

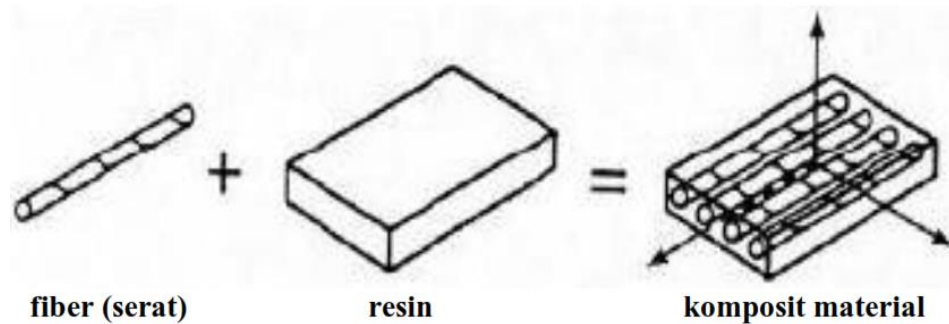
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan wetting agent (Kaw, 2006). Wetting agent merupakan kemampuan resin untuk membasahi serat (penguat) yang terjadi akibat adanya interaksi antarmolekul dari kedua material tersebut, sehingga secara bersama-sama terjadi kontak antara fasa cair (liquid) dan permukaan fasa padat (solid).

Material komposit yaitu material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan. Kelebihan material komposit dibandingkan dengan logam adalah ketahanan terhadap korosi, mudah dibentuk, ringan, tetap kuat dan untuk jenis komposit tertentu memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik. Material penyusun komposit adalah filler dan matriks, dapat dilihat pada Gambar 2.1. Filler merupakan salah satu unsur penyusun komposit yang berfungsi sebagai penguat dan menjadi bagian utama yang menentukan karakteristik suatu bahan komposit. Filler terbagi menjadi bahan alami dan bahan buatan (Olanda, 2013).



Gambar 2.1 Ilustrasi Komposisi Komposit

2.2 Klasifikasi Komposit

Matriks yang digunakan komposit dapat dikelompokkan atas tiga, sebagai berikut (Hull dan Clyne, 1996):

1. Metal Matrix Composite (menggunakan matriks logam) Metal Matrix Composite (MMC) adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continuous Filamen MMC yang digunakan dalam industri penerbangan.
2. Ceramic Matrix Composite (menggunakan matriks keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, karbida, dan nitrit. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses Dimox yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah filler.

3. Polymer Matrix Composite (menggunakan matriks polimer). Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan.

Matriks polimer terbagi 2, yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaan polimer termoset tidak dapat didaur ulang, sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lain.

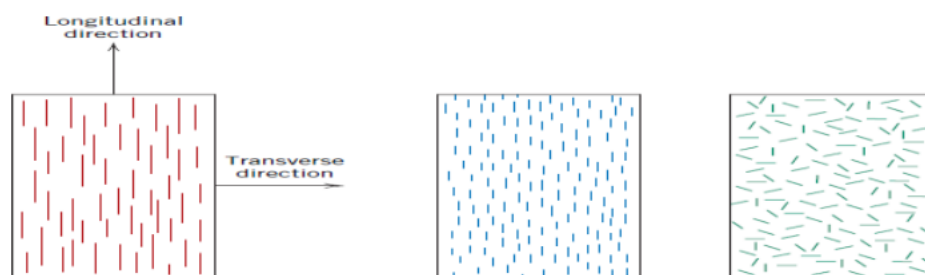
2.3 Serat

Serat adalah unsur utama pada bahan komposit berpenguat serat. Serat menempati fraksi volume terbesar pada lapisan komposit dan membagi porsi yang besar dari beban pada struktur komposit menurut (Mallick, 2007) pemilihan yang tepat dari serat, tipe, volume fraksi serat, panjang serat dan orientasi serat sangatlah penting, serat mempengaruhi beberapa sifat dan lapisan komposit seperti: 1) densitas; 2) kekuatan dan modulus tarik; 3) kekuatan dan modulus tekan; 4) kekuatan terhadap kegagalan oleh kelelahan yang baik; dan, 5) konduktivitas termal dan listrik. Serat mempunyai panjang yang signifikan, sehingga serat dapat dengan mudah disejajarkan pada satu arah untuk menyediakan penguatan yang selektif pada bahan yang lain.

Serat mengandung banyak bentuk panjang, dan oleh karena itu serat memiliki kemungkinan ketidaksempurnaan. Sifat kekuatan serat adalah variable yang acak. Data kekuatan yang tidak seragam untuk membentuk kemungkinan

pendistribusian kekuatan tersebut. Kekuatan rata-rata dan menyebar (bervariasi) menjadi jumlah yang penting dalam menentukan sifat dari suatu serat. Karena kekuatan serat yang acak secara alami, banyak penelitian mencoba metode kemungkinan untuk mempelajari kekuatan bahan komposit tersebut (Hyer, 1998).

Susunan atau orientasi dari serat relatif terhadap satu sama lain, konsentrasi serat dan distribusi semuanya memiliki pengaruh yang signifikan pada kekuatan dan sifat yang lain dari komposit berpenguat serat. Skematik dari orientasi komposit berpenguat serat ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Orientasi Komposit Berpenguat Serat: (a) Sejajar dan Panjang, (b)

Sejajar dan Putus-putus, (c) Acak dan Putus-putus

(Callister dan Rethwisch, 2014).

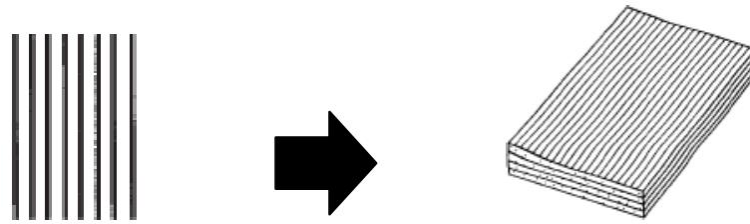
Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan knaf atau goni. Serat alam memiliki kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan

anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain. (Chung, 2010).

Stark dan Rowlands (2002) mengungkapkan bahwa komposit yang diperkuat serat tanaman, sifat-sifat mekanisnya akan meningkat secara linear seiring dengan penambahan persen berat serat, karakteristik mekanik yang meningkat adalah kekuatan mekanik yang meningkat adalah kekuatan tarik serta kekuatan impak. Serat berperan sebagai penyangga kekuatan dari struktur komposit, beban yang awalnya diterima oleh matrik kemudian diteruskan ke serat oleh karena itu serat harus mempunyai kekuatan tarik dan elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik .

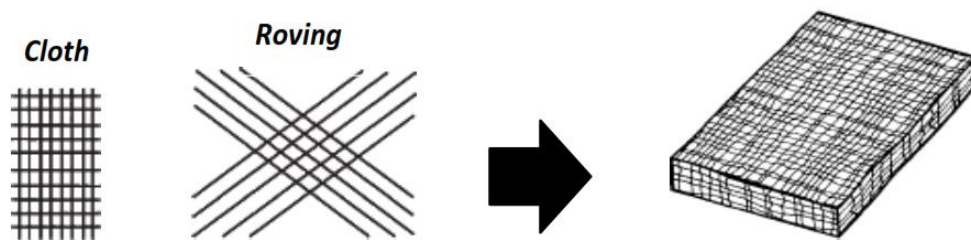
Berdasarkan penempatannya, menurut Gibson (1994) terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu:

1. Continuous Fiber Composite. Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan. Struktur continuous fiber composite dapat dilihat pada Gambar 2.3. Dimana pada penelitian ini saya menggunakan tipe serat ini dikarenakan penyusunan dengan serat yang tidak terputus mempunyai kekuatan terbesar dari komposit jika seratnya searah.



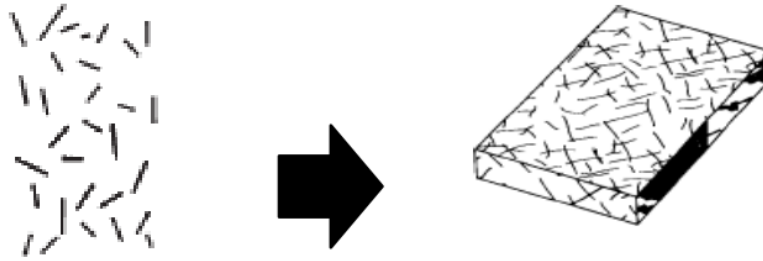
Gambar 2.3. Struktur Continuous Fiber Composite (Gibson, 1994)

2. Woven Fiber Composite (bi-directional). Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah. Struktur woven fiber composite dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut ini.



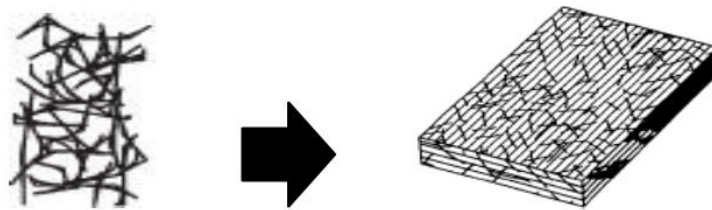
Gambar 2.4. Struktur Woven Fiber Composite (Gibson, 1994)

3. Discontinuous Fiber Composite. Discontinuous fiber composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Discontinuous fiber composite dibedakan menjadi dua, yaitu chopped fiber composite dan hybrid composite. Chopped fiber composite memiliki serat pendek secara acak tersebar dalam matriks. Komposit serat cincang (chopped) digunakan secara ekstensif dalam aplikasi volume tinggi karena biaya produksi yang rendah, tetapi sifat mekanik jauh lebih rendah daripada continuous fiber composite. Struktur chopped fiber composite dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.



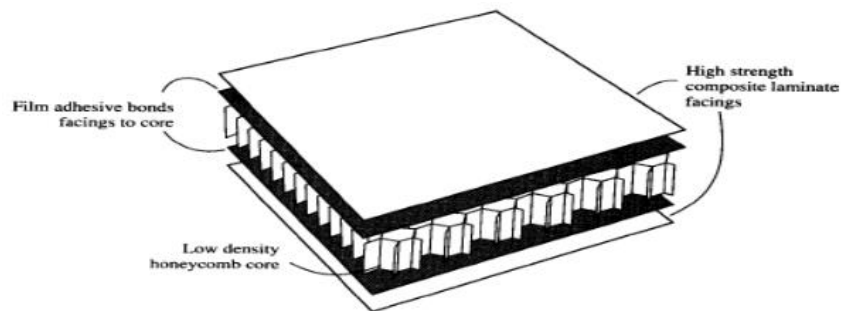
Gambar 2.5. Struktur Chopped Fiber Composite (Gibson, 1994)

4. Hybrid Fiber Composite. Hybrid composite, terdiri dari campuran cincang serat dan serat berkesinambungan, atau jenis serat campuran seperti kaca atau grafit. Struktur hybrid composite dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6. Struktur Hybrid Fiber Composite (Gibson, 1994)

5. Sandwich Structure Composite. Konfigurasi komposit lain yang umum adalah sandwich structure terdiri dari kekuatan tinggi, lembaran komposit terikat pada busa ringan atau inti. Sandwich structure memiliki kelenturan yang sangat tinggi, rasio kekakuan yang juga tinggi dan secara luas digunakan dalam struktur Aerospace. Fleksibilitas desain yang ditawarkan dan konfigurasi komposit lainnya jelas cukup menarik. Sandwich structure dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7. Struktur Komposit Sandwich (Gibson, 1994)

2.4 Epoksi

Resin epoksi adalah salah satu jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Sifat mekanisnya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Resin epoksi memiliki sifat isotropis dan peka terhadap suhu, mempunyai sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan kuat sekali, tidak bisa mengalami pergeseran rantai. Bentuk resin epoksi sebelum pengerasan berupa cairan seperti madu dan setelah pengerasan akan berbentuk padatan yang sangat getas. Meskipun epoksi ini lebih mahal dari matriks polimer lain, namun epoksi ini adalah matriks dari polimer matrix composite yang paling populer. Lebih dari dua pertiga dari matriks polimer yang digunakan dalam aplikasi industri pesawat terbang adalah epoksi.

Sifat Fisik. Epoksi Sebagaimana jenis plastik lainnya, Epoksi merupakan isolator listrik dan konduktor panas yang buruk. Kecuali bila ditambahkan campuran, mis logam / karbonain.

Sifat Kimia. Sebagaimana umumnya plastic, secara kimia epoksi termasuk inert. Dalam jangka lama, sinar ultraviolet mempengaruhi struktur kimianya.

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin Epoksi & Resin Poliester

No	Sifat	Resin Epoksi	Resin Poliester
1	Kerapatan (gr/cm^3)	1,1-1,4	-
2	Modulus Young (GPa)	3-6	-
3	Perbandingan Poisson	0,38-0,40	-
4	Kekuatan Tarik (MPa)	35-100	40
5	Kekuatan Tekan (MPa)	100-200	-
6	Regangan Maksimum (%)	1-6	2,1
7	Koefisien Muai Panas ($10^{-6}C^{-1}$)	60	-
8	Konduktivitas Panas ($Wm^{-1}^{\circ}C$)	0,1	-
9	Temperatur Maksimum ($^{\circ}C$)	50-300	-
10	Penyusutan (%)	1-2	-
12	Suhu Distorsi Panas ($^{\circ}C$)	100	70

Sifat Mekanik. Dalam bentuk asli resin epoksi keras dan getas. Tetapi dalam penggunaan, sifat mekanik banyak dimodifikasi sifatnya, baik dari sisi kekuatan, kekenyalan, keuletan.

2.5 Serat Pelepah Pinang

Areca catechu atau pohon pinang adalah spesies dari keluarga palem. Biasanya tumbuh di daerah tropis. Pinang adalah tanaman komersial penting yang ditanam di India, Cina, Malaysia, Taiwan, dan negara-negara Asia lainnya. India adalah produsen pinang tertinggi di dunia - menyumbang lebih dari 50 persen produksi dunia. Diperkirakan setiap tahun India menghasilkan 1.000 juta pelepah daun pinang dengan berat sekitar 2,33 ton. Pelepah daun pinang merupakan bahan berserat yang sulit terurai secara hayati. Ini mudah tersedia, harga rendah dan sumber terbarukan biomassa pertanian lignoselulosa. Selubung daun terdiri dari

banyak bahan penyusun seperti selulosa, hemiselulosa, lignin dan pektin dll. Serat stapel panjang dapat diekstraksi dari pelepah daun pinang dengan perlakuan alkali.



Gambar 2.8. Pelepah pohon pinang yang telah kering

Sifat Serat

Komposisi kimia serat. Sebagai serat lignoselulosa, serat pelepah daun pinang mengandung tiga komponen kimia dasar, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Terlihat bahwa serat pelepah daun pinang masing-masing mengandung 56,8 persen selulosa, 22,4 persen hemiselulosa dan 6,3 persen lignin.

Indeks kristalinitas dan sudut microfibrillar. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan dan modulus awal serat lignoselulosa bergantung pada indeks kristalinitas dan sudut mikrofibril. Indeks kristalinitas yang lebih tinggi dan sudut mikrofibril yang lebih rendah meningkatkan sifat mekanik serat selulosa. Terlihat bahwa indeks kristalinitas dan sudut mikrofibril serat pelepah daun pinang berturut-turut adalah 56,5 persen dan 35,2.

Kadar air serat. Menjadi serat alami serat pelepah daun pinang mengandung gugus -OH hidrofilik dalam molekulnya. Molekul air yang ada di atmosfer menarik kelompok serat hidrofilik dan membentuk ikatan hidrogen. Diamati bahwa kadar air serat pelepah daun pinang adalah 11,9 persen.

Panjang dan diameter serat. Panjang dan diameter serat merupakan parameter penting untuk mengontrol kualitas serat. Area penggunaan, kinerja pemrosesan, dan properti tekstil, dll. dipengaruhi oleh panjang dan diameter serat. Panjang pelepah daun pinang sekitar 1-1,5m. Serat individu terletak terus menerus sepanjang selubung. Panjang serat yang diekstraksi tergantung pada panjang cacahan pelepah daun pinang selama proses ekstraksi serat. Panjang serat maksimum akan sama dengan panjang pelepah daun. Diamati bahwa diameter serat bervariasi dari 14 hingga 392 m dengan diameter rata-rata 55 m.

Bundel dan kekuatan serat tunggal. Salah satu sifat yang paling penting dari serat adalah sifat tarik. Sifat tarik benang dan kain bergantung pada susunan serat kompleks di dalam benang dan struktur kain, dan juga pada sifat tarik serat. Kekuatan ikatan serat pelepah daun pinang adalah 18,8 g/tex pada panjang gauge 5 cm. Kekuatan tarik serat tunggal, modulus awal dan perpanjangan putus masing-masing adalah 400 MPa, 11,8 GPa dan 8 persen.

Tabel 2.2 Sifat-sifat serat pelepah daun pinang dan perbandingannya dengan serat selulosa lainnya.

Name of Fibre	Diameter (μm)	Moisture content (%)	Cellulose content (%)	Crystallinity (%)	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)
Areca nut leaf sheath	14-392	11.9	56.8	56.5	400	8.3
Cotton	16-21	7.0-8.5	94	68.0	287-597	5.5-12.6
Jute	30-140	12.6	61-71.5	55.0	393-773	26.5
Coir	100-450	10.8	43	--	175	4.0-6.0
Sisal	100-300	10-22	65.8	71.7	511-635	9.4-22.0

2.6 Fraksi Volume Komposit

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat atau serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (v_f) atau fraksi massa serat (w_f). Fraksi volume serat adalah parameter yang sangat penting dari sebuah komposit serat karena mengendalikan sifat-sifat termomekanis lamina. Menurut Gibson (1994), fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$w_f = \frac{m_f}{m_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} = v_f \quad (1)$$

$$V_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} w_f = 1 - V_m \quad (2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa fiber dan matrik, serta density fiber dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa fiber dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_f = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \quad (3)$$

2.6.1 Pengujian Sifat Mekanik Uji tarik

Uji tarik merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan berdasarkan ketahanan suatu material terhadap beban tarik. Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan filler dan matriks sempurna. Pergeseran antara filler dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi filler sama dengan deformasi matriks. Pengujian tarik (*tensile test*) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton). Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji. Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula. Regangan merupakan ukuran untuk kekenyalan suatu bahan yang harganya biasanya dinyatakan dalam persen (Zemansky, 2002). Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan-regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, spesimen, kelembaban, dan seterusnya. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam. Tegangan tarik σ , adalah gaya yang diaplikasikan, F, dibagi dengan luas penampang A_0 yaitu:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (4)$$

Dimana, F adalah beban yang diberikan arah tegak lurus terhadap penampang specimen (N); A_0 adalah luas penampang mula-mula sebelum diberikan pembebanan (m^2); dan σ adalah tegangan tarik (N/m^2)