

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Serat Alam

Serat alam yaitu serat yang berasal dari alam (bukan buatan ataupun rekayasa manusia). Serat alam atau bisa dibilang sebagai serat alami ini yang biasanya didapat dari serat tumbuhan (pepohonan) seperti pohon bambu, pohon kelapa, pohon pisang serta tumbuhan lain yang terdapat serat pada batang maupun daunnya. Serat alam yang berasal dari binatang, antara lain sutera, ilama dan wool.

Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat dewasa ini karena serat alami banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan (rekayasa), keunggulan dari serat alami seperti beban lebih ringan, bahan mudah didapat, harga relatif murah dan yang paling penting ramah lingkungan terlebih Indonesia memiliki kekayaan alam yang begitu melimpah. Penggunaan serat alami dewasa ini sudah merambah berbagai bidang kehidupan manusia, layaknya serat buatan, serat alami juga mampu digunakan sebagai modifikasi dari serat buatan.

Aspek otomotif di Indonesia juga sangat berkembang didalam penggunaan serat alami yang menjadi bahan tambahan pada pembuatan interior kendaraan bermotor maupun kebutuhan yang lain. Dalam hal ini persaingan dunia otomotif sangat bersaing satu dengan lainnya didalam memodifikasi bahan baku pada saat pembuatan kendaraan bermotor.

2.1.1. Sifat Serat Alam

Sifat serat yang ideal adalah serat yang kuat, kaku, dan ringan serta jika digunakan pada saat temperatur yang tinggi maka seharusnya serat juga memiliki temperatur cair yang tinggi

Material yang memiliki nomer atom yang kecil dan ikatan kovalen biasanya memiliki modulus spesifikasi tinggi seperti carbon dan boron, bahan tersebut juga memiliki temperatur cair yang tinggi.

2.1.2. Aspek Rasio Serat Alam

Secara garis besar, semakin besar rasio antar panjang serat dan diameter serat maka semakin baik sifatnya, serta diameter serat yang kecil mampu mengurangi cacat permukaan yang menyebabkan kerapuhan.

2.1.3. Orientasi Serat Alam

Pengaruh orientasi serat terhadap sifat tidak terlepas dari beban yang diberikan, kekuatan dan kekakuan optimum tercapai apabila serat berkelanjutan searah serta beban yang searah dengan arah serat.

2.1.4. Fraksi Volume Serat Alam

Fraksi volume serat adalah perbandingan antara volume serat dengan volume komposit. Semakin besar fraksi volume serat maka semakin bertambah kekuatan dan kekakuan komposit. Secara umum fraksi volume serat ,maksimum adalah 80% ketika tidak semua serat dikelilingi oleh matrik.

Fraksi volume serat (V_f) dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

$$v_f = \frac{w_f}{\rho_f} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\rho_f = \frac{m_u}{m_u - m_m} \rho_m \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

m_u : Berat serat di udara (gram)

m_m : Berat serat dalam minyak tanah (gram)

ρ_m : Berat jenis minyak tanah (minyak tanah = 0,83 g/cm³)

w_f : Berat serat pada komposit (gram)

v_c : volume komposit (cm³)

ρ_f : Berat jenis serat (g/cm³)

v_f : Volume serat (cm³)

V_f : Fraksi volume serat (%)

2.¹ Kaw, 1997

2.² Kaw, 1997

2.³ Archimedes

2.2. Serat Nanas

Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas Cosmosus, (termasuk dalam *Family Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Menurut sejarah, tanaman ini berasal dari Brazilia dan dibawa ke Indonesia oleh para pelaut Spanyol dan Portugis sekitar tahun 1599. Di Indonesia tanaman tersebut sudah banyak dibudidayakan, terutama di pulau Jawa dan Sumatera yang antara lain terdapat di daerah Subang, Majalengka, Purwakarta, Purbalingga, Bengkulu, Lampung dan Palembang, yang merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup berpotensi.

Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Tergantung dari species atau varietas tanaman, panjang daun nanas berkisar antara 55 sampai 75 cm dengan lebar 3,1 sampai 5,3 cm dan tebal daun antara 0,18 sampai 0,27 cm. Di samping species atau varietas nanas, jarak tanam dan intensitas sinar matahari akan mempengaruhi terhadap pertumbuhan panjang daun dan sifat atau karakteristik dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan mirip sutera. *Physical Characteristics* serat nanas dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Physical Characteristics Serat Nanas

Varietas Nanas	Physical Characteristics		
	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (cm)
Assam Local	75	4.7	0.21
Cayenalisa	55	4.0	0.21
Kallara Local	56	3.3	0.22
Kew	73	5.2	0.25
Mauritius	55	5.3	0.18
Pulimath Local	68	3.4	0.27
Smooth Cayenne	58	4.7	0.21
Valera Moranda	65	3.9	0.23

Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun

**Gambar 2.1. Tumbuhan Nanas**

Pengambilan serat daun nanas pada umumnya dilakukan pada usia tanaman berkisar antara 1 sampai 1,5 tahun. Serat yang berasal dari daun nanas yang masih muda pada umumnya tidak panjang dan kurang kuat. Serat yang dihasilkan dari tanaman nanas yang terlalu tua, terutama tanaman yang pertumbuhannya di alam terbuka dengan intensitas matahari cukup tinggi tanpa pelindung, akan menghasilkan serat yang pendek kasar dan getas atau rapuh. Untuk mendapatkan serat yang kuat, halus dan lembut perlu dilakukan pemilihan pada daun-daun nanas cukup dewasa yang pertumbuhannya sebagian terlindung dari sinar matahari.

2.3. Matrik

Matrik dalam teknologi komposit didefinisikan sebagai suatu material yang berfungsi sebagai pengisi dan pengikat yang mendukung, melindungi dan dapat mendistribusikan beban dengan baik ke material penguat komposit. Temperatur cair matrik yang rendah membatasi penggunaan komposit pada temperatur yang tinggi. Matrik bila dikombinasikan dengan serat berpenguat, maka sifat-sifat yang lainnya dapat diperoleh.

Matrik polimer termoplastik maupun termoset seperti polyster, epoxy, aromatic polyemides hanya dapat digunakan pada temperatur yang rendah. Berdasarkan fasa matrik komposit dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. PMC (*Polymers Matrix Composite*)

Polymers Matrix Composite merupakan komposit yang menggunakan material polimer sebagai matrik.

2. CMC (*Ceramics Matrix Composite*)

Ceramics Matrix Composite merupakan komposit yang menggunakan material keramik sebagai matrik

3. MMC (*Metals Matrix Composite*)

Metals Matrix Composite merupakan komposit yang menggunakan material logam (Alloy) sebagai matrik.

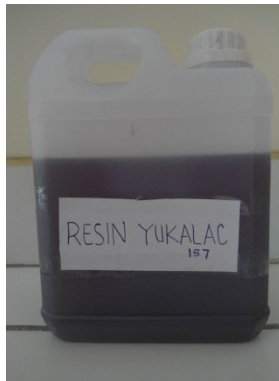
2.4. Polimer

Polimer berasal dari kata *poly* yang berarti banyak dan *meros* yang berarti bagian, jika suatu polimer berarti rantai berulang dari atom yang panjang terbentuk dari pengikat yang berupa molekul-molekul identic yang disebut monomer. Polimer terbentuk dari hidrokarbon dimana atom karbon sebagai tulang punggung dalam rantai ikatan kimianya.

Resin juga termasuk salah satu polimer anorganik yang pada umumnya digunakan untuk manufaktur struktur, karena sifat-sifat mekaniknya tidak begitu baik bila dibandingkan dengan logam dan akan tetapi memiliki sifat-sifat ataupun kemampuan untuk mudah dibentuk menjadi sesuai bentuk yang diinginkan.

Jenis resin polyster apabila dikombinasikan dengan serat penguat maka sifat-sifat yang lainnya terpenuhi. Matrik resin berguna untuk menyebarkan beban yang diaplikasikan pada komposit, melindungi serat dari kerusakan serta sifat dari resin

yaitu mudah dibentuk, kekakuannya yang tinggi dan berat jenis yang rendah sehingga akan menghasilkan komposit dengan kualitas yang lebih baik.



Gambar 2.2. Resin Yukalac 157 BQTN

Berdasarkan sifat-sifat polimer dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Polimer Thermoplastic

Polimer Thermoplastic merupakan polimer yang dapat dibentuk kembali (*recycleable*) melalui proses pemanasan dan kembali menjadi keras apabila didinginkan. Contoh: *Polyvinyl Chloride*, *Polyethylene* dan *Polieter Sulfon*.

2. Polimer Thermoset

Polimer Thermoset merupakan polimer yang tidak dapat dibentuk kembali apabila sudah mengalami proses pemanasan. Contoh: *Epoksida*, *Bismalaimida* dan *Poliimida*.

3. Elastomer

Elastomer merupakan polimer yang dapat kembali ke bentuk semula setelah tegangan yang diberikan dihilangkan.

2.5. Polyester

Poliester adalah polimer *thermosetting* yang terbentuk jika dicampur dengan *catalyzing agent* atau yang biasa disebut dengan “*hardener*”. *Polyester* dikenal karena daya *adhesinya* yang sangat baik, daya tahan panas yang cukup tinggi, serta mempunyai sifat mekanik (*Mechanical Properties*) dan sifat isolasi listrik yang baik. *Polyester* telah dipergunakan secara umum oleh masyarakat pada bidang otomotif dan industri. Harga *polyester* yang relatif murah dengan daya *adhesi* yang baik menjadi alasan bagi masyarakat untuk menggunakannya sebagai penguat serat (*fiber reinforcement*) pada *fiberglass* atau sebagai bagian dari komposit.

Resin polyster merupakan jenis material polimer *thermosetting*. Matriks ini dapat menghasilkan keserasian antara matrik dengan serat melalui mengontrol factor jenis dan jumlah komponen, katalis, waktu dan suhu. Sifatnya yang tahan dengan *creep*, sangat memadai sebagai perekat struktur berbeban berat, tahan dengan radiasi serta tahan dengan kondisi suhu yang tinggi (Hartomo,1992).

Dalam penelitian ini, jenis material *polyester* yang dipilih sebagai bahan matriks adalah jenis *unsaturated polyester resin* dengan merek dagang *Yukalac 157 BQTN*, dengan data teknis seperti pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2. Sifat Mekanis *Unsaturated Polyester Yukalac 157 BQTN*

No	Sifat Mekanis	Nilai
1	Densitas (ρ)	1,2 g/cm ³
2	Kekuatan Tarik (σ)	12,07 N/mm ²
3	Modulus Elastisitas (E)	1,18 x 10 ³ N/mm ²
4	Poison Rasio (ν)	1,2 %

Sumber: Taurista, dkk, 2003

2.6. Additive

Penggunaan polimer dalam komposit sering membutuhkan material tambahan lain yang mempunyai fungsi khusus yang disebut dengan *additive*.

Berdasarkan fungsinya, material tambahan polimer dalam komposit atau *additive* tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Catalist, Stabilizers dan Coupeling Agents

Merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk mempercepat, menstabilkan dan membantu perekatan polymer dengan fasa penguat komposit.

2. Pigment

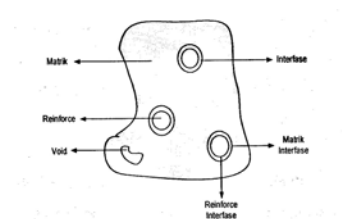
Digunakan untuk memberi tekstur dan warna pada polymer.

3. Releasing Agents dan Lubricants

Merupakan material yang ditambahkan untuk mempermudah dalam proses produksi komposit seperti gliserin, lilin, coating dan sebagainya.

2.7. Komposit

Suatu material komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua material atau lebih yang digabungkan atau disatukan secara bersamaan pada skala makroskopik membentuk suatu produk yang berguna, yang didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat terbaik (Jacobs dan Kilduff, 2005). Penguat biasanya bersifat elastis, dan mempunyai kekuatan tarik yang baik namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi, sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat material penyusunnya. Di dalam komposit dapat terbentuk interphase yaitu fase diantara fase matrik dan penguat yang dapat timbul akibat interaksi kimia antara fase matrik dan fase penguat.

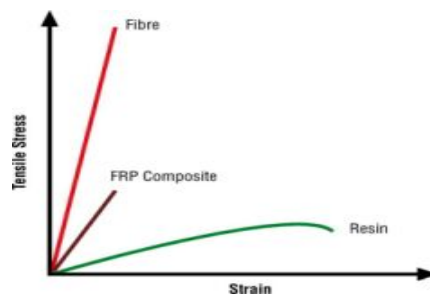


Gambar 2.3. Fase-Fase Dalam Komposit

Sumber: Jacobs dan Kilduff, 2005

Semakin berkembangnya teknologi memungkinkan komposit dapat didesain sedemikian rupa sesuai dengan karakteristik material yang diinginkan sehingga dapat dibuat menjadi lebih kuat, ringan dan kaku. Dengan beberapa kelebihan tersebut, menyebabkan komposit banyak diaplikasikan dalam peralatan-peralatan teknologi tinggi di bidang industri, transportasi dan konstruksi bangunan.

Karena komposit adalah kombinasi sistem resin dan serat penguat, maka sifat-sifat yang dimiliki komposit adalah kombinasi dari sifat sistem resin dan serat penguatnya, seperti grafik berikut :



Gambar 2.4. Grafik Hubungan *Strain-Tensile Stress*

Sumber: Philips, 1989

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan, yaitu:

1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Komposit serat (*Fibrous Composites*) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid (poly aramide)*, dan sebagainya.

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Komposit berpenguat serat di bedakan menjadi beberapa bagian antara lain:

a. Continuous Fiber Composites

Komposit yang diperkuat dengan serat secara berurutan (*Continuous*) memiliki susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.

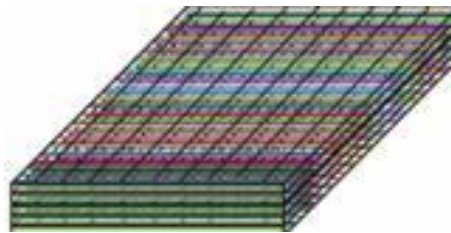


Gambar 2.5.*Continuous Fiber Composites*

Sumber: Gibson, 1994

b. Woven Fiber Composites

Komposit yang diperkuat dengan serat anyaman dan komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan, akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan serta kekauannya tidak sebaik tipe *Continuous Fiber*. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.

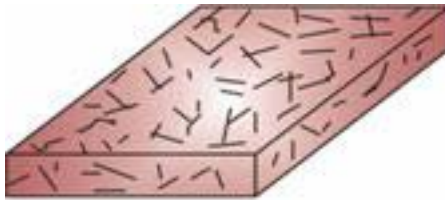


Gambar 2.6. *Woven Fiber Composites*

Sumber: Gibson, 1994

c. Chopped Fiber Composites

Komposit yang diperkuat dengan serat yang dipotong pendek atau disusun secara acak. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.

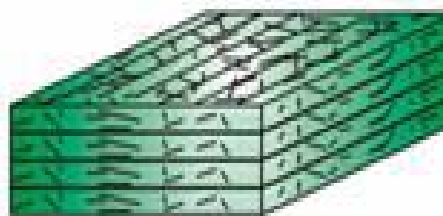


Gambar 2.7. *Chopped Fiber Composites*

Sumber: Gibson, 1994

d. Hybrid Composites

Komposit yang diperkuat dengan beberapa gabungan serat yaitu serat secara *continuous* dengan serat secara acak. Pertimbangannya agar dapat meminimalisir kekurangan sifat dari kedua tipe dan menggabungkannya menjadi satu. Contoh pada **Gambar 2.8.**

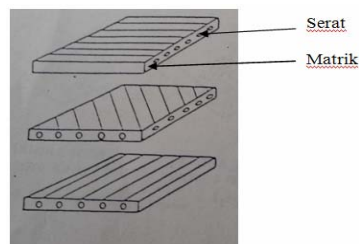


Gambar 2.8.*Hybrid Composites*

Sumber: Gibson, 1994

2. Komposit Laminat (*Laminated Composites*)

Komposit laminat (*Laminated Composites*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.9.**

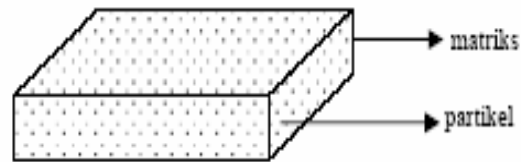


Gambar 2.9.*Laminated Composites*

Sumber: Jones, 1975

3. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel (*Particulate Composites*) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10.*Particulate Composites*

Sumber: Taurista, 2003

Berdasarkan bentuk dari fasa penguatnya, komposit dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

1. FRC (*Fiber Reinforced Composite*), merupakan komposit yang fasa penguatnya berupa serat. Contohnya: serat gelas dalam matrik polimer (GFRP) dan serat karbon dalam matrik polimer (CFRP).
2. LRC (*Laminar Reinforced Composit*), merupakan komposit yang fasa penguatnya berupa lapisan atau lembaran yang direkatkan. Contohnya: *Playwood*.
3. PRC (*Particels Reinforced Composite*), merupakan komposit yang fasa penguatnya berupa partikel atau butiran. Contohnya: Beton, merupakan bahan bangunan yang terbentuk dari kerikil dan pasir dalam matrik semen.

2.7.1. Fiber Reinforced Composite (FRC)

Berdasarkan jenisnya, serat penguat untuk komposit dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Serat Buatan (*Sintetic Fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang dibuat dari bahan-bahan kimia. Contohnya : serat gelas (*fiber glass*), serat optic (*fiber optic*), serat polyester (*polyester fiber*), dan lain-lain.
2. Serat Alami (*Natural Fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang merupakan serat alami dari hasil alam. Serat alami dapat berasal dari hewani walaupun pada umumnya kebanyakan berasal dari tumbuh-tumbuhan. Contoh : bulu domba (hewani), serat bambu dan serat pisang (tumbuhan), dan lain-lain.

2.8. Uji Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan data tegangan tarik, kekuatan tarik, modulus elastisitas, regangan dari material. Pengujian ini mengikuti standar ASTM D3039 untuk kompositnya, sedangkan pengujian serat tunggalnya mengikuti standar ASTM C1557.

Data yang diperoleh dari pengujian ini dinyatakan dalam grafik tegangan regangan (*stress-strain*). Pada saat batang uji menerima beban sebesar P (N) maka batang uji akan bertambah panjang sebesar Δl (mm). Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan serat dan matrik

sempurna. Pergeseran antara serat dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi serat sama dengan deformasi matrik. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

1. Tegangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_t = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

σ_t = Tegangan Tarik (MPa)

A_0 = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

P = Beban Tarik yang Diterima (N)

2. Regangan dapat dihitung dengan Persamaan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{(l_i - l_0)}{l_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

ε = Elongasi (%)

l_0 = Panjang ukur sebelum Pengujian (mm)

l_1 = Panjang ukur setelah pengujian (mm)

3. Modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan:

2.⁴Stress-Strain, Smith, 1986

2.⁵Stress-Strain, Callister 1986

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas benda (GPa)

σ = Tegangan tarik di daerah elastis (MPa)

ε = Regangan daerah elastis (%)

4. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_c = v_f \times \sigma_f + v_m \times \sigma_m \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

σ_c = Kekuatan tarik komposit (MPa)

v_f = Fraksi volume serat (%)

σ_f = Tegangan tarik serat (Mpa)

v_m = Fraksi volume matriks (%)

σ_m = Tegangan tarik matriks (Mpa)

ε_m = Regangan tarik matriks (%)

2.⁶Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol.9, No.2, 2006: 199-207

2.⁷ Stress-Strain , Shackelford 1992

Rule Of Mixtures