semakin rendah, hal ini disebabkan oleh *aglomerasi* CaCO_3 .

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Material Komposit

Komposit merupakan suatu bahan baru yang terdiri dari dua buah bahan atau lebih yang memiliki sifat berbeda dan tidak saling melarutkan (Maryanti dkk., 2011). Fungsi keduanya berbeda, matriks berfungsi untuk merekatkan fiber agar tidak berubah posisi dan fiber berfungsi sebagai rangka penyusun komposit. Pada umumnya komposit terdiri dari dua fasa yaitu *matrix* dan *reinforcement*, seperti pada gambar 2.1.



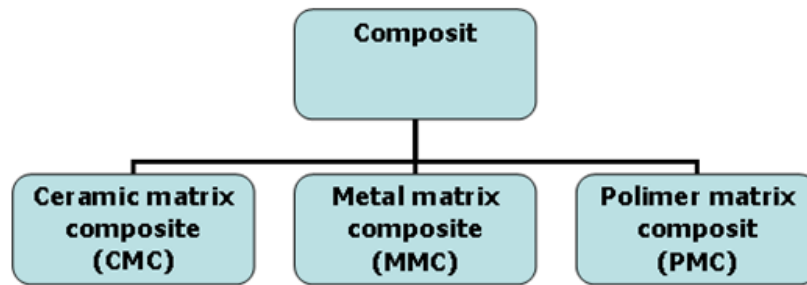
Gambar 2. 1 Susunan komposit (Onny, 2007)

(<https://artikel-teknologi.com/pengertian-material-komposit/>)

2.2.2 Matriks

Matriks merupakan fasa yang mempunyai fraksi volume terbesar (dominan). Fungsi matriks adalah untuk mentransfer tegangan, membentuk ikatan koheren, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan dan stabil setelah proses manufaktur. Komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan matriksnya yaitu:

- a. *Ceramics Matrix Composites* (CMC) merupakan komposit yang menggunakan keramik sebagai matriksnya.
- b. *Metal Matrix Composites* (MMC) adalah komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya.
- c. *Polymer Matrix Composite* (PMC) adalah komposit yang menggunakan polimer sebagai matriksnya



Gambar 2. 2 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis matriks

(<https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/12/04/aplikasi-biokomposit-pada-bidang-otomotif/>)

Polymer Matrix Composite (PMC) merupakan bahan yang paling banyak digunakan sebagai matriks komposit. Jenis *polymer* yang paling banyak digunakan yaitu:

a. *Thermoplastic*

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Contoh dari *thermoplastic* yaitu *polyester*, *nylon*, PP, PPTFE, PET, polieter sulfon, PES dan polieter electron (PEEK).

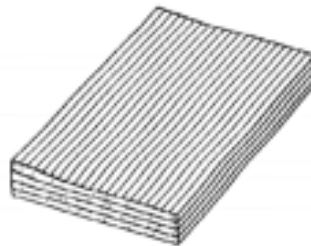
b. *Thermoset*

Thermoset memiliki sifat yang berlawanan dengan *thermoplastic* yaitu tidak dapat dilunakkan kembali setelah pengerasan. Pemanasan kembali *thermoset* dengan suhu tinggi itidak akan melunakkan, melainkan akan membentuk arang dan terurai. Contoh *thermoset* yaitu *epoksida*, *bisamaleimida* (BMI) dan *poli-imida* (PI).

Komposit yang menggunakan serat sebagai penguat (*reinforcement*) memiliki beberapa tipe serat berdasarkan penempatannya:

a. *Continuous Fiber Composite*

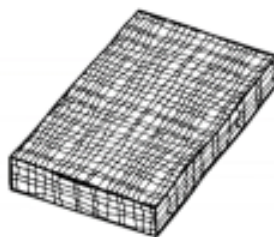
Susunan serat pada *continuous fiber composite* yaitu panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan tetapi ikatan antar lapisannya lemah. Lemahnya ikatan antar lapisan dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriks. *Continuous fiber composite* seperti yang terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Continuous fiber composite (Ronald F. Gibson 1994)

b. *Woven Fiber Composite*

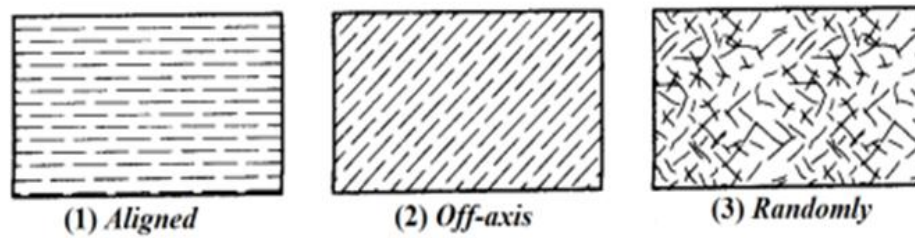
Ikatan antar lapisan pada komposit ini tidak terpengaruh oleh pemisah antar lapisan. Komposit jenis ini tidak lebih bagus dari *continuous* susunan serat memanjang tidak lurus mengakibatkan kekakuan dan kekuatan tidak sebaik *continuous fiber composite*. Pada gambar 2.4 berikut ini merupakan *woven fiber composite*.



Gambar 2. 4 Woven fiber composite (Ronald F. Gibson 1994)

c. *Discontinuous Fiber Composite*

Discontinuous fiber composite merupakan komposit yang menggunakan serat dengan ukuran pendek. Serat pendek digolongkan menjadi tiga jenis seperti pada gambar 2.5 yaitu:



Gambar 2. 5 Discontinuous fiber composite (Ronald F. Gibson 1994)

1. *Aligned discontinuous fiber*

Aligned discontinuous fiber merupakan komposit yang menggunakan serat pendek dengan distribusi serat dengan tipe searah.

2. *Off-axis aligned discontinuous fiber*

Off-axis aligned discontinuous fiber merupakan komposit yang menggunakan serat pendek dengan distribusi serat pendek secara silang.

3. *Randomly oriented discontinuous fiber*

Randomly oriented discontinuous fiber merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak.

2.2.3 Penguat (*Reinforcement*)

Reinforcement adalah suatu bahan yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Berdasarkan jenisnya komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan penguatnya yaitu:

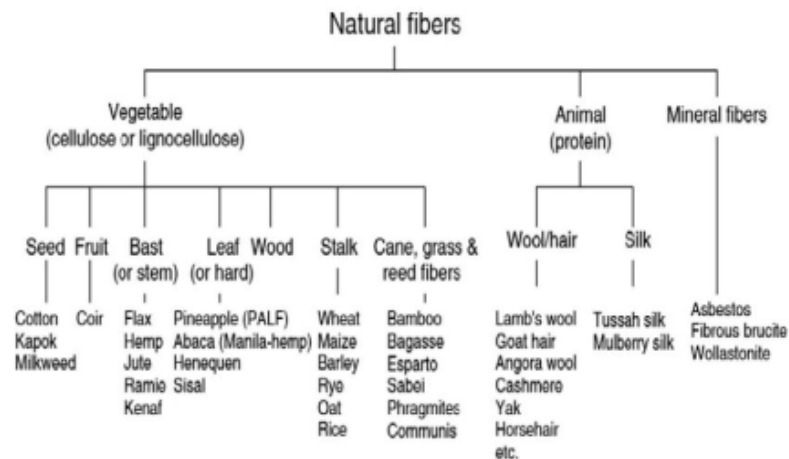
- a. *Partikel Composite* merupakan komposit yang material berbentuk partikel sebagai filler. Ukuran partikel dibedakan menjadi dua yaitu *large particle* dan *dispersion strengthened particle*.
- b. *Fiber Composite* merupakan komposit yang menggunakan serat sebagai *reinforcement*. Komposit ini terdiri dari matriks dan serat.
- c. *Structural Composite* merupakan komposit yang terdiri dari dua material atau lebih yang direkatkan bersama. *Structural composite* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *laminates* dan *sandwich panels*.

2.2.3.1 Serat Alam

Serat alam merupakan serat yang ramah lingkungan karena dapat terdegradasi secara mudah dan tanaman serat alam mampu menyerap CO₂ dengan

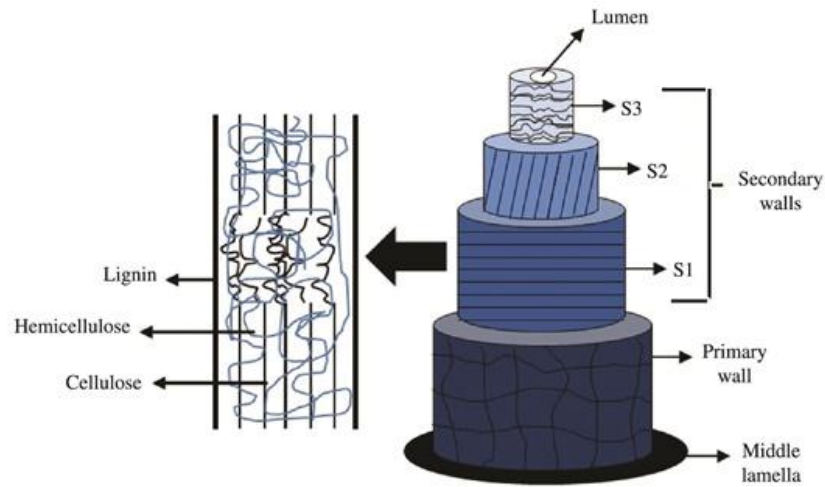
baik. Serat alam memiliki komposisi kimia yang berbeda-beda tergantung pada jenis seratnya. Komponen utama serat alam terdiri dari selulosa, hemiselulosa, pectin/lignin. Selulosa merupakan komponen penyusun utama serat alami dan berbentuk mikrofibril kristal yang menyerupai batang yang tipis (Azwa dkk., 2013). Serat alam memiliki banyak kelebihan yaitu ringan (*lightweight*), terbarukan (*renewable*), tersedia melimpah di alam, kekuatan mekanik cukup tinggi, dan dapat terdegradasi secara alami (*biodegradable*) sehingga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Alves dkk., 2013).

Serat dibagi menjadi dua macam yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam diklasifikasikan seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Klasifikasi serat alam (akil dkk., 2011)

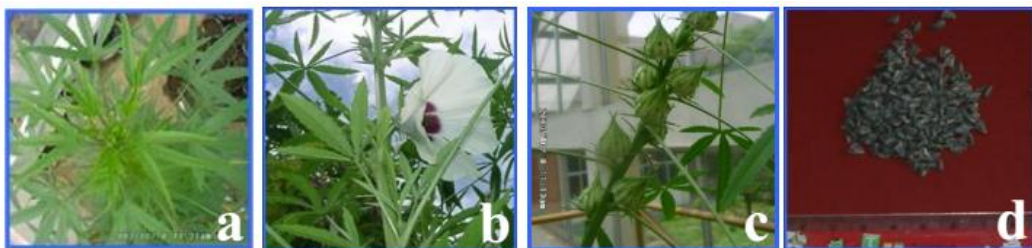
Pada gambar 2.7 merupakan struktur serat alam yang memiliki bentuk berlapis-lapis. Inti sentral yang disebut lumen yang bertanggung jawab atas transportasi air dan nutrisi, dan juga dinding sel yang terdiri dari beberapa lapisan yaitu lamella tengah, dinding primer yang tipis, dan dinding sekunder yang terdiri dari dinding sekunder (S1), dinding sekunder tengah (S2) dan dinding sekunder internal (S3). (Pereira dkk., 2015).



Gambar 2. 7 Struktur serat alami (Pereira dkk, 2015)

2.2.3.2 Serat Kenaf

Tanaman kenaf merupakan tanaman herba yang kulit batangnya menghasilkan serat. Serat yang dihasilkan adalah serat alam yang ramah lingkungan dan tanaman kenaf mampu menyerap O_2 (Ayu dkk., 2016). Umur serat kenaf berkisar antara 70-150 hari tergantung lingkungan penanaman dan varietasnya (Sujindro dkk., 2009). Pada umumnya sel serat kenaf memiliki panjang antara 1,5-12 mm dan lebar antara 7-41 μm . Kandungan yang ada pada serat kenaf yaitu selulosa 44-62%, hemiselulosa 14-20%, lignin 6-9% dan abu 0-3%. Pada gambar 2.8 merupakan morfologi serat kenaf yaitu *leaves*, *flower*, *bud* dan *seed*.



Gambar 2. 8 Kenaf morphology: a. leaves, b. flower, c. bud, d. seeds (Arumingtyas, 2006)

Tabel 2. 1 Ukuran microfibril dan kandungan kimia batang kenaf (Akil dkk., 2011)

	Bark	Core
Fibril length, L (mm)	2.22	0.75
Fibril width, W (μm)	17.34	19.23
L/W	128	39
Lumen diameter (μm)	7.5	32
Cell wall thickness (μm)	3.6	1.5
Cellulose (%)	69.2	32.1
Lignin (%)	2.8	25.21
Hemicellulose (%)	27.2	41
Ash content (%)	0.8	1.8

2.2.3.3 CaCO_3

Kalsium karbonat (CaCO_3) (gambar 2.9) adalah mineral ionorganik yang dikenal tersedia melimpah dan murah. Kalsium karbonat memiliki bentuk morfologi dan fase yang terkait dengan kondisi statis seperti zat adiktif alam, suhu, waktu dan konsentrasi reaktan (Kirboga dkk., 2013). *Aragonite* (CaCO_3) merupakan mineral karbonat yang berasosiasi dengan batu kapur. Pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit (CaCO_3) karena merupakan mineral *metastable* (Sucipto, dkk., 2007). Kalsit merupakan fase yang paling stabil dan banyak digunakan dibidang industri (Lailiyah dkk., 2012).



Gambar 2. 9 Kalsium karbonat (CaCO_3)

(<http://triflexcapsule.com/>)

2.3 Pengujian Tarik

Uji tarik merupakan pengujian material yang paling mendasar untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu material. Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan

beban gaya yang berlawanan arah. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan.

a. Tegangan Tarik

Perhitungan besarnya tegangan tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Tegangan tarik } (\sigma) = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- (σ) = Kekuatan tarik (MPa)
- F = Beban tarik (N)
- A_0 = Luas penampang (mm^2)

b. Regangan Tarik

Besarnya regangan tarik diperoleh dari pembagian perpanjangan (*gage length*) dengan panjang awal.

$$\text{Regangan tarik } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{l_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

- (ϵ) = Regangan tarik
- ΔL = Perpanjangan (mm)
- l_0 = Panjang daerah ukur (mm)

Pada daerah tegangan regangan masih bersifat elastis dan berlaku hukum Hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas dihitung dengan menarik garis lurus didaerah linier pada kurva hasil uji kekuatan tarik.

c. Modulus Elastisitas

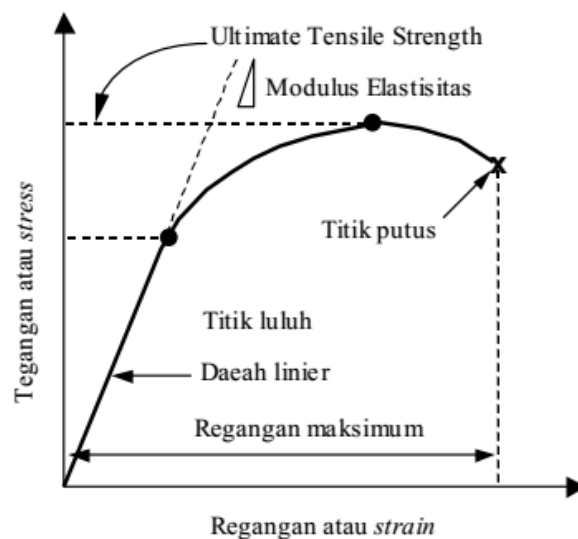
Besarnya nilai modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Modulus elastisitas (E)} = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

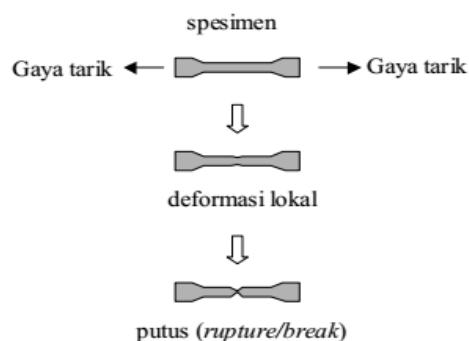
- (E) = Modulus elastisitas (MPa)
 σ = Tegangan tarik (MPa)
 ϵ = Regangan tarik

Gambar 2.10 adalah grafik berupa kurva yang diperoleh dari hasil uji tarik. E merupakan gradien kurva dalam daerah linier, dimana tegangan dan regangan selalu tetap. Titik puncak merupakan besarnya tegangan maksimum yang diperoleh dalam uji tarik. Gambar 2.11 merupakan proses terjadinya deformasi spesimen uji tarik.



Gambar 2. 10 Skema grafik hasil uji tarik

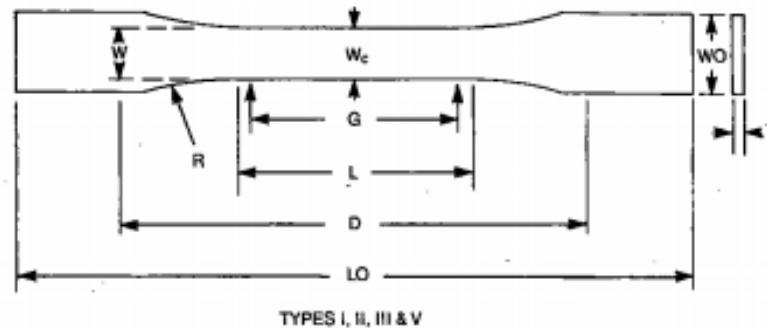
(<http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>)



Gambar 2. 11 Proses deformasi spesimen

(<http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>)

Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik mengacu pada ASTM D-638 *type 1*. Gambar 2.12 merupakan bentuk spesimen uji tarik dan pada tabel 2.2 adalah ukuran spesifik bentuk spesimen.



Gambar 2. 12 Bentuk spesimen uji tarik tipe 1 ASTM D-638

Tabel 2. 2 Ukuran bentuk spesimen uji tarik ASTM D-638

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

2.4 Instrumen Analitik

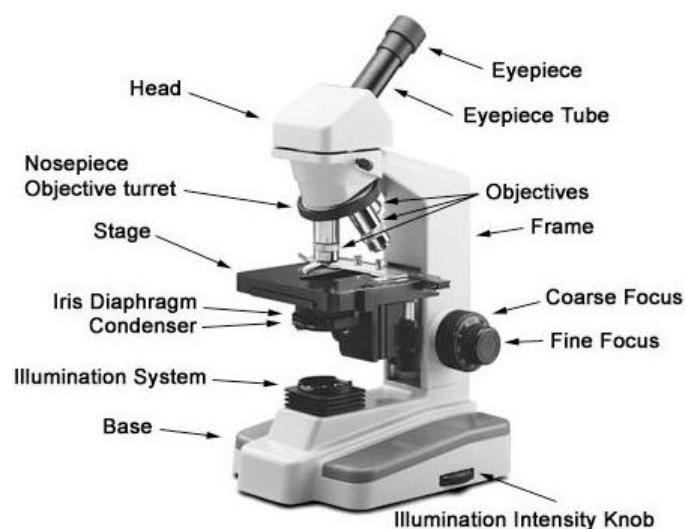
2.4.1 Mikroskop Optik

Karakterisasi serat dengan objek yang berukuran mikro (μm) menggunakan bantuan mikroskop optik. Gambar 2.13 berikut ini adalah mikroskop optik OLYMPUS-SZ61R yang ada di Lab Teknik Mesin UMY.



Gambar 2. 13 OLYMPUS-SZ61R

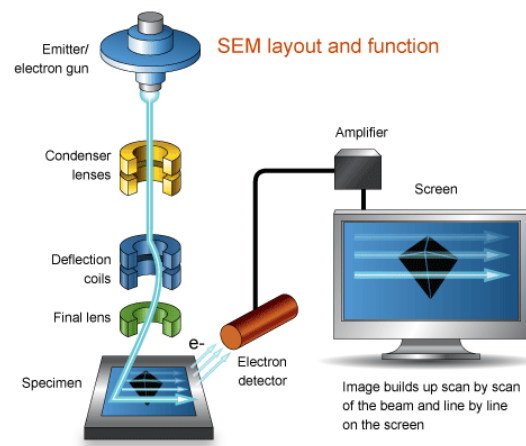
Mikroskop adalah sebuah alat bantu yang digunakan untuk melihat dan mengamati benda berukuran mikro yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. *Microscop* berasal dari bahasa latin yaitu “mikro” yang berarti kecil dan “*scoopein*” yang berarti melihat. Bayangan benda dapat diperbesar 40x, 100x, 400x, bahkan sampai 1000x dan perbesaran semakin meningkat seiring berkembangnya teknologi (Hadi, 2015). Gambar 2.13 merupakan bagian-bagian mikroskop optik.



Gambar 2. 13 Bagian-bagian mikroskop optik
(<http://prasko17.blogspot.com/2012/10/mikroskop-cahaya.html>)

2.4.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah sebuah mikroskop elektron yang berfungsi untuk menyelidiki permukaan objek solid secara langsung. Pembesaran yang ada di SEM berkisar 10-3000000x, resolusi sebesar 1–10 nm dan *depth of field* 4–0,4 mm. Fungsi utama dari SEM yaitu untuk mengetahui informasi tentang topografi, morfologi, komposisi dan kristalografi. Susunan komponen SEM dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Skematik SEM (Voutuo dkk., 2008)

Penjelasan prinsip kerja SEM seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14 adalah sebagai berikut (Sujatno dkk., 2015).

- a. *Electron gun* menghasilkan *electron beam* dari filamen. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.
- b. Lensa *magnetic* atau lensa kondensor memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- c. Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- d. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, *secondary electron* (SE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor *cathode-ray tube* (CRT).