

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Fajar (2008), tentang kekuatan impact komposit serat rami anyam dan acak/poliester tanpa perlakuan alkali dengan variasi fraksi volume serat 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, diperoleh harga impact tertinggi dimiliki oleh V_f 20% sebesar $0,119 \text{ J/mm}^2$ dan terendah pada komposit dengan V_f 40%. Hasil penelitian tersebut berbeda dengan hasil penelitian tentang ketangguhan impact pada komposit *geopolymer* serat kenaf anyam bermatrik UPRS dengan variasi fraksi volume serat 20%, 30%, 40%, dan 50% oleh Gusridi (2009) yang menyimpulkan bahwa nilai maksimum kekuatan impact terdapat pada fraksi volume serat 50% yaitu sebesar $8,725 \text{ J/mm}^2$. Perbedaan hasil penelitian juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Handayani (2009) tentang pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan impact komposit anyam 3D sabut kelapa/poliester dengan variasi fraksi volume serat 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Harga impact tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 40% sebesar $0,031 \text{ J/mm}^2$ dan terendah pada fraksi volume serat 50%.

Penelitian terdahulu tentang kekuatan impact komposit berpenguat serat rami dengan perlakuan alkali (NaOH) selama 2, 4, 6 dan 8 jam dengan fraksi volume serat 10% bermatrik poliester, pembuatan komposit dilakukan dengan pencetakan metode *hand lay up* menggunakan kaca sebagai cetakannya, diperoleh harga impact tertinggi terjadi pada perlakuan alkali 4 jam yaitu sebesar $0,0725 \text{ J/mm}^2$ (Nurkholis, 2008). Sedangkan penelitian oleh Diharjo (2006) tentang perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami/poliester menyimpulkan bahwa kekuatan dan regangan tarik komposit memiliki harga optimum pada perlakuan alkali 5% selama 2 jam, yaitu 190,27 Mpa. Komposit dengan perlakuan alkali 6 jam memiliki kekuatan terendah. Dan perbedaan juga terdapat pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Diparay, dkk (2001) tentang

Disimpulkan bahwa properti komposit serat jute akan berharga optimum pada perlakuan alkali 5% selama 2 jam. Pada lama perlakuan alkali yang sama harga tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas dari material komposit akan naik seiring dengan kenaikan fraksi berat serat.

Ditinjau dari penelitian yang telah dilakukan terdapat kecenderungan bahwa semakin tinggi fraksi volumenya maka akan semakin tinggi kekuatannya. Dengan perlakuan alkali 5% selama 2 jam diperoleh kekuatan paling optimal. Perendaman lebih dari 5% selama 2 jam dapat mengakibatkan ikatan pada *interface* antara serat dengan resin semakin kuat namun serat menjadi rapuh karena kemungkinan terjadinya pengikisan dinding luar.

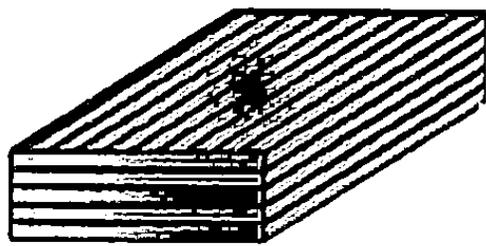
2.2. Kajian Teori Komposit

2.2.1. Pengertian Komposit

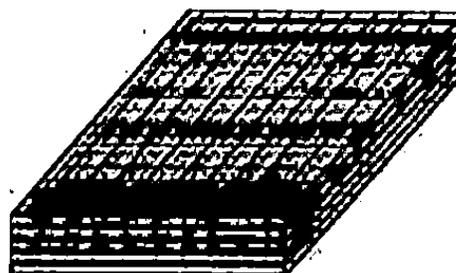
Material suatu struktur dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori dasar yaitu: logam, polimer, keramik dan komposit. Komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih bahan yang berbeda yang tidak larut satu dengan yang lain dan memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Schwartz, 1984).

Berdasarkan Manual Specification Standar (MSS), IPTN, tahun 1993, menyatakan bahwa terdapat tiga karakteristik yang identik atau khas yang dimiliki oleh komposit yaitu :

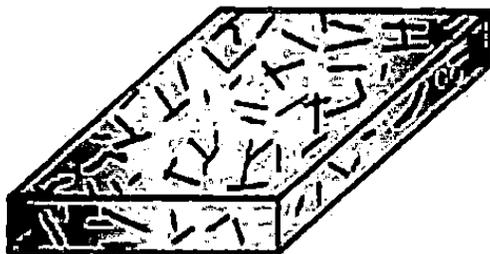
- a. Isotropik: sifat material tidak tergantung pada arah sumbu koordinat, sehingga sifat material pada arah sumbu-x, sumbu-y dan sumbu-z adalah sama. Termasuk dalam kelompok ini adalah logam pada umumnya, komposit partikel, komposit berserat pendek dengan arah dan distribusi serat secara acak/random.
- b. Ortotropik: sifat-sifat material pada dua sumbu yang saling tegak lurus sama, sedangkan pada arah satu sumbu lainnya berbeda. Misalnya komposit serat dengan arah serat tunggal (unidireksional), yang memiliki sifat istimewa pada arah memanjang serat dengan sifat pada sembarang arah di bidang tegak lurus



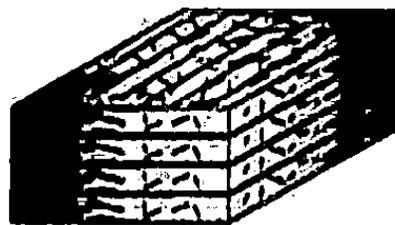
a. Continuous fiber composite



b. Woven fiber composite



c. Chopped fiber composite

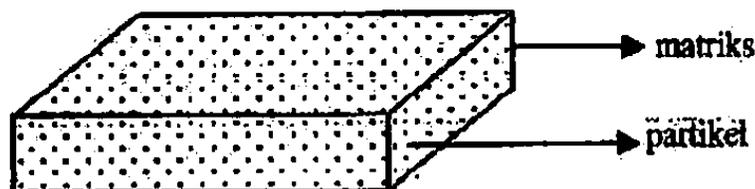


d. Hybrid composite

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 matriknya. Contoh komposit partikel dapat dilihat pada Gambar 2.2.



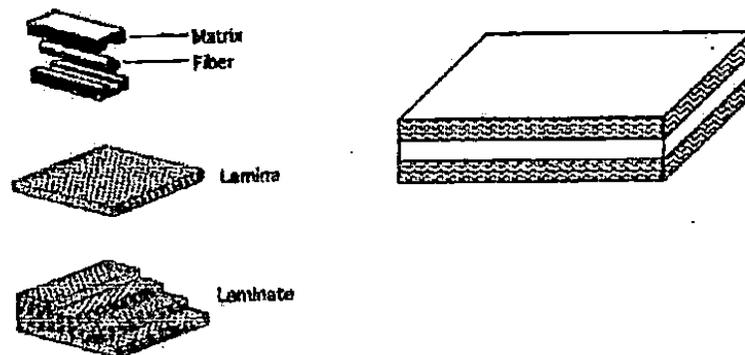
Gambar 2.2. *Particulate Composite* (Gibson, 1994)

Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang kerap disebut partikel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang ditanamkan dalam suatu matriks dengan material

yang berbeda. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matriks. Selain itu ada 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).

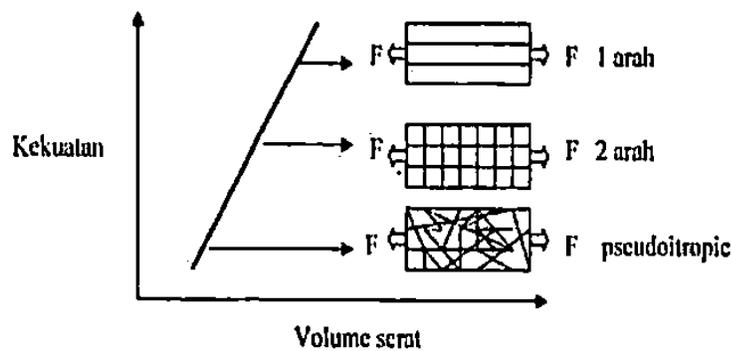
2.2.2. Komposit Serat (*fibrous composite*)

Menurut bentuk material dan penyusunannya, merupakan jenis komposit

di mana matriksnya adalah resin epoksi. 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 (Schwartz, 1984).

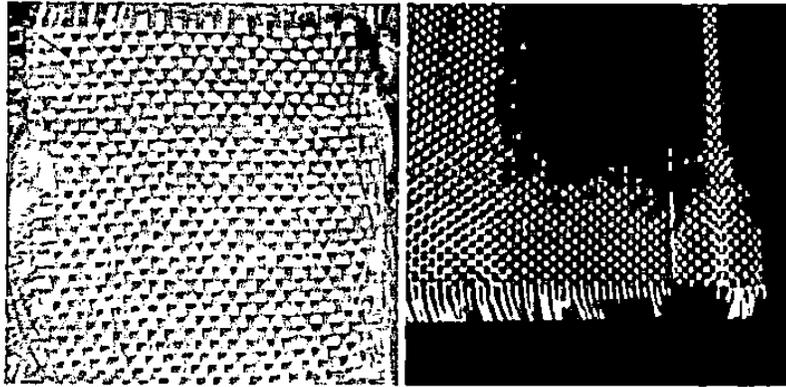
Semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, kekuatan mekanis (*strength*) semakin besar. Gambar 2.4. menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka kecendrungan kekuatan komposit semakin tinggi (Gibson, 1994).



Gambar 2.4. Hubungan antara kekuatan dan susunan serat (Gibson, 1994).

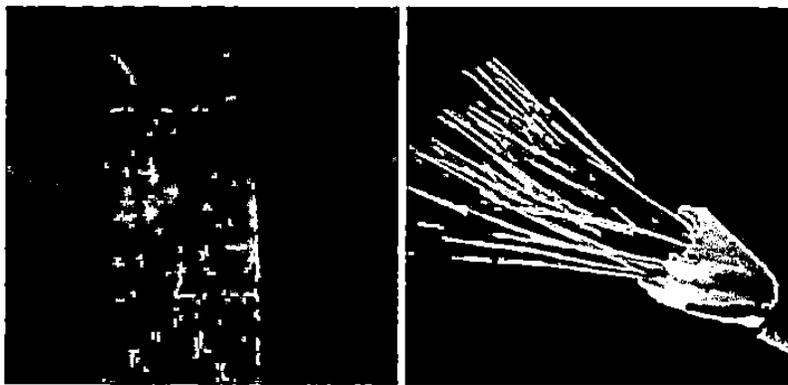
Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu : serat sintetis dan serat alami.

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



a. serat glass anyam

c. serat karbon anyam



b. serat nylon anyam

d. serat optik

Gambar 2.5. Contoh serat buatan (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 dan sawit. Serat alami mempunyai kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, dan kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984).

Serat alami yang telah dikaji penggunaannya sebagai serat penguat material komposit antara lain kenaf, flax, rami, selulosa, ijuk, serat daun aren dan pelepah kurma, bamboo, sabut kelapa dan pandan. Kualitas serat alami pada umumnya sangat tergantung pada umur pohon, tempat menanam dan waktu memanennya, prosedur pemisahan serat dengan pelepah daun atau unsur bukan serat dan

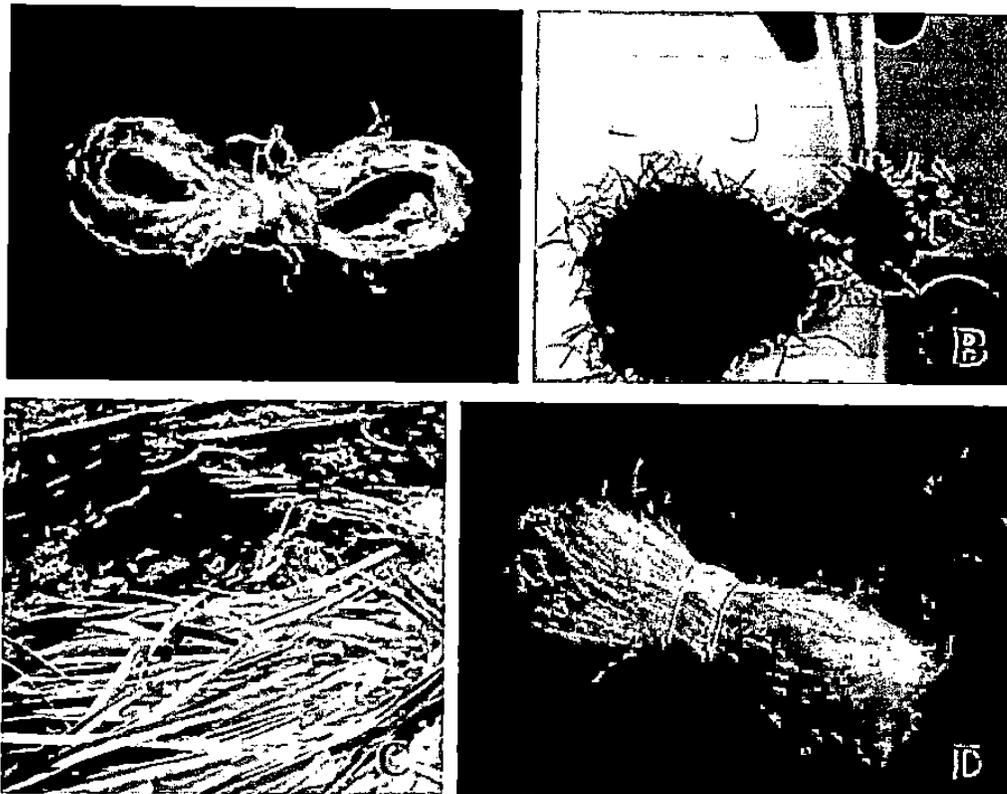
... dan lain-lain. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan beberapa komposisi kimia

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

^{*)}Building Material and Technology Promotion Council

Serat-serat tersebut pada umumnya diperoleh dengan cara melarutkan 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 pada 160 °C – 180 °C selama sampai dengan kurang dari satu jam (Pickering dkk, 2007), 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 kelonjongannya. Seperti dapat dilihat pada Gambar 2.6. Berbagai bentuk dan ukuran serat alam ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.6. (A) Serat rami (*Hartanto 2009*), (B) Serat kelapa sawit (*Aditya, 2010*), (C) Pelepah nanas (<http://s6photos.tradeholding.com>), (D) Serat Pisang (<http://www.koperasisyariah.com>).

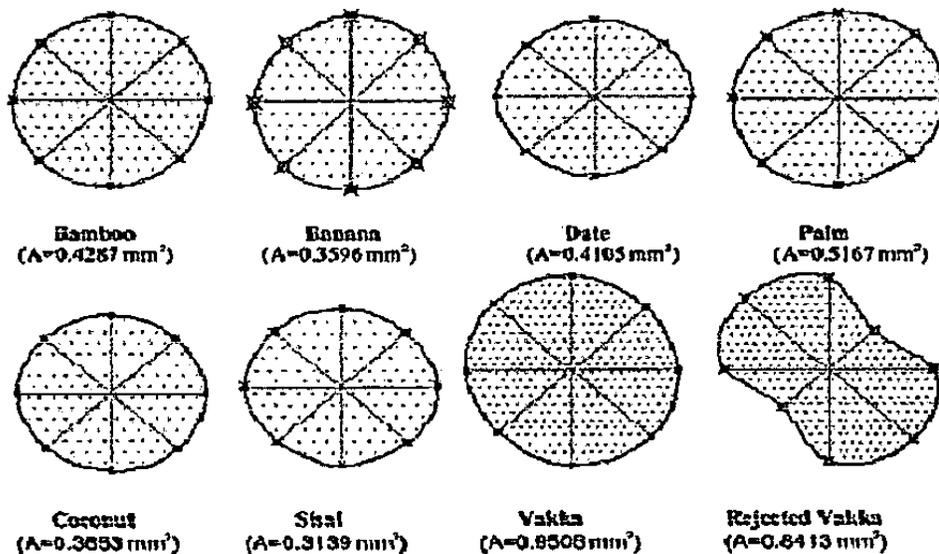
Karena serat-serat tersebut pada umumnya tidak tahan suhu tinggi, maka matrix yang banyak digunakan adalah polimer, sehingga fabrikasi material kompositnya bisa dilakukan pada suhu relatif rendah (Van de Velde dan Kiekens, 2001).

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.

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 2.7. Bentuk dan ukuran beberapa jenis serat alami (Rao, 2007)

2.2.3. Pelepah daun Pisang

Pisang adalah tanaman buah berupa herba yang berasal dari kawasan Asia Tenggara (termasuk Indonesia), Afrika (Madagaskar), Amerika Selatan dan Tengah.

Beragam jenis pisang dipasarkan, ada pisang ambon, raja, kepok, pisang susu, dan lain-lainnya. Buah berwarna kuning ini termasuk multimanfaat. Dari buah, daun, kulit, dan pelepah daunnya pun dapat digunakan. Misalnya, pelepah daun pisang dapat diolah menjadi serat untuk pakaian, kertas, dan sebagainya. Sedangkan pelepah daun pisang yang telah dipotong kecil dan daun pisang dapat dijadikan makanan ternak ruminansia (domba atau kambing) pada saat musim

untuk membuat cuka melalui proses fermentasi alkohol dan asam cuka. (<http://blog.elearning.unesa.ac.id/elly-nurchahyanti/manfaat-buah-pisang>).



Gambar 2.8. Tanaman pisang

Manfaat tanaman ini tak hanya dari buahnya, bahkan daunnya juga memiliki nilai ekonomis yaitu untuk membungkus makanan tradisional Indonesia. Disamping buah dan daunnya yang memiliki kegunaan, ternyata pohon pisang juga memiliki serat yang tidak kalah kegunaannya. Selama ini pemanfaatan serat pelepah daun pisang masih belum optimal dan hanya dianggap sebagai sampah atau limbah yang dibuang dan dibakar sehingga mencemari lingkungan.

Kecenderungan kebutuhan dunia terhadap serat pelepah daun pisang yang meningkat dan perkembangan jumlah dan keragaman industri di Indonesia yang berpotensi dalam menggunakan serat pelepah daun pisang sebagai bahan baku atau bahan pembantu merupakan potensi yang besar bagi pengembangan industri serat pelepah daun pisang.

Dalam penelitian ini serat yang digunakan yaitu serat pelepah daun pisang klutuk yang diambil dari daerah Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta.

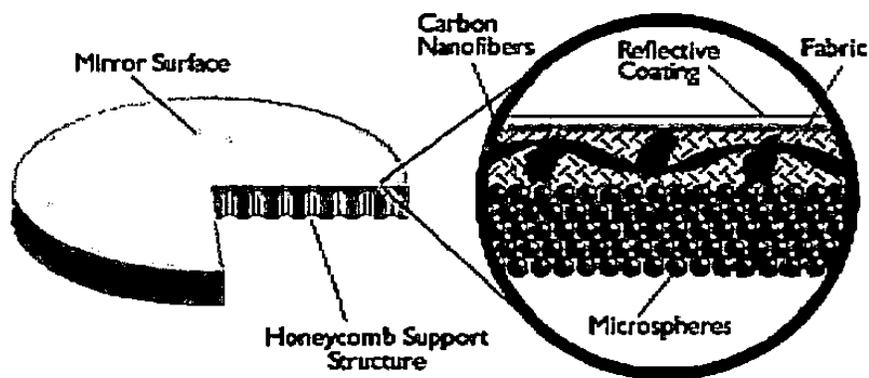
2.2.4. Jenis Anyaman Serat Pada Komposit

Serat sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik komposit karena serat meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Orientasi, ukuran, dan bentuk serta material serat adalah faktor-faktor yang mempengaruhi *property* mekanik dari lamina (Gibson, 1994). Serat alam yang dikombinasikan

... dapat menghasilkan komposit alternatif yang

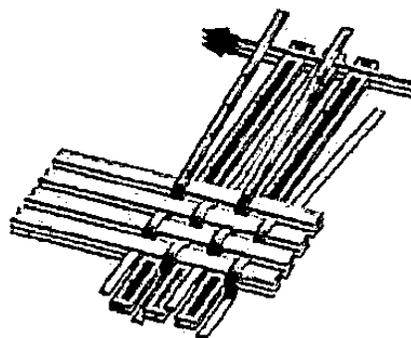
salah satunya berguna untuk aplikasi material industri. Dengan memvariasikan lebar anyaman serat tersebut diharapkan akan didapatkan hasil properti mekanik komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif.

Anyaman merupakan salah satu komponen pembentuk komposit yang sangat berperan dalam kekuatannya karena dinilai lebih solid dalam struktur mikronya dan penggabungan dengan matriks, kekuatan serat anyam secara mikro dapat dilihat pada Gambar 2.9.



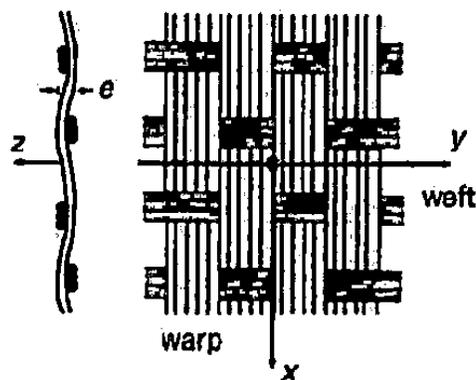
Gambar 2.9. Contoh mikro kekuatan serat anyaman (www.3tek.com)

Anyaman dibuat dari serat dengan mengorientasikan pada dua arah tegak lurus, salah satu seratnya melengkung ke atas dan ke bawah mengikuti suatu pola yang telah ditentukan pada Gambar 2.10. berikut dapat dilihat cara menganyam dengan dua arah serat yang datar.



Gambar 2.10. Cara menganyam dua arah serat yang datar

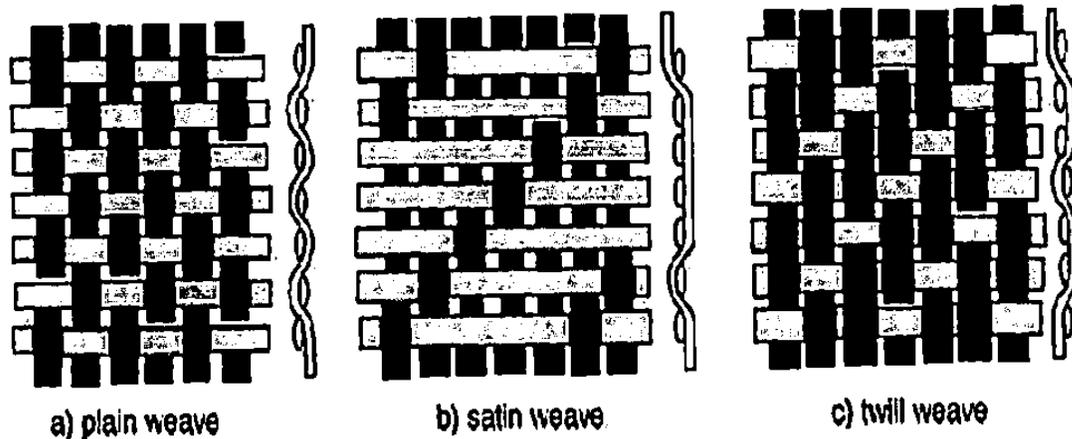
Kebanyakan jenis serat bisa dianyam. Membuat anyaman bisa menggunakan alat anyam khusus yang telah dimodifikasi, alat yang biasa digunakan dalam industri tekstil. Anyaman dibuat dengan ukuran, lebar sekitar 120 cm, dan panjang tak terbatas. Sebagai suatu alternative anyaman mempunyai kelebihan lebih elastis, ditunjukkan pada Gambar 2.11. notasi anyaman.



Gambar 2.11. Notasi anyaman

Beberapa jenis anyaman diperlihatkan pada Gambar. 2.12. Dari beberapa jenis anyaman salah satunya adalah jenis anyaman silang (*plain weave*) memberikan karakteristik lebih baik dari pada jenis anyaman lain. Anyaman silang (*plain weave*) lebih lentur dan lebih mudah dibentuk seperti di tunjukkan pada (Gambar 2.12.a). Adalah pola anyaman silang (*plain weave*) dan yang umum digunakan. Anyaman silang dibuat secara berulang-ulang membuat sebuah lengkungan dengan serat lebih dari satu dan setelah itu bagian bawahnya. Titik di mana serat lewat atas / bawah yang lain kemudian di tarik disebut titik persilangan. Hasil dari anyaman silang adalah pola anyaman sangat stabil dan menunjukkan distorsi minimal.

Kekakuan dan kekuatan anyaman biasanya kurang baik dibanding dengan serat searah. Penurunan ini disebabkan kelenturan serat. Efek ini paling menonjol dalam anyaman silang karena setiap persilangan. Sebuah anyaman, pada dasarnya, struktur 2D terdiri dari benang lusi *orthogonal* dan masuk celah atas / bawah *interlaced*. Menganyam dengan beberapa serat secara bersama-sama dapat menghasilkan struktur anyaman dengan ketebalan yang signifikan. Struktur yang



Gambar 2.12. Jenis anyaman yang umum di gunakan (Gibson, 1994)

2.3. Matriks (Resin)

Matrik yang digunakan dalam komposit harus mampu meneruskan beban sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik artinya tidak ada reaksi yang mengganggu. Menurut Diharjo (1999) pada bahan komposit matrik mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut :

1. Matrik memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
2. Pada saat pembebanan, merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.
3. Memberikan sifat tertentu, misalnya *ductility*, *toughness* dan *electrical insulation*.

Bahan komposit mempunyai sifat-sifat yang berbeda dengan sebagian besar material konvensional yang telah dikenal selama ini. Sebagian material konvensional bersifat homogen dan *isotropic*. Bahan homogen berarti sifat-sifatnya sama di semua tempat, dan bahan *isotropic* berarti sifat-sifatnya sama dalam segala arah. Sebaliknya bahan komposit bersifat tidak homogen dan *anisotropic*, yang berarti sifat-sifat bahan komposit tidak sama di semua tempat dan sifatnya berubah terhadap perubahan arah.

a. Polimer.

Polimer merupakan bahan matrik yang paling sering digunakan. Adapun jenis polimer yaitu:

1. Thermoset, adalah plastik atau resin yang tidak bisa berubah karena panas (tidak bisa di daur ulang). misalnya : *epoxy*, poliester, *phenotic*.
2. Termoplastik, adalah plastik atau resin yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang). misalnya : *polyamid*, *nylon*, *polysurface*, *polyether*.

b. Keramik.

Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu keramik dituangkan pada serat yang telah diatur orientasinya dan merupakan matrik yang tahan pada temperatur tinggi. misalnya : SiN yang sampai tahan pada temperatur 165 °C.

c. Karet.

Karet adalah polimer bersistem *cross linked* yang mempunyai kondisi semi kristalin dibawah temperatur kamar.

d. Matrik karbon.

Fiber yang direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi.

Pemilihan matrik harus didasarkan pada kemampuan *elongisasi* saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan *filler*. Selain itu juga perlunya diperhatikan berat jenis, *viskositas*, kemampuan membasahi *filler*, tekanan dan *suhu curing*, penyusutan dan *voids*.

Voids (kekosongan) 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 2.2.

Tabel 2.2. Sifat mekanik dari beberapa jenis material resin^{*)}

Type (acronym)	Tensile Yield Strength		Elongation (%)	Flexural Strength		Tensile Modulus Of Elasticity		Impact Strength		Density	
	Ksi	Mpa		Ksi	Mpa	Ksi	Gpa	ft lb/in	J/m	lb/in ³	sp.gr
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	4,5	31	300	-	-	51	0,35	3	88	0,08	2,2
Polybutylene terephthlate (PBT)	8	55	150	12	83	-	-	0,8	23,6	0,05	1,31
Polysulfone (PSU)	16,2	70	75	15,4	106	360	2,48	1,3	38,3	0,04	1,24
Polymethylmethacrylate (PMMA)	10,5	72	5	16	110	425	2,93	0,3	8,8	0,043	1,19
Polyamide-imide (PAI)	26	179	15	30	207	750	5,17	2,5	73,7	0,05	1,4
Phenolic (PF)	10	69	<1	11	76	1050	7,3	0,35	10,3	0,05	1,4
Polyimide (PI)	13	90	4	18	124	630	4,3	0,75	22	0,05	1,43
Epoxy (EP)	10,5	72	4	16	110	450	3,1	0,3	8,8	0,04	1,15
Polystyrene (PS)	7,5	51,7	1,5	12,5	86	480	3,3	0,3	8,8	0,04	1,05
Polyethylene (PE)	1,9	13	600	-	-	24	0,16	-	-	0,034	0,9
Polyvinylchloride (PVC)	6,5	44,8	6	13	89	375	2,6	4	11,8	0,054	1,44
Polyester (UP)	9,4	40	1,6	5,5	60	300	17,5	0,4	10,6	0,034	1,1
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	8	55	12	11	76	335	2,3	3	88	0,04	1,05

2.3.1. Poliester

Matriks 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 (Schwartz, 1984). Keuntungan lain matriks poliester adalah mudah dikombinasikan dengan serat, kestabilan dimensional, mudah penanganannya dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik.

Poliester merupakan jenis resin *thermoset*. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin lainnya. Sifat resin ini adalah rapuh. Mengenai sifat termalnya karena banyak mengandung *monomer stiren*, maka suhu *deformasi thermal* lebih rendah dari pada resin *thermoset* lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya \pm 110-140 °C. Ketahanan dingin adalah baik secara relatif.

Sifat listriknya lebih baik diantara resin *thermoset*. Pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan dalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar *ultra violet* bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun. Secara luas digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit.

Pengesetan termal digunakan *Benzoil Peroksida* (BPO) sebagai katalis. Temperatur optimal adalah 135-155 °C, namun kebanyakan pengesetan dingin yang digunakan. *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO) digunakan sebagai katalis dan ditambahkan pada 1-2 % (Surdia, 2001). Spesifikasi Resin Poliester SHCP 268

Tabel 2.3. Spesifikasi BQTN Polyester Resin 268[®] Series

	Nilai	Metode uji
Penyerapan air	0.35%	ISO-62-1980
Kekerasan	48 BHC	ASTMD2583-67
Suhu distorsi panas	67.3°C	ASTMD648-72
Perpanjangan	3.2%	ASTMD638-72
Massa jenis resin pada 25 °C	1.13 kg/liter	ASTMD1475
Volume penyusutan	9%	Massa jenis
Penguapan	40 - 43%	ASTMD3030
Kekuatan bending	82.4 MPa	ASTM 790
Modulus bending	5257.3 MPa	ASTM 790
Kekuatan tarik	29.4 MPa	ASTMD638

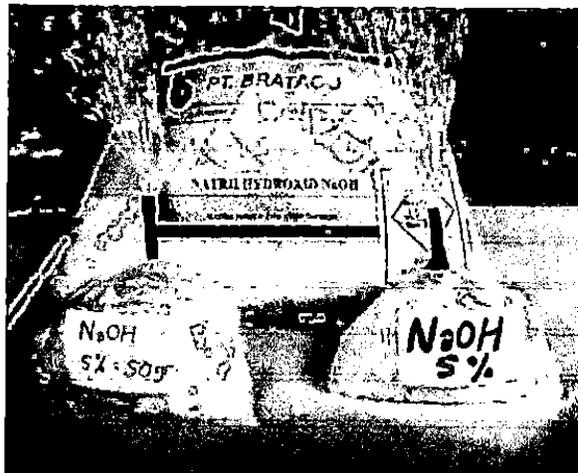
Sumber: *Singapore Highpolymer Chemical Products Pte Ltd* (www.frpservice.com)

2.4. Katalis

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*). 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 (*Methyl Ethyl Ketone*

2.5. Perlakuan Alkali (NaOH)



Gambar 2.13. Kristal alkali (NaOH)

Sifat alami serat alam adalah *hydrophilic*, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang *hydrophobic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidrophilic* serat dapat memberikan kekuatan *interfacial* dengan matrik polimer secara optimal (Bismarck, dkk, 2002).

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basah kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna, Gambar 2.13 diatas merupakan contoh alkali (NaOH). 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 (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit disebut sifat kaustik basa.

Salah satu indikator yang digunakan untuk menunjukkan kebasaaan adalah lakmus merah. Bila lakmus merah dimasukkan ke dalam larutan basa maka akan berubah menjadi biru.

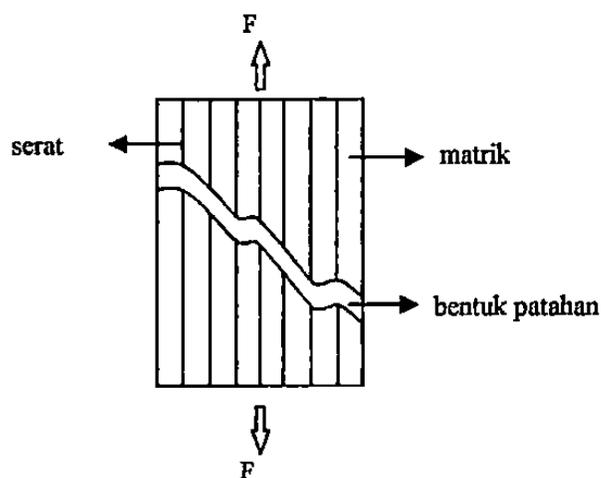
2.6. Karakteristik Patahan Pada Material Komposit

Patahnya material komposit dapat disebabkan oleh deformasi ganda, antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan serta struktur mikro komponen

fraksi volume serat, distribusi serat dan kerusakan akibat tegangan termal yang dapat terjadi selama fabrikasi atau dalam pemakayannya. 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).

2.6.1. Patah Banyak

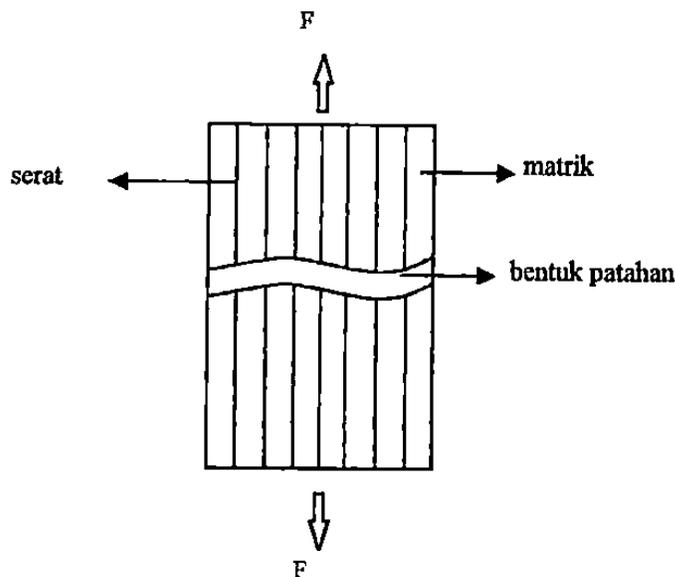
Ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interfance* masih baik, matrik mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila matrik mampu menahan gaya geser dan maneruskan beban ke serat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi pada lebih dari satu bidang seperti Gambar 2.14. (Schwartz, 1984).



Gambar 2.14. Patah Banyak (Schwartz, 1984)

2.6.2. Patah Tunggal

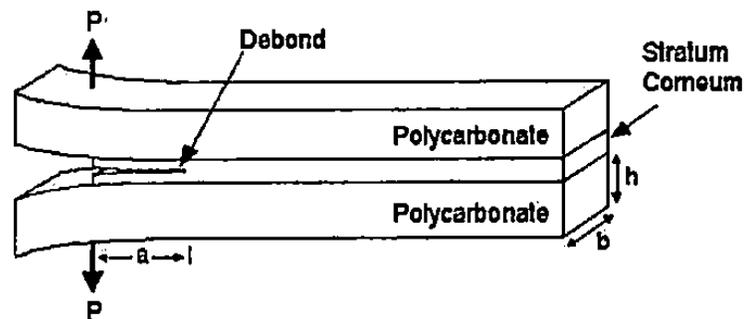
Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matrik tidak mampu lagi menahan beban tambahan. Patahan terjadi pada satu bidang. Gambar 2.15



Gambar 2.15. Patah Tunggal (Schwartz, 1984)

2.6.3. Debonding

Adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak rein dengan serat, serat yang terlepas dari ikatan masih terbungkus oleh resin. Hal ini disebabkan gaya geser yang tidak mampu ditahan oleh resin, namun tidak terjadi deformasi secara luas, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16. (Schwartz, 1984).

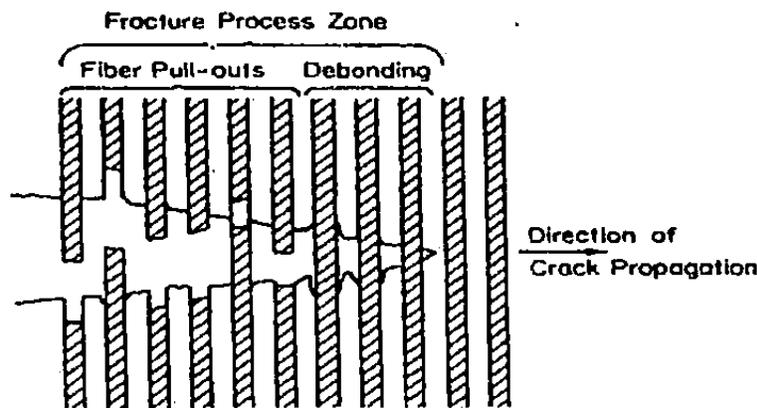


Gambar 2.16. Debonding (Schwartz, 1984)

2.6.4. Fiber Pull out

Adalah tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposisi masih mampu menahan beban yang mampu ditahan kecil

Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat debonding dan patahnya serat pada Gambar 2.17. (Schwartz, 1984).



Gambar 2.17. *Fiber pull out* (Schwartz, 1984)

2.7. Ketangguhan Impak

Kekuatan material terhadap beban kejut dapat diketahui dengan cara melakukan uji impak. Uji impak adalah suatu kriteria penting untuk mengetahui kegetasan bahan. Ketangguhan impak material komposit rata-rata masih dibawah ketangguhan impak logam. Ikatan antar molekul sangat berpengaruh pada ketangguhan impak, semakin kuat ikatan maka semakin kuat ketangguhan impaknya (Surdia dan Saito, 1995).

Pengujian impak dapat menggunakan alat uji impak *Izod*. Pemilihan alat uji tersebut didasarkan pada beban yang diberikan relatif kecil. Pengujian impak komposit dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu *flat impact method* (impak depan) dan *edge impact method* (impak samping) seperti terlihat pada Gambar 2.18. Alat uji impak dan spesimen yang digunakan. Pada Gambar 2.19. dapat dilihat dimensi uji impak. Pengujian impak dari samping akan menghasilkan ketangguhan impak yang lebih rendah di dibandingkan dengan pengujian dari depan (Surdia dan Saito, 1995).

Pengujian *impak* dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Material yang getas, bentuk patahannya akan bermukaan merata, hal ini

menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat

2. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal ini menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser.
3. Semakin besar posisi sudut β akan semakin getas, demikian sebaliknya. Artinya pada material getas, energy untuk mematahkan material cenderung semakin kecil.



Gambar 2.18. Alat uji impak

Energi patah material komposit dapat dihitung menggunakan persamaan seperti berikut (*Instruction Manual Gotech Izod Impact Tester*).

$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m.g.h - m.g.h' \\
 &= m.g.(R-R\cos \alpha) - m.g.(R-R\cos \beta) \\
 E_{\text{serap}} &= m.g.R(\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.1)
 \end{aligned}$$

Dimana :

- E_{serap} = Energi terserap (J)
- m = Massa pendulum (kg)
- g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
- R = Panjang lengan (m)
- α = Sudut pendulum diayunkan ($^{\circ}$)
- β = Sudut ayunan setelah mematahkan spesimen ($^{\circ}$)

Ketanguhan impak komposit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (ASTM D 5941-96):

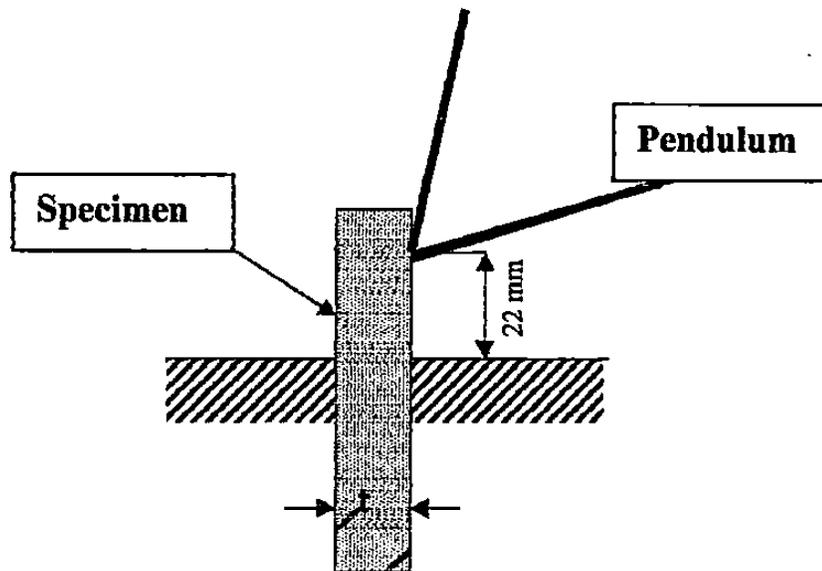
$$\text{ketanguhan impak } HI = \frac{E_{\text{serap}}}{A} \text{ (J/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

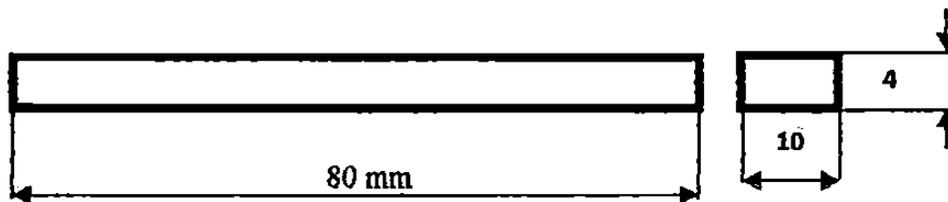
HI = Harga impak (J/mm²)

E_{serap} = Energi patah (J)

A = Luas penampang spesimen (mm²)



Gambar 2.19. Pemasangan uji spesimen impak (Surdia dan Saito, 1995).



Gambar 2.20. Dimensi uji impak ASTM D 5941-96

2.8. Sifat Fisis Komposit

Massa jenis bahan, persamaan kekuatan komposit dan sifat-sifat komposit dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Chawla, 1987) :

a. Massa komposit

Massa komposit dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_c = m_f + m_m \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : m_c = massa komposit (gr)

m_f = massa serat (gr)

m_m = massa matrik (gr)

b. Massa jenis komposit

Massa jenis komposit dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : ρ_c = massa jenis komposit (gr/cm³)

m_c = massa komposit (gr)

V_c = volume komposit (cm³)

c. Volume komposit

$$V_c = P \times l \times t \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan : p = panjang material (cm)

l = lebar material (cm)

t = tebal material (cm)

d. Fraksi massa serat

$$W = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

e. Fraksi volume serat

$$V_f = \frac{m_f}{\rho_f} \times 10000\%$$

(0.0)