

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1.1 Tinjauan Pustaka

Pemanfaatan serat alam sudah meluas keberbagai aplikasi pada industri dibidang otomotif, olahraga, konstruksi, rekayasa geoteknik bahkan sampai ke aplikasi penerbangan. Rendahnya biaya, ringan, ramah lingkungan, tidak berracun, bahan terbarukan yang memiliki sifat mekanik tinggi dan membutuhkan energi lebih rendah adalah alasan utama para ilmuwan dan sektor industri untuk menggunakan dan mengembangkan komposit serat alam ini. Akan tetapi masih banyak permasalahan yang timbul pada komposit serat alam ini. Rana *et. al.* (2016) pada bukunya *Advanced composites in aerospace engineering* mengatakan bahwa kekurangan dari pemakaian penguat dari serat alam masih menimbulkan permasalahan diantaranya, penyerapan air yang tinggi menyebabkan pembengkakan dan degradasi sehingga menurunkan kekuatan, perlawanan yang buruk terhadap zat kimia, dan tidak tahan api.

Fauziah (2009), tentang penelitiannya mengenai analisis karakteristik fisis dan mekanis papan serat kenaf dengan perekat polipropilen telah berhasil membuat komposit sesuai standar di PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia. Bahan baku yang digunakan kenaf dan polipropilen dengan perbandingan 50% : 50%. Metode pembuatan yakni menggunakan *compression molding* diatur hingga suhu 200°C pada tekanan 50 kgf/cm² selama ± 2 menit. Komposit yang didapat menghasilkan daya serap air 18.53%, perubahan dimensi -0,21 % (setelah pemanasan) dan -0,08 (setelah penyerapan air). Selain itu komposit kenaf-polipropilen juga dibandingkan dengan *Toyota Standar* tingkat kemampuan terbakar yaitu 0,031 cm/s dimana nilai kemampuan terbakar tersebut sudah memenuhi standart dari Toyota dengan nilai maksimum sebesar 0,167 (cm/s).

Pada penelitian sebelumnya tentang sifat mekanis oleh Ghani (2012) diketahui bahwa kekuatan tarik komposit hibrid pada kondisi lingkungan yang berbeda akan mengalami penurunan. Penurunan kekuatan tarik disebabkan oleh perendaman dengan larutan kimia dengan jumlah b 6 perendaman terlalu lama.

Menurut Meon (2012) secara teoritis penurunan modulus tarik dan kekuatan bending disebabkan oleh pembatasan gerak molekul polimer, setelah proses perendaman. Penyerapan air (*water absorption*) dapat mempengaruhi karakteristik dari komposit.

Penelitian yang mengkaji komposit serat kenaf dan *polyester* dengan perlakuan alkalisasi menggunakan larutan NaOH (6 %, 10 %, 20 % dan 30 %) untuk mempelajari pengaruh penyerapan air dan larutan kimia terhadap sifat mekanik didapatkan hasil kekuatan maksimal pada konsentrasi tingkat larutan NaOH 6 %.

Sosiati *et al.* (2014) dalam penelitiannya tentang *properties of the treated kenaf/polypropylene (PP) composites* menggunakan rasio serat/matrik 40:60 dalam % berat, komposit dicetak menggunakan *Hot press*. Penelitian ini membahas perbedaan serat kenaf sebelum dikenai perlakuan dan sesudah diberi perlakuan alkalisasi menggunakan larutan NaOH. Telah dilaporkan pada penelitian ini bahwa kandungan selulosa yang tinggi meningkatkan penyerapan air oleh serat pada kekuatan uji bending mendapatkan nilai sebesar ± 17 MPa.

Pengaruh perlakuan alkalisasi terhadap kuat tarik dan permukaan morfologi selulosa telah diteliti oleh Sosiati *et al.* (2015) dari hasil data yang diperoleh, penambahan larutan sebesar 6 % merupakan konsentrasi optimum pada serat kenaf. Penambahan > 6 % dengan temperature 100 °C dapat merusak struktur morfologi serat dan mengakibatkan penurunan kekuatan mekanis serat.

Kalprasad *et al.* (2004) pada penelitiannya komposit serat sisal/E *glass*-LDPE telah melaporkan bahwa panjang serat optimum adalah 5-7 mm. Dengan variasi matrik/serat menggunakan 80:20 diperoleh hasil kuat tarik sebesar 31,23 MPa. Dalam penelitiannya menjelaskan pada bahan komposit menggunakan serat pendek ada suatu titik panjang kritis yang harus dicapai, jika panjang serat tidak mencapai panjang kritis tersebut penggunaan panjang serat tidak akan berpengaruh terhadap komposit.

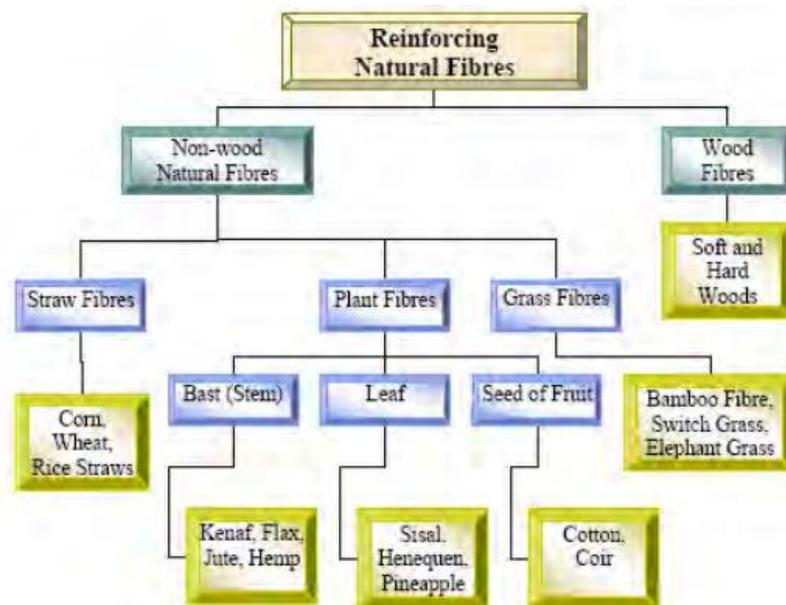
Salleh *et al.* (2012) telah melakukan penelitian tentang komposit serat kenaf-*polyester* perbandingan serat/matrik yang digunakan yaitu 20:80. Penelitian ini membandingkan penggunaan serat kenaf dengan penambahan serat E *glass*. Metode penelitian ini menggunakan *cold-press*. Hasil yang didapat pada penggunaan serat kenaf tanpa tambahan E *glass* memperoleh nilai ± 30 (MPa) sedangkan penggunaan serat tambahan E *glass* menjadi ± 55 (MPa) variasi kenaf-E *glass* yang digunakan 50:50. Selain itu penambahan E *glass* juga untuk mengurangi kelemahan sifat dari serat kenaf yaitu mengurangi penyerapan air, tidak tahan api serta mengurangi bau akibat pembusukan dari serat alam

Putra (2017) pada penelitiannya tentang hibrid komposit serat kenaf-E *glass* bermatrik *polypropylene* dengan rasio matrik/serat menggunakan 70:30 telah dilakukan. Metode variasi yang dilakukan menggunakan variasi perbandingan kenaf-E *glass* dengan variasi 10:20, 15:15 dan 20:10 melaporkan bahwa komposit dengan variasi penambahan serat kenaf lebih tinggi (20:10) memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar ± 46 Mpa.

1.2 Dasar Teori

1.2.1 Serat alam Kenaf

Perkembangan biokomposit serat alam berupa termoset maupun termoplastik pada era ini telah mengalami peningkatan pesat. Biokomposit merupakan cabang atau generasi baru dari komposit, dimana suatu material dibentuk menggunakan matrik yang diperkuat dengan serat alam atau sebaliknya. Kelebihan dari pemakain serat alam antara lain dapat diperbarui, dapat terurai secara alami, densitas rendah, dapat diaur ulang, energi yang dibutuhkan untuk memproduksi lebih rendah, serta biaya produksi relative murah. Di bawah ini ada berbagai katagori serat alam yang biyasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan komposit, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Katagori serat alam (Drzall, *et al.*, 2003)

Hibiscus Cannabinus atau yang dikenal sebagai kenaf merupakan tumbuhan yang banyak dimanfaatkan karena dapat menghasilkan serat yang bagus, salah satu kegunaan seratnya adalah sebagai bahan baku karung goni. Selain itu, serat kenaf memiliki kekuatan mekanis yang tinggi, sehingga cocok untuk diaplikasikan sebagai material penguat pada komposit. Pada tabel properti 1 dibawah ini akan ditunjukkan perbandingan serat kenaf dengan beberapa serat alam lainnya.

Tabel 2.1. Perbandingan serat kenaf dan serat alam lainnya (John, 2008)

Fibre	Cellulose (wt.%)	Hemicellulose (wt.%)	Lignin (wt.%)	Waxes (wt.%)
Abaca	56-63	20-25	7-9	3
Alfa	45.5	38.5	14.9	2
Bagasse	55.2	16.8	25.3	-
Bamboo	26-43	30	21-31	-
Banana	63-64	19	5	-
Coir	32-43	0.15-0.25	40-45	-
Cotton	85-90	5.7	-	0.6
Curaua	73.6	9.9	7.5	-
Flax	71	18.6-20.6	2.2	1.5
Hemp	68	15	10	0.8
Henequen	60	28	8	0.5
Isora	74	-	23	1.09
Jute	61-71	14-20	12-13	0.5
Kenaf	72	20.3	9	-
Kudzu	33	11.6	14	-
Nettle	86	10	-	4
Oil palm	65	-	29	-
Pissava	28.6	25.8	45	-
Pineapple	81	-	12.7	-
Ramie	68.6-76.2	13-16	0.6-0.7	0.3
Sisal	65	12	9.9	2
Sponge gourd	63	19.4	11.2	3
Straw (wheat)	38-45	15-31	12-20	-
Sun hemp	41-48	8.3-13	22.7	-

1.2.2 Serat sintetis E glass

Bahan penguat atau serat pada komposit fungsinya adalah sebagai penompang kekuatan dari material komposit, sehingga tinggi rendahnya pada suatu material komposit bisa dipengaruhi oleh kekuatan serat yang digunakan. Karena jika terjadi pembebanan pada material komposit, beban awal yang menerima yaitu matrik, kemudian diteruskan ke penguat atau serat hingga beban maksimum. Oleh karena itu, penguat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun kompositnya.

Serat gelas atau disebut juga *fiber glass* terbuat dari serat kaca halus. Penggunaan serat gelas pada umumnya digunakan sebagai penguat pada bahan komposit polimer. Tipe serat gelas yang umum dipasarkan terbagi menjadi 3 yaitu, *S glass*, *E glass*, dan *C glass*. Dari ketiga jenis serat tersebut memiliki sifat karakteristik dan kegunaan aplikasi yang berbeda-beda, diantaranya *S glass* memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai material penyusun pada pesawat terbang. *C glass* memiliki sifat serat yang tahan korosi, sehingga cocok

digunakan di industri kimia. Sedangkan E glass memiliki kekuatan tarik yang tinggi akan tetapi masih kalah dengan S glass. Penggunaan E glass sebagai bahan komposit polimer lebih banyak dari S glass dan C glass, dikarenakan harga E glass lebih murah. Pada tabel 2.2 di bawah ditunjukkan dari karakteristik ketiga material tersebut.

Tabel 2.2. Karakteristik dan komposisi serat glass

Designation	Characteristic	Composition								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	B ₂ O ₃	K ₂ O	BaO
C-glass	Chemical corrosion resistant	52.4	14.4	0.2	17.2	4.6	0.8	10.6	-	-
E-glass	Electrical Cmposition	64.4	4.1	0.1	13.4	3.3	9.6	4.7	0.4	0.9
S-glass	High strength and modulus	64.4	4.4	-	-	10.3	0.3	-	-	-

1.2.3 Polipropilen

Polipropilen berfungsi sebagai matrik pengikat pada komposit berpenguat serat, tujuannya untuk meneruskan tegangan antar serat, melindungi serat dari kelembaban dan bahan kimia. Matrik secara umum terbagi menjadi dua tipe yakni, termoplastik dan thermoset. Polipropilen atau polipropena (PP) adalah sebuah [polimer](#) termoplastik yang dibuat oleh [industri kimia](#) dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, [tekstil](#) (contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah terpakaikan ulang serta bagian plastik, perlengkapan labolatorium, [pengeras suara](#), komponen otomotif, dan uang kertas polimer. Dalam bidang medis polipropilen juga digunakan sebagai bahan pembuat benang jahit untuk operasi yang diberi nama Prolene, karena sifat kekuatannya yang tinggi.

Polipropilen memiliki sifat kaku, tidak berbau, dan tahan terhadap bahan [kimia](#) pelarut, [asam](#), dan [basa](#). Polipropilen memiliki banyak kemiripan dengan [polietilen](#), terutama dalam sifat [listrik](#), [mekanik](#) dan tahan terhadap [panas](#) pada waktu digunakan, sedangkan untuk ketahan terhadap kimia lebih rendah. Sifat-sifat propilena sangat tergantung pada berat [molekul](#) dan distribusi berat molekul, [kristalinitas](#), jenis dan proporsi komonomer (jika digunakan) dan isotacticity kepadatan PP adalah 0,895-0,92 g / cm³ (Tripathi, 2001), dengan

demikian PP merupakan plastik standar yang memiliki kepadatan terendah, artinya apabila sebuah [cetakan](#) yang sama digunakan untuk memproduksi [plastik](#) maka PP hasilnya akan lebih ringan dibanding dengan polietilen, dikarenakan kepadatan polietilen sangat signifikan dalam mengisi ruang cetakan. PP memiliki sifat alot dan kaku sehingga memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap kelelahan, untuk alasan itu PP digunakan untuk aplikasi [engsel](#) (*hinge*) atau aplikasi lain yang memungkinkan penggunaan lipat dan tekuk dari sebuah aktifitas.

1.2.4 Komposit

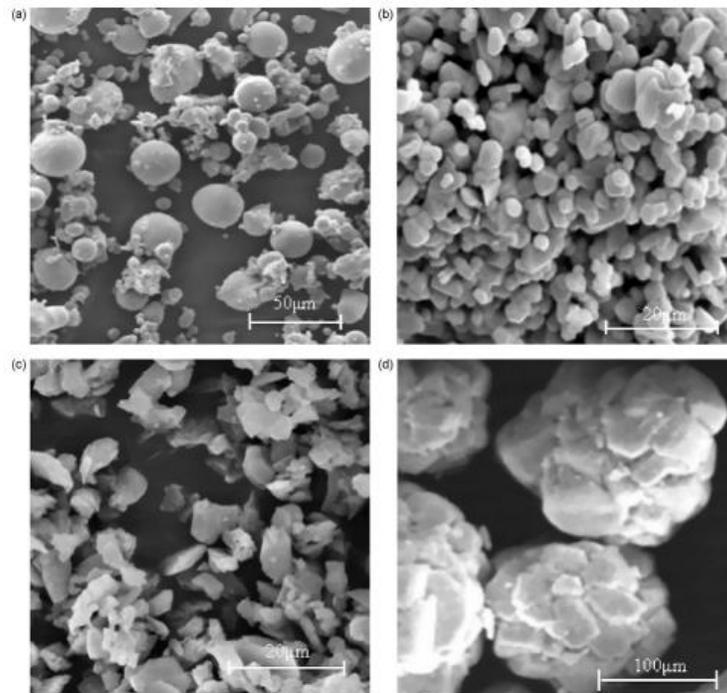
Material komposit di definisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuk, komposisi kimia, dan tidak saling melarutkan dimana material yang satu berperan sebagai penguat dan yang lainnya sebagai pengikat serta dapat dilihat perbedaannya secara makroskopis. Komposit disusun dari dua komponen yaitu matriks atau resin dan *reinforcement* atau penguat atau ada juga yang menyebut filler. Filler ini nanti akan berfungsi sebagai penguat berupa partikel atau serat yang menerima distribusi tegangan dari komposit (Ony, 2017). Komposit polimer mulai fenomenal sejak tahun 1960-an dan sekarang telah berkembang pada aplikasi pesawat terbang, pesawat antariksa, perahu, kapal, mobil otomotif, infrastruktur sipil, peralatan olahraga dan produk konsumen (Hartanto, 2009). Penggunaan komposit diberbagai bidang tergantung pada karakteristik fisik, termal, kimia dan mekanisnya. Kelebihan komposit terhadap berbagai paduan logam diantaranya ringan, kekakuan spesifik yang tinggi dan kekuatan spesifik, ketahanan leleh yang baik, tahan korosi, isolasi panas, perambatan panas yang rendah (Jones, 1975).

Berdasarkan klasifikasi secara umum komposit dibedakan menjadi 3 macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*), lamina, dan bahan komposit serat (*fiber composite*).

1. Bahan komposit partikel

Bahan komposit partikel merupakan susunan beberapa partikel-partikel yang diikat oleh matriks. Pada umumnya komposit partikel ini digunakan sebagai bahan pengisi dan penguat untuk keramik. Salah satu dari jenis komposit partikel yang dipakai luas dalam berbagai aplikasi adalah komposit Al/Al₂O₃. Komposit ini

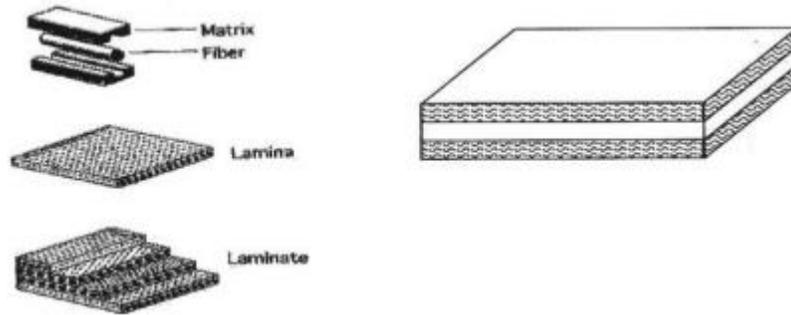
adalah pengembangan dari komposit bermatriks logam yaitu aluminium, biasa disebut *Aluminium Matrix Composites* (AMCs) dengan alumina (Al_2O_3) sebagai fasa penguat. Berikut merupakan photomicrograph dari material Al/ Al_2O_3 , dimana alumina sebagai partikel ditunjukkan pada area yang gelap dan area yang berwarna cerah merupakan aluminium sebagai matrik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Photomicrograph of Al/ Al_2O_3 (Rahimian M., *et al.*, 2009)

2. Bahan komposit lamina

Komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit serat dalam bentuk lamina ini yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi otomotif maupun industri. Mikrostruktur lamina dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.

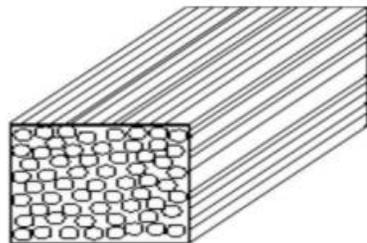


Gambar 2.3. Laminated Composites

3. Bahan komposit serat

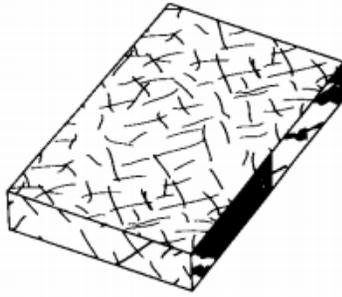
Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat yang diikat kedalam matriks. Komposit serat (*fiber reinforced composite*) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa fibers glass, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Serat merupakan material yang mempunyai perbandingan panjang terhadap diameter sangat tinggi serta diameternya berukuran mendekati kristal. Serat juga mempunyai kekuatan dan kekakuan terhadap densitas yang besar (Jones, 1975). Berdasarkan penempatan dan arah serat penguat komposit dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

- a. *Continous fiber composite* komposit ini diperkuat dengan serat continue atau panjang disusun searah, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



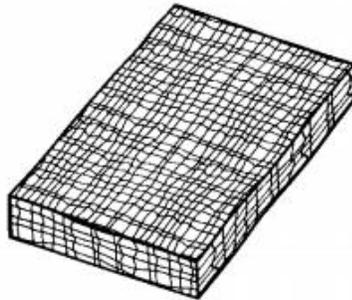
Gambar 2.4. Continous fiber composite (Gibson, 1994)

- b. *Chopped fiber composite* ini diperkuat susunan serat pendek dan acak dicampur dengan matrik, dapat dilihat di Gambar 2.5.



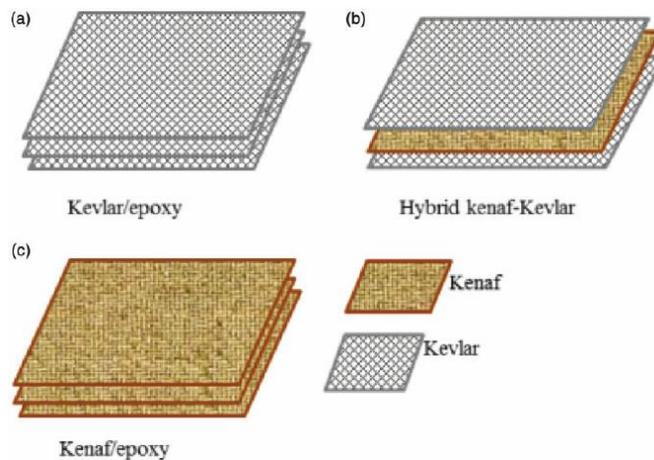
Gambar 2.5. Chopped fiber composite (Gibson, 1994)

- c. *Woven fiber composite* (Gambar 2.6) komposit ini diperkuat dengan serat anyaman.



Gambar 2.6. *Woven fiber composite* (Gibson, 1994)

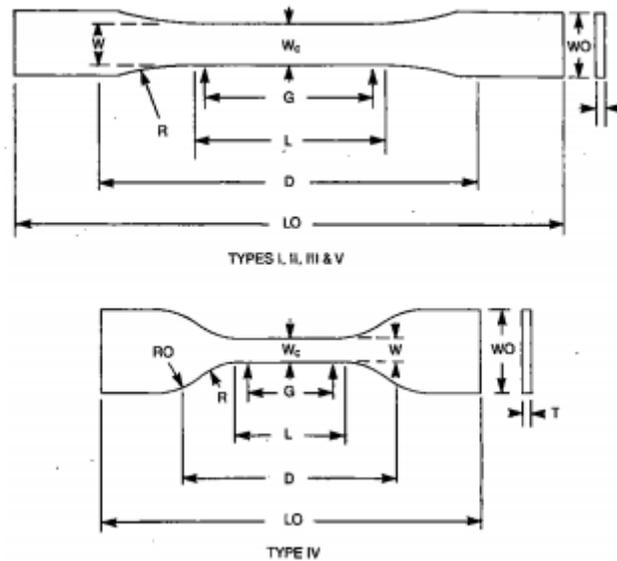
- d. *Hybrid fiber composite* menggunakan dua atau lebih jenis fiber dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik, sebagai contoh komposit hibrida serat kenaf/kevlar dengan matriks epoksi seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Tipe *Hybrid fiber composite* (Ridwan *et al.*, 2014)

1.2.5 Uji mekanik

Uji tarik yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM D638-02. Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (stress strain test). Dari pengujian ini dapat kita ketahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Berikut merupakan bentuk spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan pada tabel 2.3 .



Gambar 2.8. Dimensi spesimen uji tarik ASTM D638-02a

Tabel 2.3. Dimensi spesimen uji tarik ASTM D638-02a

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)

1.2.6 Densitas komposit dan mekanika material komposit

1. 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 volumenya. Berikut adalah perhitungan untuk mencari massa total dan volume material komposit pada serat dan komposit, ditunjukkan di persamaan 2.1 dan 2.2.

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

Dimana, M_c = massa komposit (gr)

M_f = massa serat (gr)

M_m = massa matriks (gr)

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

Dimana, V_c = volume komposit (cm³)

V_f = volume serat (cm³)

V_m = volume matrik (cm³)

V_v = volume void (cm³)

Sehingga, massa jenis komposit, ρ_c (g/cm³), adalah

$$M_f = \rho_f \cdot V_f \text{ (gr)}$$

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

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

Dimana, ρ_c = massa jenis serat (gr)

ρ_m = massa jenis matrik (gr)

Maka :

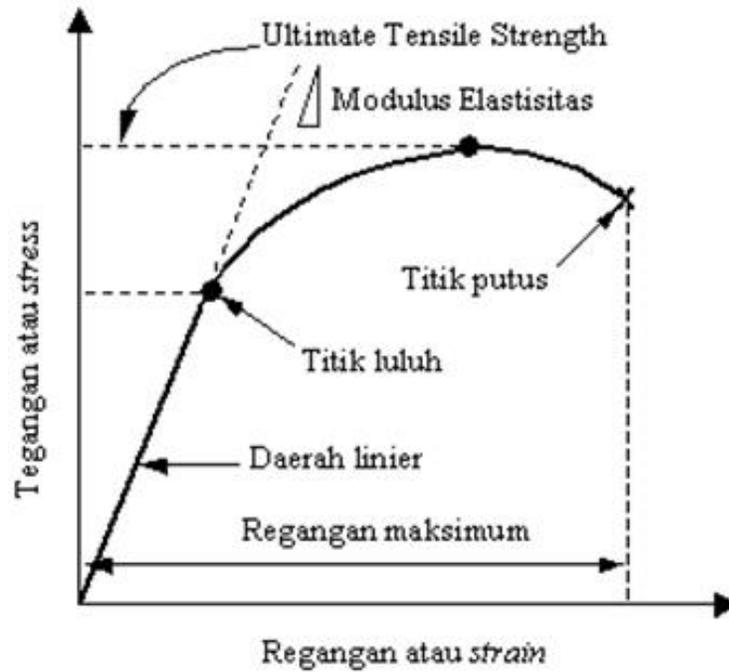
$$\rho_c = \frac{\rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m}{V_f + V_m + V_v} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

..... (2.3)

Pada kenyataannya volume void (V_v) relative sangat kecil, sehingga V_v dapat diabaikan (Chawla, 1998)

2. Mekanika material komposit (tegangan, regangan dan modulus elastisitas)

Dari pengujian tarik diperoleh data berupa beban maksimum yang dapat ditahan komposit sebelum patah dan pertambahan panjang. Dari data-data tersebut dapat dicari nilai kekuatan tarik (tegangan), regangan dan modulus elastisitas komposit (Surdia, 1995).



Gambar 2.9. Kurva tegangan - regangan



Gambar 2.10. Skema uji Tarik

ε = Regangan.

1.2.7 Instrumen Analitik

SEM adalah sebuah mikroskop yang mampu untuk melakukan pembesaran objek sampai 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm, yang menggunakan elektro statik dan elektro magnetik untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar serta memiliki kemampuan pembesaran objek serta resolusi yang jauh lebih bagus daripada mikroskop cahaya. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi dari cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1–0,2 nm. Fungsi mikroskop elektron scanning untuk memindai terfokus balok halus elektron ke sampel, elektron berinteraksi dengan sampel komposisi molekul. Energi dari electron menuju ke sampel secara langsung dalam proporsi jenis interaksi electron yang dihasilkan dari sampel dan menciptakan gambar tiga dimensi.

Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

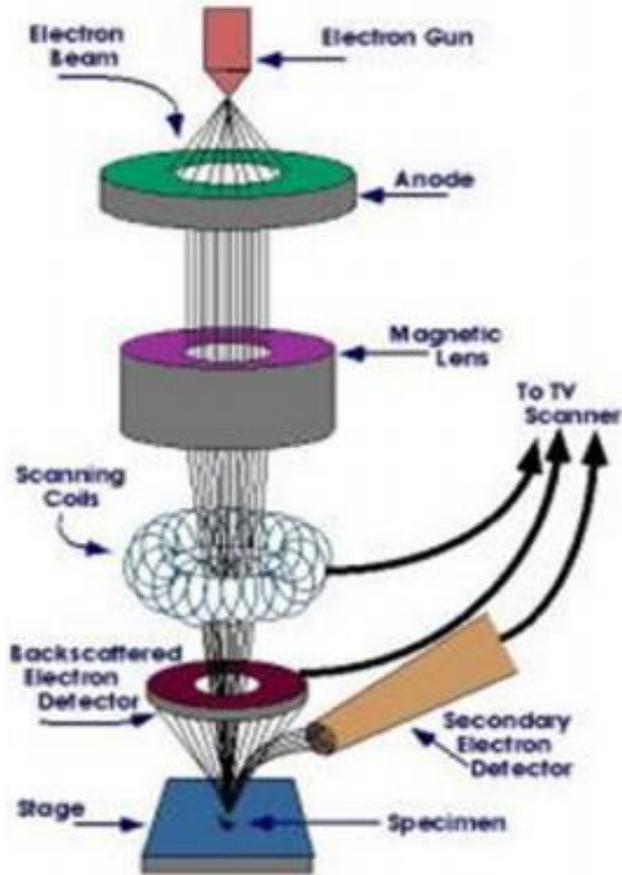
1. **Topografi**, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
2. **Morfologi**, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit (IC)* dan *chip*, dan sebagainya).
3. **Komposisi**, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
4. **Informasi kristalografi**, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya).

Pada mikroskop elektron SEM terdapat beberapa peralatan utama antara lain :

1. Pistol elektron, biasanya berupa filament yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron, seperti tungsten.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.
3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecah oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.
Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut :

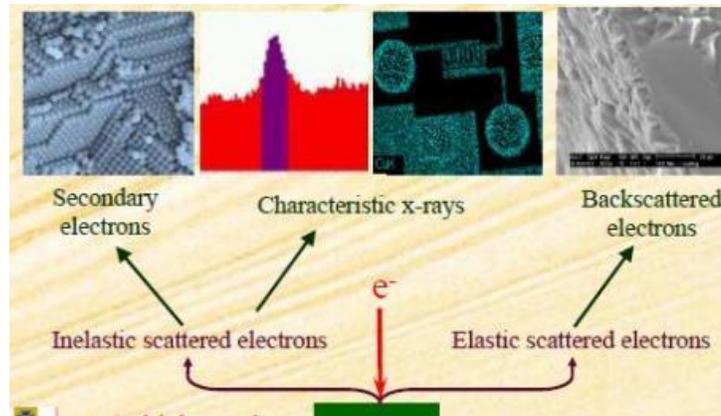
1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar electron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetis memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron sekunder yang akan diterima oleh detector dan dikirim ke monitor “cathode ray tube” (CRT).

Secara lengkap skema SEM dijelaskan pada Gambar 2.10.



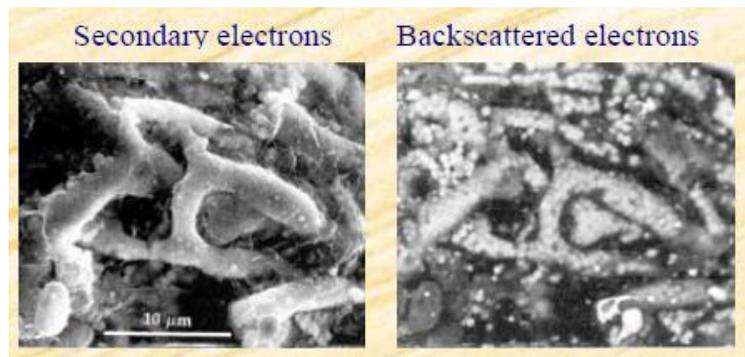
Gambar 2.11. Skema uji SEM “Scanning electron microscope”
 (<http://iastate.edu>)

Ada beberapa sinyal penting yang dihasilkan oleh SEM. Dari pantulan inelastis didapatkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar X sedangkan dari pantulan elastis didapatkan sinyal backscattered electron. Sinyal -sinyal tersebut dijelaskan pada Gambar 2.11 dibawah ini.



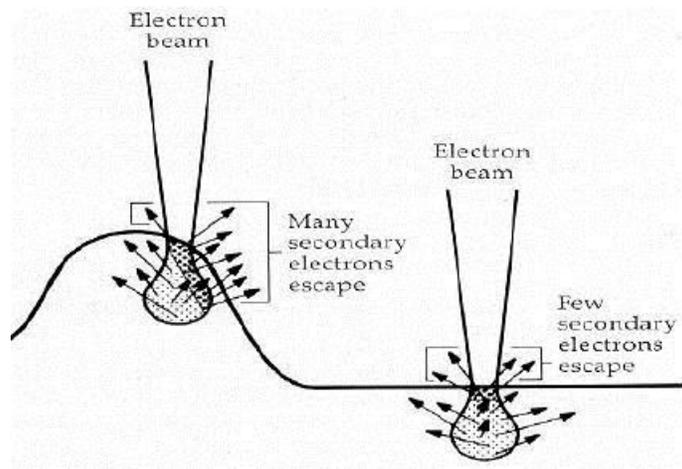
Gambar 2.12. Proses terjadinya sinyal elektron sekunder dan *backscattered electron* (<https://materialcerdas.wordpress.com>)

Perbedaan gambar dari sinyal elektron sekunder dengan backscattered adalah sebagai berikut: elektron sekunder menghasilkan topografi dari benda yang dianalisa, permukaan yang tinggi berwarna lebih cerah dari permukaan rendah. Sedangkan backscattered elektron memberikan perbedaan berat molekul dari atom – atom yang menyusun permukaan, atom dengan berat molekul tinggi akan berwarna lebih cerah daripada atom dengan berat molekul rendah. Contoh perbandingan gambar dari kedua sinyal ini disajikan pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar 2.13. Perbandingan gambar dari elektron sekunder dan backscattered electron (<https://materialcerdas.wordpress.com>)

Mekanisme kontras dari elektron sekunder dijelaskan dengan Gambar 2.13 dibawah ini. Permukaan yang tinggi akan lebih banyak melepaskan elektron dan menghasilkan gambar yang lebih cerah dibandingkan permukaan yang rendah atau datar.



Gambar 2.14. Mekanisme kontras dari elektron sekunder (<https://materialcerdas.wordpress.com>)