

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Brian (2004) melakukan penelitian tentang aplikasi dan desain *fiber pull out* untuk mengontrol antar muka serat dengan polimer. Pengujian ini digunakan untuk menentukan ketangguhan fraktur *interfacial* serat tunggal/epoksi. Spesimen tersebut digabungkan menjadi satu dengan demikian dapat mengubah kekuatan *interfacial* pada antar muka serat/epoksi.

Jafar, (2010) dari pengujian tarik serat serabut kelapa/epoksi diketahui bahwa Semakin tinggi fraksi volume serat semakin meningkatkan kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik. Dengan bertambahnya fraksi volume serat serabut kelapa akan menaikkan juga kekuatan tariknya. Kekuatan tarik tertinggi terletak pada  $V_f = 55,6\%$  sebesar 30,77 MPa, dan terendah pada  $V_f = 20\%$  yaitu sebesar 17,59 MPa. Pada regangan tarik, nilai tertinggi terletak pada  $V_f = 31,7\%$  sebesar 0,41 mm/mm dan terendah pada  $V_f = 0\%$  sebesar 0,18 mm/mm. Untuk harga modulus elastisitas tertinggi terletak pada  $V_f = 0\%$  dan pada  $V_f = 55,6\%$ . Dari analisis foto makro diperoleh bentuk kegagalan yaitu pada  $V_f = 9,8\%$  bentuk patahnya adalah patah tunggal dan terjadi *fiber pull pout*, pada  $V_f = 20\%$  terjadi patah banyak disertai *fiber pullout*,  $V_f = 31,7\%$  terjadi patah tunggal dan *fiber pullout*, sedangkan pada  $V_f = 40\%$  terjadi patah banyak dan *fiber pullout* pada setiap spesimen.

Nairn dkk (2001) melakukan penelitian tentang analisis mekanika perpatahan pada pengujian *fiber pull out* serat tunggal dan pengujian *microbond* termasuk pengaruh gesekan dan tegangan termal. Temuan utamanya adalah analisis yang akurat dapat dilakukan dengan analisis global yang mencakup pengaruh tegangan sisa dan gesekan pada *interface*.

#### 2.2 Material Komposit

Material suatu struktur dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori dasar yaitu: logam, polimer, keramik dan komposit. Komposit adalah kombinasi antara

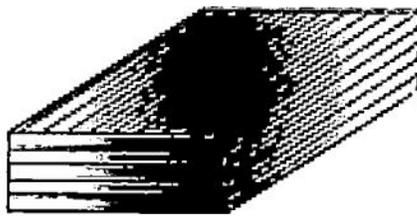
dua atau lebih dari tiga bahan yang berbeda yang tidak larut satu dengan yang lain dan memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Schwartz, 1984).

Tujuan dari penggabungan material ini adalah untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Komposit merupakan bahan multifasa yang terbentuk secara alami. Matrik berfungsi sebagai pengikat serat. Serat inilah yang menentukan karakteristik komposit seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain. Menurut Jones (1975) Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu: Komposit serat (*Fibrous Composites*), Komposit partikel (*Particulate Composites*), Komposit lapis (*Laminates Composites*).

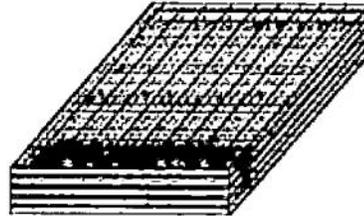
#### 1. Komposit serat (*Fibrous Composites*).

Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan karena serat lebih kuat daripada penguat partikel. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi volume dan pelindung serat-serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antara serat-serat. Kekuatan komposit serat ditentukan oleh aktifitas ikatan kimia atau ikatan mekaniknya. Ikatan yang kurang baik antara serat dan matrik dapat menyebabkan kegagalan (Schwartz, 1984).

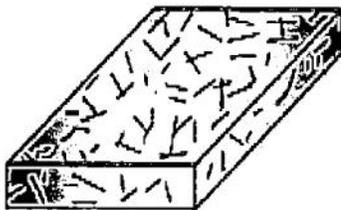
Lamina adalah kumpulan beberapa serat satu arah *unidirectional* atau *woven* berbentuk pelat yang sudah dibenamkan dalam matriks. Sebuah lamina biasanya terlampau tipis untuk dipergunakan langsung dalam aplikasi *engineering*. Beberapa lamina dapat disatukan bersama-sama membentuk suatu struktur yang diberi nama laminat. Sifat serta orientasi lamina dalam suatu laminat dipilih untuk bisa memenuhi persyaratan desain. Sifat-sifat laminat ditentukan oleh sifat lamina penyusunnya., contoh beberapa bentuk lamina dapat dilihat pada Gambar 2.1. (Gibson, 1994).



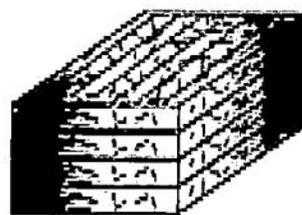
a. Continuous fiber composite



b. Woven fiber composite



c. Chopped fiber composite

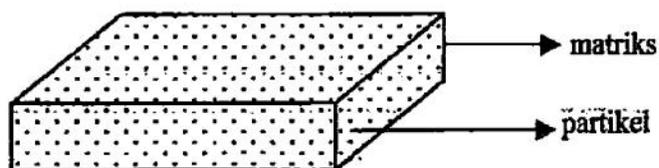


d. Hybrid composite

**Gambar 2.1.** Komposit serat (Gibson, 1994)

## 2. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Contoh komposit partikel dapat dilihat pada Gambar 2.2.



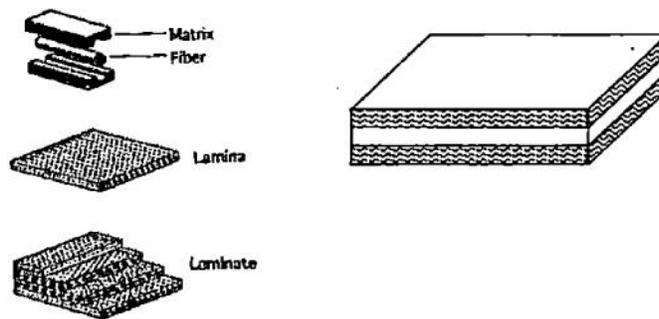
**Gambar 2.2.** *Particulate Composite* (Gibson, 1994)

Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang kerap disebut partikel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang dibenamkan dalam suatu matriks dengan material yang berbeda. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matriks. Selain itu adapula polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan

untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat. (Jones, 1975).

### 3. Komposit Lapis (*Laminates Composites*).

Merupakan jenis komposit terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Laminated Composites* (Gibson, 1994)

Laminat merupakan pelat yang terdiri dari dua atau lebih lapisan lamina yang digabung bersama membentuk struktur yang integral. Laminat dibuat agar elemen struktur mampu menahan beban *multiaksial*, sesuatu yang tidak dapat dicapai dengan lapisan tunggal. Lapisan tunggal hanya kuat pada arah seratnya, tetapi sangat lemah pada arah tegak lurus arah seratnya. Oleh karena itu lapisan tunggal hanya cocok untuk beban *uniaksial*, sedangkan untuk menahan beban *multiaksial*, lapisan tersebut harus digabung dengan lapisan lain yang berbeda arah dengan lapisan yang pertama. Dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasa digunakan untuk panel sayap pesawat dan badan pesawat (Jones, 1999).

Komposit serat (*fibrous composite*) Menurut bentuk material dan penyusunannya, merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan karena komposit serat lebih kuat dari pada bentuk butiran. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi *volume* dan pelindung serat-serat untuk

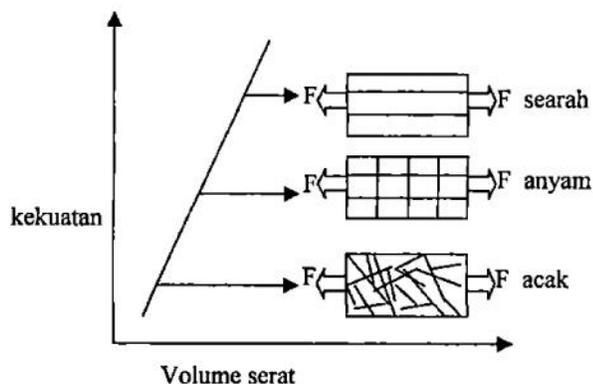
mendistribusikan gaya atau beban antar serat. Ketika serat terputus karena beban, matrik akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus tersebut ke ujung serat yang lain. Mekanisme penerusan beban ini melalui tegangan geser pada *interface* yang menahan tarikan pada ujung serat yang putus. Kekuatan komposit serat ditentukan oleh aktifitas ikatan antara serat dan matrik terhadap tegangan kritis. Ikatan ini dapat berupa ikatan kimia atau ikatan mekanik. Ikatan yang kurang baik antara serat dan matrik dapat menyebabkan kegagalan dini (Schwartz, 1984).

### 2.3. Material Pembentuk Komposit FRP (*Fiber reinforced plastik*)

#### 2.3.1. Serat

Serat merupakan material penguat pada komposit dan berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat dan komposisi serat merupakan faktor yang paling penting untuk menentukan kekuatan komposit serat. Semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, kekuatan mekanis (*strength*) semakin besar. (Schwartz, 1984).

Gambar 2.4 dibawah menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka kecenderungan kekuatan komposit semakin tinggi.



**Gambar 2.4.** Grafik hubungan antara kekuatan dan susunan serat (Gibson, 1994)

Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu : serat sintetis dan serat alami. Serat sintetis adalah serat yang terbuat dari bahan-bahan organik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu :

sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama disepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain : serat gelas, serat karbon, optik, nylon dan lain-lainnya. (Jones, 1975).

Serat alami adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia, diantaranya adalah : kapas, wol, sutera, aren, kelapa sawit, dan lain-lainnya. Serat alami mempunyai kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984).

Serat alami dari tanaman yang biasa digunakan sebagai serat penguat material komposit antara lain kenaf, flax, rami, ijuk, serat daun aren, bambu, dan sabut kelapa . Kualitas serat alami pada umumnya sangat tergantung pada umur pohon, tempat menanam dan waktu memanennya, prosedur pemisahan serat dengan batang atau unsur bukan serat dan perlakuan yang diberikan. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan komposisi kimia beberapa serat alam.

**Tabel 2.1.** Komposisi unsur kimia serat alam

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar air (%)
Enceng gondok	64-51	15,61	7,69	92,6
Pisang	60-65	6-8	5-10	10-15
Sabut kelapa	43	<1	45	10-12
Flax	70-72	14	4-5	7
Jute	61-63	13	5-13	12,5
Rami	80-85	3-4	0,5	5-6
	60-67	10-15	8-12	10-12
	70-78	18-19	4-5	10-11
		6	-	7

sifat dan ukuranya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama disepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain : serat gelas, serat karbon, optik, nylon dan lain-lainya.(Jones, 1975).

Serat alami adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia, diantaranya adalah : kapas, wol, sutera, aren, kelapa sawit, dan lain-lainya. Serat alami mempunyai kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984).

Serat alami dari tanaman yang biasa digunakan sebagai serat penguat material komposit antara lain kenaf, flax, rami, ijuk, serat daun aren, bambu, dan sabut kelapa . Kualitas serat alami pada umumnya sangat tergantung pada umur pohon, tempat menanam dan waktu memanennya, prosedur pemisahan serat dengan batang atau unsur bukan serat dan perlakuan yang diberikan. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan komposisi kimia beberapa serat alam.

**Tabel 2.1.** Komposisi unsur kimia serat alam

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar air (%)
Enceng gondok	64-51	15,61	7,69	92,6
Pisang	60-65	6-8	5-10	10-15
Sabut kelapa	43	<1	45	10-12
Flax	70-72	14	4-5	7
Jute	61-63	13	5-13	12,5
Rami	80-85	3- 4	0,5	5-6
Sisal	60-67	10-15	8-12	10-12
Sun hemp	70-78	18 -19	4-5	10-11
Cotton	90	6	-	7

Sumber : *Building Material and Technology Promotion Council (1998)*

Serat-serat tersebut pada umumnya diperoleh dengan cara pelarutan lignin atau bahan pengikat serat dengan cara merendam dalam air selama beberapa hari atau dengan menggunakan bahan alkali pada umumnya larutan sampai dengan 15% NaOH, sehingga tersisa seratnya. Serat tersebut kemudian disisir dan dicuci sehingga relatif bersih dari unsur bukan serat. Bentuk penampang lintang serat alam pada umumnya tidak benar-benar bulat, namun ada unsur kelongongannya.

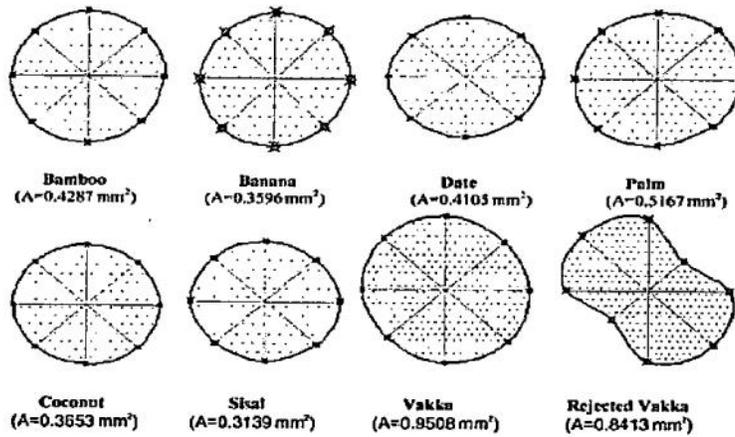
Karena serat-serat tersebut pada umumnya tidak tahan suhu tinggi, maka matrik yang banyak digunakan adalah polimer, sehingga fabrikasi material kompositnya bisa dilakukan pada suhu relatif rendah.

Beberapa kelebihan serat alami antara lain :

1. Bahan bakunya terbarukan.
2. Massa jenisnya rendah.
3. Tidak abrasif.
4. Tidak sensitif terhadap retakan.
5. Tidak menyebabkan iritasi pada kulit.
6. Limbahnya mudah terurai di alam.
7. Merupakan konduktifitas kalor yang baik.

Kekurangannya adalah:

1. Sifat mekanisnya relatif rendah dibandingkan dengan serat sintetis.
2. Laju penyerapan uap airnya relatif tinggi.
3. Tidak tahan terhadap suhu tinggi.
4. Walau dari satu jenis, namun sifat-sifatnya sangat bervariasi.



**Gambar 2.5.** Bentuk dan ukuran beberapa jenis serat alami (Rao, 1987)

**Tabel 2.2.** Kadar air (%) dan massa jenis (kg/m<sup>3</sup>) serat alami pada cuaca normal

Jenis Serat Alami	Kadar Air	Massa Jenis	Jenis Serat Alami	Kadar Air	Massa Jenis
Pelepah Aren	12,09	810	Ijuk	12,8	1030
Daun Kurma	10,67	990	Sabut Kelapa	11,36	1150
Pelepah Kurma	9,55	960	Batang Pisang	10,71	1350
Bambu (Sisi Luar)	9,16	910	Sisal	9,76	1450
Bambu (Sisi Dalam)	10,14	890	---	---	---

Sumber: (Rao, 2007)

**Tabel 2.3.** Ukuran panjang dan diameter serat

Serat	Panjang (mm)	Diameter	Serat	Panjang (mm)	Diameter
Bambu	-	0,1-0,4	Flax	500	NA
Pisang	-	0,8-0,4	Jute	1800-3000	0,1-0,2
Sabut	50-350	0,1-0,4	Kenaf	30-750	-
sisal	-	0,5-2	---	---	---

Sumber: Syafiisab (2010), *Building Material and Technology Promotion Council* (1998)

**Tabel 2.4.** Sifat mekanis beberapa jenis serat alam

Jenis Serat Alami	(%)	$\sigma$ (MPa)	$E$ (GPa)	$\sigma'$ (Mpa/(kg.m <sup>3</sup> ))	$E'$ (Gpa/(kg.m <sup>3</sup> ))
Pelepah Aren	3,46	549	15,85	0,6678	19,56
Daun Kurma	2,73	309	11,32	0,3121	11,44
Pelepah Kurma	24,00	459	1,91	0,4781	1,99
Bambu (Sisi Luar)	1,40	503	35,91	0,5527	39,47
Bambu (Sisi Dalam)	1,73	341	19,61	0,3831	22,10
Ijuk	13,71	377	2,75	0,3660	2,67
Sabut Kelapa	20,00	500	2,50	0,4348	2,17
Batang Pisang	3,36	600	17,85	0,4444	13,22
Sisal	5,45	567	10,40	0,3910	7,17

Sumber : (Rao, 2007)

### 2.3.1.1. Serat Sabut Kelapa

Serat sabut kelapa bagi negara-negara tetangga penghasil kelapa sudah merupakan komoditi ekspor yang memasok kebutuhan dunia yang berkisar 75,7 ribu ton pada tahun 1990. Indonesia walaupun merupakan negara penghasil kelapa terbesar di dunia, pangsa pasar serat sabut kelapa masih sangat kecil. Kecenderungan kebutuhan dunia terhadap serat kelapa yang meningkat dan perkembangan jumlah dan keragaman industri di Indonesia yang berpotensi dalam menggunakan serat sabut kelapa sebagai bahan baku / bahan pembantu, merupakan potensi yang besar bagi pengembangan industri pengolahan serat sabut kelapa.

Sebagai negara kepulauan dan berada di daerah tropis dan kondisi agroklimat yang mendukung, Indonesia merupakan negara penghasil kelapa yang utama di dunia. Pada tahun 2000, luas areal tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3,76 juta Ha, dengan total produksi diperkirakan sebanyak 14 milyar butir kelapa, yang sebagian besar (95 persen) merupakan perkebunan

rakyat. Sabut kelapa merupakan hasil samping yang meliputi sekitar 35 persen dari bobot buah kelapa. Dengan demikian, apabila secara rata-rata produksi buah kelapa per tahun adalah sebesar 5,6 juta ton, maka berarti terdapat sekitar 1,7 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan. Potensi produksi sabut kelapa yang sedemikian besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambahnya.

Serat sabut kelapa, atau dalam perdagangan dunia dikenal sebagai Coco Fiber, Coir fiber, coir yarn, coir mats, dan rugs, merupakan produk hasil pengolahan sabut kelapa. Secara tradisional serat sabut kelapa hanya dimanfaatkan untuk bahan pembuat sapu, keset, tali dan alat-alat rumah tangga lain. Perkembangan teknologi, sifat fisika-kimia serat, dan kesadaran konsumen untuk kembali ke bahan alami, membuat serat sabut kelapa dimanfaatkan menjadi bahan baku industri karpet, jok dan dashboard kendaraan, kasur, bantal, dan hardboard. Serat sabut kelapa juga dimanfaatkan untuk pengendalian erosi. Serat sabut kelapa diproses untuk dijadikan Coir Fiber Sheet yang digunakan untuk lapisan kursi mobil, Spring Bed dan lain-lain. (<http://www.bi.go.id/sipuk/id/?id=4&no=51801&idrb=46001>).

Menurut data *Coconut Statistic Year Book* (1997), Indonesia memiliki luas areal kebun kelapa terbesar di dunia, yakni seluas 3,76 juta hektar (31,4%). Disusul secara berturut turut oleh Filipina yang memiliki luas areal 3,314 juta hektar (27,7%), India yang memiliki luas areal 1,886 juta hektar (15,8%), Srilangka yang memiliki luas areal 0,442 juta hektar (3,7%). Produksi kelapa Indonesia per tahun menempati urutan kedua, yakni sebanyak 12,915 milyar butir (24,4%). Posisi pertama ditempati oleh India dengan jumlah produksi 12,988 milyar butir (24,5%). Filipina di urutan ketiga dengan jumlah produksi sebesar 12,853 milyar butir (24,3%), Srilangka di urutan ke empat dengan jumlah produksi 2,63 milyar butir (5%). Ekspor serat sabut kelapa (coir fibre) Indonesia hanya mampu meraih 0,6% dari ekspor serat kelapa dunia atau sekitar 595 ton yang setara dengan 7,747 juta butir atau 0,06% dari produksi kelapa nasional. Srilangka menempati urutan pertama dengan meraih pangsa pasar ekspor serat sabut kelapa sebesar 50,3%, India di urutan ke dua dengan

meraih pangsa pasar 44,7% dan sisanya adalah Negara produsen kelapa lainnya.



**Gambar 2.6.** Serat sabut kelapa (<http://www.mygreenaustralia.com>)

### 2.3.2. Matrik (Resin)

Pada komposit serat, matrik mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu sebagai pengikat serat dan meneruskan beban diantara serat-serat (Schwartz, 1984). Matrik yang sering digunakan dalam memproduksi komposit FRP (*fiber reinforced plastic*) berwujud resin. Resin dibagi menjadi dua jenis yaitu:

#### 1. Resin Termoplastik

Termoplastik adalah bahan yang menjadi plastis karena pemanasan dan dikeraskan dengan pendinginan. Beberapa jenis termoplastik yang digunakan sebagai matrik pada komposit serat, misal: *nylon*, *polypropylene*, *polycarbonat*, dan lain-lainnya. (Gibson, 1994).

## 2. Resin Termoset

Termoset adalah bahan yang tidak menjadi plastis karena pemanasan dan tidak mencair. Jenis termoset antara lain: poliester, epoxy, phenolit. (Gibson, 1994).

*Voids* (gelembung udara) yang terjadi pada matrik sangatlah berbahaya, karena pada bagian tersebut *fiber* tidak didukung oleh matriks, sedangkan *fiber* selalu akan mentransfer tegangan ke matriks. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya *crack*, sehingga komposit akan gagal lebih awal. Kekuatan komposit terkait dengan *void* adalah berbanding terbalik yaitu semakin banyak *void* maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* komposit semakin kuat.

Dalam pembuatan sebuah komposit, matriks berfungsi sebagai pengikat bahan penguat, dan juga sebagai pelindung partikel dari kerusakan. Beberapa bahan matriks dapat memberikan sifat-sifat yang diperlukan sebagai keliatan dan ketangguhan. Berikut sifat mekanik dari beberapa material yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5. Sifat Umum Dalam Penggunaan Resin**

Resin	Massa jenis $\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	Modulus elastisitas E (MPa)	Modulus geser G (MPa)	Aspek rasio $\nu$	Tegangan tarik $\sigma$ (MPa)	Perpanjangan E (%)	Koefisien ekspansi termal $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	Koefisien konduktivitas termal $\lambda$ ( $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ )	Kapasitas panas C ( $\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ )	Batas suhu penggunaan $T_{\text{max}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Epoxy	1200	4500	1600	0,4	130	2 (100 $^{\circ}\text{C}$ ) 6 (100 $^{\circ}\text{C}$ )	$11 \times 10^{-5}$	0,2	1000	90-200
Phenolic	1300	3000	1100	0,4	70	2,5	$1 \times 10^{-5}$	0,3	1000	120-200
Polyester	1200	4000	1400	0,4	80	2,5	$8 \times 10^{-5}$	0,2	1400	60-200
Polycarbonate	1200	2400		0,35	60		$6 \times 10^{-5}$		1200	120
Vinylester	1150	3300			75	4	$5 \times 10^{-5}$			>100
Silicone	1100	2200		0,5	35					100-350
Urethane	1100	700-7000			30	100				100
Polymide	1400	4000-19000	1100	0,35	70	1	$8 \times 10^{-5}$	0,2	1000	250-300
Polypropylene (pp)	900	1200		0,4	30	20-400	$9 \times 10^{-5}$		330	70-140
Polyphenylene sulfone (pps)	1300	4000			65	100	$5 \times 10^{-5}$			130-250
Polyamide (pa)	1100	2000		0,35	70	200	$8 \times 10^{-5}$		1200	170
Polyether sulfone (pes)	1350	3000			85	60	$6 \times 10^{-5}$			180
Polyetherimide (pei)	1250	3500			105	60	$6 \times 10^{-5}$	0,2		200
Polyetheretherketone (peek)	1300	4000			90	50	$5 \times 10^{-5}$	0,3		140-250

Sumber : (Gay,dkk., 2003)

### 2.3.2.1. Poliester

Matrik poliester paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan dan harga relatif murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. Poliester dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79 °C atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya. Pembekuan poliester dapat dilakukan dengan penambahan katalis, kecepatan pembekuan (*curing*) ditentukan jumlah katalis yang ditambahkan (Schwartz, 1984).

Keuntungan lain matrik poliester adalah mudah dikombinasikan dengan serat, kestabilan dimensional, mudah penanganannya dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik. Secara luas poliester digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit (Surdia, 1999).

Mengenai sifat termalnya, karena mengandung *monomer stiren*, maka suhu deformasi termal poliester lebih rendah daripada resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya adalah kira-kira 110-140 °C, sedangkan ketahanan dingin relatif baik. Sifat listrik baik diantara resin termoset lainnya, tetapi diperlukan penghilangan kelembaman yang cukup pada saat pencampuran dengan serat (Surdia, 1990).

### 2.4. Katalis

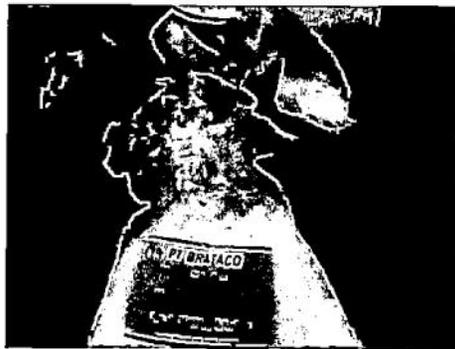
Bahan tambahan utama adalah katalis. Katalis merupakan zat *curing* (mengeraskan cairan resin) bagi sistem perekat. Pengeras bergabung secara kimia dengan bahan rekatannya. Pengeras dapat berupa *monomer*, *polymer* atau senyawa campuran. Katalis juga dipergunakan sebagai zat *curing* bagi resin termoset, mempersingkat waktu *curing* dan meningkatkan ikatan silang polimernya. Katalis berfungsi memulai dan mempersingkat reaksi *curing* pada temperatur terelevasi (*elevated temperature*) tanpa ikut bereaksi (Hartomo, 1992).

Semakin banyak katalis, reaksi *curing* akan semakin cepat. Tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas yang tinggi pada saat *curing* sehingga bisa merusak produk yang dibuat. Produk tersebut dapat menjadikan bahan komposit getas/rapuh. Oleh karena itu, pemberian katalis dibatasi kira –

kira 1% - 2% dari berat resin (*Justus Kimia Raya, 2001, Technical Data Sheet*). Salah satu katalis yang sering digunakan adalah MEKPO (*Metyl Ethyl Ketone Peroxide*).

## 2.5. Alkali (NaOH)

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran, atau larutan jenuh 50%. Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Sifat alami serat alam adalah *hydrophilic*, yaitu suka terhadap air, berbeda dengan polimer yang bersifat *hydrophobic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam *selulosa* telah diteliti dan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal (Bismarck dkk, 2002). Gambar 2.16. menunjukkan contoh serpih alkali NaOH.



Gambar 2.7. Serpih alkali NaOH

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basah kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. NaOH juga bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Menurut teori *Arrhenius*, basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit dan jika mengenai tangan terasa licin.

Penggunaan NaOH selain untuk komposit diantaranya:

1. Digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu.

2. Sebagai larutan *fehling* penguji makanan sebagai penguji larutan basa.
3. Digunakan sebagai basa pada proses produksi tekstil, air minum, sabun, dan detergen.

## 2.6. Antar Muka Serat/Matrik

Antar muka serat-matrik atau *interface* ditandai dengan adanya diskontinuitas. Perubahan sifat dari satu sisi ke sisi yang lainnya (serat ke matrik atau sebaliknya) perubahan sifat dapat berupa sifat fisis, mekanis, termal, dan/atau listrik (Chawla, 1987)

Sifat bawaan bahan pembentuknya dan sifat *interface* akan menentukan sifat mekanis komposit yang dihasilkan, selanjutnya akan menentukan keefektifan transfer beban dari suatu serat ke matrik di sekelilingnya (Agarwal, 1990)

Rekatan *interface* yang kuat ditinjau dari sudut pandang mekanika kekuatan material apabila rekatan *interface* suatu struktur komposit yang terbebani tarik, pada fraksi volum  $V_f$  rendah maka besar beban yang mampu diterima oleh serat akan lebih kecil dari yang diterima oleh matrik. Regangan puncak serat lebih besar dari pada regangan puncak matrik serat akan mengalami patah mendahului terjadinya retak awal pada matrik sehingga patahan yang terjadi adalah patah tunggal. Adanya rekatan *interface* yang kuat menyebabkan beban yang mampu diterima serat lebih besar dari pada yang dapat diterima matrik, matrik akan mengalami gagal geser memanjang arah serat dan menyebabkan patah brittle dengan banyak permukaan patahan (Agarwal, 1990).

Rekatan *interface* yang lemah maka *debonding* akan mulai terjadi, dan akan membentuk patahan banyak (Agarwal, 1990).

## 2.7. Ekstraksi serat sabut kelapa

Ekstraksi Serat dengan Perendaman, Perendaman bertujuan untuk memisahkan/mengekstraksi berkas-berkas serat dari sekam yang mengikatnya dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme. Caranya adalah dengan memasukkan sabut kelapa ke dalam kolam selama 1-3 bulan. Selama dalam perendaman ini, maka berbagai mikroorganisme akan berkembang dan sebagai

hasil kegiatannya maka jaringan sekam yang mengikat serat terutama terdiri atas pektin perlahan-lahan akan larut dan disertai dengan timbulnya bau yang kurang sedap. Banyaknya sabut yang direndam disesuaikan dengan bak yang tersedia. Oleh karena waktu yang diperlukan terlalu lama dan dibutuhkan bak yang sangat luas, maka cara ini dianggap kurang efektif dan efisien. (<http://www.sinartani.com/penyuluhan/mimbar-penyuluhan/1462.html>)

Ekstraksi serat menggunakan mesin, cara ini menggunakan pemukul besi atau paku yang dipasang pada drum yang berputar cepat. Hasilnya adalah serat berbulu yang bersih. Serat yang diekstraksi akan diperoleh 40% serat berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram sabut yang diekstraksi diperoleh sekam 70%, serat matras 18% dan serat berbulu 12%. Serat matras digunakan untuk bahan pengisi (jok), bahan penyaring, matras, dan sebagainya. Sedangkan serat berbulu sangat baik untuk dibuat sikat pembersih, sapu, keset, dan lainnya. (<http://www.sinartani.com/penyuluhan/mimbar-penyuluhan/1462.html>)

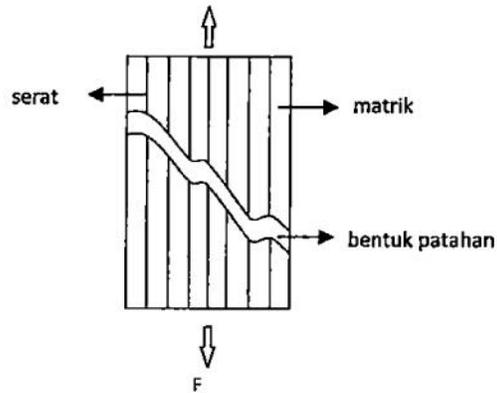
## **2.8. Karakteristik Patahan Pada Material Komposit**

atahnya material komposit dapat disebabkan oleh deformasi ganda, antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan serta struktur mikro komponen pembentuk komposit. Yang dimaksud struktur mikro adalah: diameter serat, fraksi volume serat, distribusi serat dan kerusakan akibat tegangan termal yang dapat terjadi selama fabrikasi atau dalam pemakaiannya. Kenyataan bahwa banyak faktor yang dapat menyebabkan proses 'retak pada komposit, maka tidaklah mengherankan jika mode gagal yang beragam dapat dijumpai pada suatu sistim komposit tertentu (Chawla, 1987).

### **2.8.1. Patah Banyak**

Ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interfance* masih baik, matrik mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila matrik mampu menahan gaya geser dan maneruskan beban ke serat yang lain maka

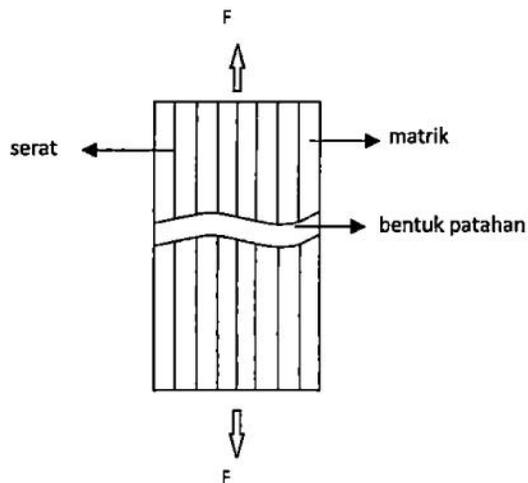
jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi pada lebih dari satu bidang seperti Gambar 2.7. (Schwartz, 1984).



**Gambar 2.8.** Patah Banyak (Schwartz, 1984)

### 2.7.2. Patah tunggal

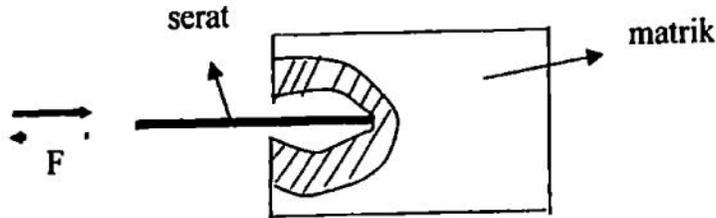
Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matrik mampu lagi menahan beban tambahan. Patahan terjadi pada satu bidang. tidak Gambar 2.8 dibawah ini menunjukkan patah tunggal (Schwartz, 1984).



**Gambar 2.9.** Patah Tunggal (Schwartz, 1984)

### 2.7.3. Debonding

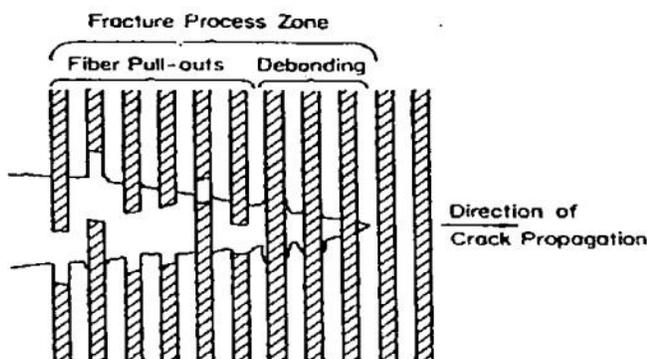
Adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak *rein* dengan serat, serat yang terlepas dari ikatan tidak lagi terbungkus oleh resin. Hal ini disebabkan gaya geser pada *interface* atau gaya tarik antara dua elemen yang saling kontak yang tidak mampu ditahan oleh resin, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9 (Schwartz, 1984).



Gambar 2.10. Debonding

### 2.7.4. Fiber Pull Out

Adalah tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposit masih mampu menahan beban yang mampu ditahan menurun. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat debonding dan patahnya serat, Gambar 2.10. (Schwartz, 1984).



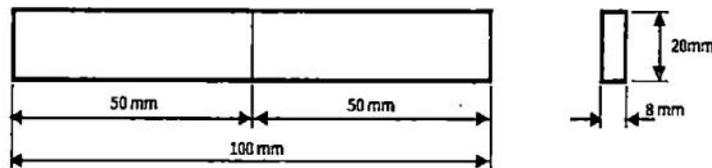
Gambar 2.11. Fiber pull out (Schwartz, 1984)

## 2.8. Pembebanan Tarik

Pada pengujian tarik sifat-sifatnya sangat dipengaruhi oleh laju tarikan. Sifat-sifatnya juga berubah karena temperatur, oleh karena itu dalam hal ini perlu perhatian yang cukup sebelum penggunaan bahan polimer. Bentuk spesimen ditunjukkan pada Gambar 2.12. Uji tarik bertujuan mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dengan pengujian tarik dapat diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang.

Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain: (Surdia dan Saito, 2005).

1. *Temperatur.* Pada resin termoplastik apabila temperatur dinaikkan, maka kekuatan tariknya akan turun.
2. *Kelembaban.* Pengaruh kelembaban ini akan mengakibatkan bertambahnya kadar air yang terabsorpsi, akibatnya akan menaikkan regangan patah, sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.
3. *Laju Tegangan.* Apabila laju tegangan dikurangi, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya menjadi kecil. Sedangkan jika laju tegangan dinaikkan, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangan patahnya mengecil.



Gambar 2.12. Gambar spesimen

### a. Tegangan Tarik

Besarnya tegangan tarik dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :  $\sigma$  = tegangan tarik (MPa)  
 $P$  = beban tarik maksimum (N)  
 $A$  = luas penampang ( $\text{mm}^2$ )

### b. Tegangan Geser

Besarnya tegangan geser dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{P}{L} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :  $\tau$  = tegangan geser (MPa)  
 $P$  = beban tarik maksimum (N)  
 $L$  = luas bidang geser ( $\text{mm}^2$ )

Untuk luas bidang geser dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = K \cdot l \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :  $L$  = luas bidang geser ( $\text{mm}^2$ )  
 $K$  = keliling serat (mm)  
 $l$  = panjang serat (mm)