

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang komposit serat alam telah banyak dilakukan, namun dalam kenyataannya penelitian ini belum terealisasi kepada masyarakat luas. Menurut Bismarck (2002) salah satu sifat alami dari serat alam adalah *hydrophilic*, yaitu dapat menyerap air, berbeda dengan polimer yang *hydrophobic*, yaitu sukar menyerap air. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah *treatment* dimana serat direndam di dalam larutan alkali selama beberapa waktu. 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.

Muhammad Khoirudin (2013) melakukan penelitian tentang *Pull out fiber test* yang merupakan cara untuk mengukur kekuatan ikatan antara serat tunggal dan matrik plastik. Berdasarkan penggunaan serat, tujuan dan analisisnya. *Pull out fiber test*, ujung serat tertanam pada matriks. Serat ditarik dan matriks ditahan atau ditarik juga dengan arah yang berlawanan dengan arah penarikan serat. Metode tegangan geser dimodifikasi untuk mendapatkan hasil transfer tegangan yang baik. Pada pengujian ini, transfer tegangan hanya ketika serat terendam matrik, sehingga mengakibatkan terjadinya pergeseran yang signifikan pada *interface*.

Hariyanto (2007) melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik komposit berpenguas serat ijuk aren dengan matrik poliester. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kekuatan tarik dan modulus tarik tertinggi terjadi pada fraksi volume serat 26,86% adalah 42,35 MPa dan 2,42 GPa. Sedangkan pada fraksi volume serat 23% dengan perlakuan alkali 4 jam memiliki kekuatan dan modulus tarik tertinggi yaitu 45,17 MPa dan 3,12 GPa.

Jadi perlakuan alkali pada serat ijuk aren berpengaruh terhadap kekuatan, ini terbukti walaupun fraksi volumenya rendah tapi kekuatan tarik dan nilai modulusnya lebih tinggi di bandingkan material tanpa perlakuan alkali. Patahan yang terjadi tanpa perlakuan alkali adalah *fiber pull-out*, pada 4 jam perlakuan alkali yang terjadi jenis patah banyak dan patah tunggal terjadi pada perlakuan alkali selama 6 dan 8 jam.

Munandar, dkk (2013) meneliti tentang kekuatan tarik serat ijuk (*arenga pinnata merr*). Dalam penelitian tersebut digunakan ijuk aren dengan diameter 0,25-0,35 mm, 0,36-0,45 mm, dan 0,46-0,55 mm yang direndam dengan larutan alkali (NaOH) 5% selama 2 jam. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa semakin kecil diameter serat, maka kekuatan tariknya semakin tinggi. Kekuatan tarik terbesar pada kelompok serat ijuk dengan diameter kecil (0,25-0,35 mm) adalah sebesar 208,22 MPa, regangan 0,192%, modulus elastisitas 5,37 GPa dibandingkan kelompok ijuk dengan diameter besar (0,46-0,55 mm) sebesar 198,15 MPa, regangan 0,37%, modulus elastisitas 2,84 GPa. Hal ini dikarenakan rongga pada serat berdiameter 0,46-0,55 mm lebih besar dibandingkan serat berdiameter 0,25-0,35 mm.

Naim, 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*.

Maryanti, dkk (2011) meneliti tentang pengaruh alkalisasi serat kelapa/poliester terhadap kekuatan tarik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi konsentrasi alkali memberikan pengaruh pada permukaan serat. Sedangkan komposit tanpa alkalisasi memiliki kekuatan tarik terendah.

Dari beberapa penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian serat alam sudah banyak dilakukan seperti analisis alkalisasi serat kelapa bermatrik poliester, analisis mekanika perpatahan, kekuatan tarik serat ijuk (*arrenga*

pinnata merr), namun penelitian tentang pengaruh alkalisasi dan waktu perendaman terhadap kuat geser rekatan pada antar muka *interface* serat ijuk aren bermatrik poliester masih sulit diperoleh. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar pemanfaatan ijuk aren dapat diperoleh dengan mudah, sehingga bermanfaat untuk pengembangan teknologi khususnya teknologi material.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Klasifikasi Komposit

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 merupakan kumpulan beberapa serat satu arah (*unidirectional*) atau *woven* berbentuk plat yang sudah dibenamkan dalam matrik. Sebuah lamina biasanya terlampau tipis untuk dipergunakan langsung dalam aplikasi *engineering*. Beberapa lamina dapat disatukan bersama untuk 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.



a. *Continuous fiber composite* b. *Woven fiber composite*

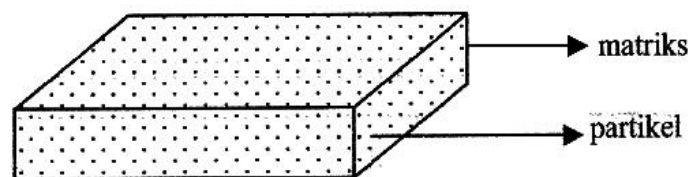


c. *Chopped fiber composite* d. *Hybrid composite*

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.



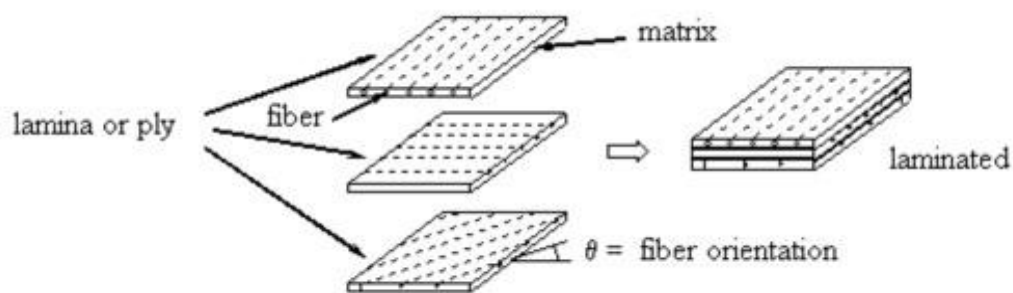
Gambar 2.2. *Particulate Composite* (Gibson, 1994)

Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, 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 matrik dengan material yang berbeda. Partikel yang digunakan bisa logam atau non logam, seperti halnya matriks. Selain itu adapula polimer yang mengandung partikel yang digunakan

untuk memperbesar volume material dan bukan 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.



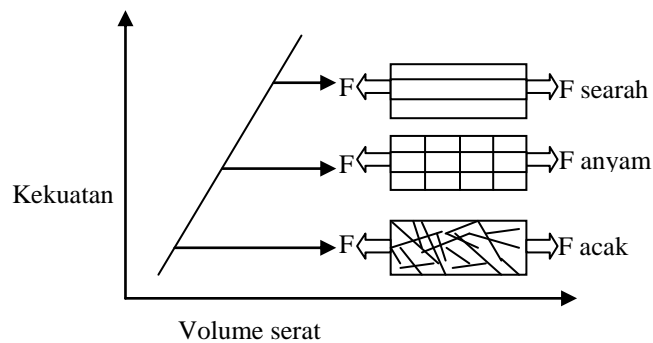
Gambar 2.3. *Laminated Composites* (Gibson, 1994)

Laminat merupakan plat yang terdiri dari dua atau lebih lapisan lamina yang digabung bersama membentuk struktur yang integral. Laminat dibuat agar elemen strukturnya 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).

2.3 Material Pembentuk Komposit FRP (*Fiber Reinforced Plastic*)

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 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 sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain: serat gelas, serat karbon, serat optik, serat nilon (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, diantaranya adalah: kapas, wol, sutera, aren, kelapa sawit, kenaf, flax, rami, ijuk, serat bambu, dan sabut kelapa. Serat alami

mempunyai kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984).

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, pada 160°C–180°C selama 45 menit atau kurang dari 1 jam, sehingga tersisa seratnya. Serat tersebut kemudiandisisir dan dicuci sehingga bersih dari unsur bukan serat untuk mendapatkan kekuatan yang optimal (Pickering dkk, 2007). Kandungan air beberapa serat alami ditunjukkan dalam Tabel 2.1. Bentuk penampang lintang serat alam pada umumnya tidak benar-benar bulat, namun ada unsur kelonjongannya. Berbagai bentuk dan ukuran serat alam ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Tabel 2.1. Kadar air dan masa jenis serat alami pada cuaca normal

Jenis Serat Alami	Kadar Air (%)	Massa Jenis (kg/m³)	Jenis Serat Alami	Kadar Air (%)	Massa Jenis (kg/m³)
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)

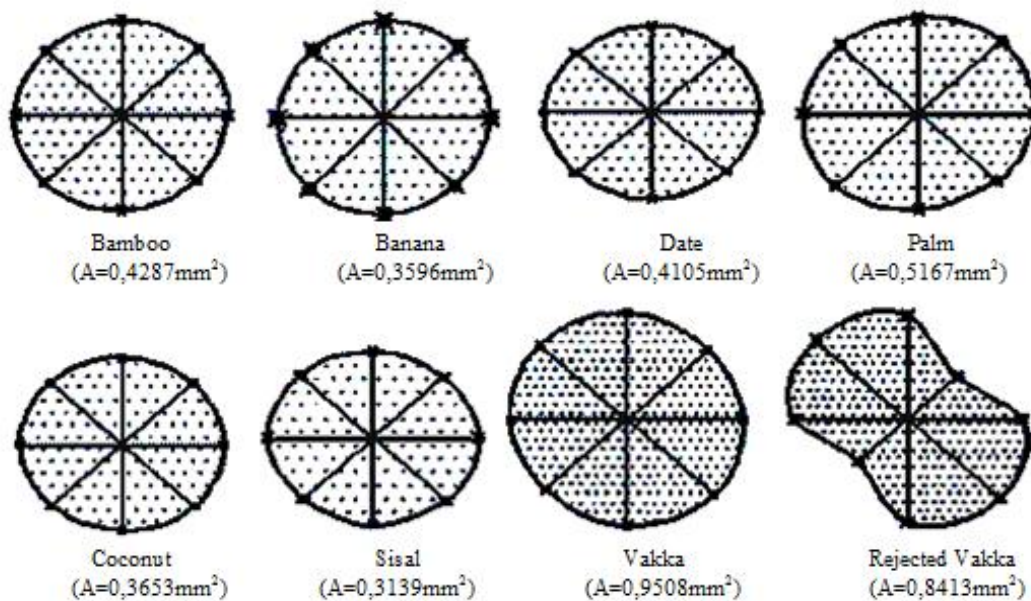
Karena serat-serat tersebut pada umumnya tidak tahan suhu tinggi, maka matrik yang banyak digunakan adalah polimer, sehingga pabrikasi material kompositnya bisa dilakukan pada suhu rendah (Develde dan Kiekens, 2001). Beberapa kelebihan serat alami antara lain:

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.
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 dan Rao, 2007)

Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak banyak mempengaruhi kekuatannya, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat maka akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi serta semakin kecil kemungkinan terjadinya

ketidaksempurnaan pada material. Selain bentuk kandungan seratnya juga mempengaruhi kekuatan material komposit (Schwartz, 1984).

Unsur utama komposit serat adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik yang saling berhubungan. Serat inilah yang menentukan karakteristik komposit seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain (Jones, 1975). Sifat-sifat mekanik serat alami dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat mekanis beberapa jenis serat alam

Jenis Serat Alami	Kadar Air(%)	σ (MPa)	E (GPa)	σ' (MPa/(kg.m ³))	E' (GPa/(kg.m ³))
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
Srabut 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 Ijuk Aren

Aren (*Arenga pinnata*) merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*). Tanaman aren banyak ditemukan di pantai timur India sampai Asia Tenggara. Di Indonesia tanaman ini banyak terdapat hampir diseluruh wilayah nusantara. Di daerah Pasundan daun aren tua (yang sudah diambil lidinya) itu dipilih menjadi tali, lidi-lidinya digunakan untuk membuat sapu dan dianyam untuk bahan keranjang dan topi. Umur pohon aren mencapai lebih 50

tahun, dan diatas umur ini pohon aren sudah berkurang dalam memproduksi buah, bahkan sudah tidak mampu lagi memproduksi buah.

Pohon aren atau enau merupakan jenis tanaman yang mudah tumbuh. Wilayah penyebaran aren terletak antara garis lintang 20°LU - 11°LS yaitu meliputi : India, Srilangka, Banglades, Burma, Thailand, Laos, Malaysia, Indonesia, Vietnam, Hawaii, Philipina, Guam dan berbagai pulau disekitar pasifik (Burkil, 1935); Miller, 1964; Pratiwi (1989). Biasanya banyak tumbuh di lereng-lereng atau tebing sungai, selain itu enau atau aren dapat pula dikembangbiakkan secara generatif yaitu melalui bijinya. Di Indonesia sendiri enau banyak tumbuh secara liar atau ditanam oleh petani, hingga pada ketinggian 1.400 m.

Pohon aren dapat menghasilkan ijuk setelah berumur lebih dari 5 tahun. Menurut Teysmaan, pohon aren dapat menghasilkan ijuk pada fase tersebut, dan dapat dipastikan akan menghasilkan 20 sampai 50 lempengan (lembaran) ijuk, berbeda-beda tergantung besar pohon dan umurnya. Pohon yang masih muda, kualitas ijuknya rendah dan masih kecil-kecil. Jika pohon sudah berbunga, maka produksi ijuknya kembali sedikit dan kualitas ijuknya rendah. Dengan demikian produksi ijuk yang kualitas dan kuantitasnya baik berasal dari pohon aren tidak terlalu muda dan tidak terlalu tua (4 sampai 5 tahun sebelum pohon aren berbunga), yaitu dapat menghasilkan 30 sampai 50 lempengan ijuk. Ijuk merupakan helaian benang-benang atau serat-serat yang berwarna hitam, berdiameter <0,5mm, dan bersifat kaku dan ulet (tidak mudah putus). Ijuk bersifat lentur dan tidak pula mudah rapuh, sangat tahan dalam genangan air yang asam, termasuk genangan air laut yang mengandung garam. Walaupun demikian, ijuk memiliki kelemahan yaitu tidak tahan terhadap api, sehinggamudah terbakar (Sunanto, Hatta, 1993 : 12-39).

Luas lahan kebun aren di Indonesia s/d 2007 sekitar 70.000 hektar. Provinsi dengan lahan perkebunan aren terluas adalah Kalimantan Timur (17.794 hektar), Kalimantan Tengah (17.000 hektar) & Jawa Barat (13.878 hektar). Jawa Barat

merupakan daerah persebaran aren terluas di Jawa dengan produksi gula aren mencapai 6.686 ton/tahun. Meski begitu kebutuhan gula pasir Jawa Barat relatif tinggi, 510.000 – 516.000 ton/tahun(Razali, 2012).

2.3.2 Matrik

2.2.3.1 .Jenis-jenis Matrik

Matrik berfungsi sebagai pelindung serat dari kerusakan atau abrasi yang terjadi, pelindung terhadap lingkungan (dari serangan zat kimia, kelembaban dan lain-lain), pendukung dan menginfiltrasi serat, mentransfer beban antar serat dan perekat serta penyetabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur. Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat, serattidak diutamakan untuk menahan atau menerima beban. Sebuah unit struktur untuk melindungi serat dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik.

Matrik polimer banyak digunakan untuk memproduksi material komposit. Beberapa keuntungan menggunakan matrik polimer yaitu: murah, ringan, ketahanan kimiawinya tinggi serta proses pembuatan produknya mudah. Adapun jenis polimer yaitu:

1. Termoplastik

Resin ini mempunyai rantai molekul yang panjang, berkisar dari ratusan sampai ribuan *link*. Akibatnya resin tipe ini mempunyai kekentalan yang tinggi. Resin ini akan cair pada temperatur tinggi dan akan berubah menjadi fase padat apabila didinginkan. Karakteristik resin termoplastik adalah sebagai berikut:

- a. Tidak bereaksi, tidak diperlukan *curing*.
- b. Proses *Irreversible*.
- c. Viskositas tinggi.
- d. Waktu proses pendek.

Contoh resin termoplastik: *Poliamide*, *Polisulfone*, *Poluetheretherketon*, *Poliethilene*.

2. Termoset

Resin ini tidak dapat kembali ke bentuk semula apabila dipanaskan. Resin termoset adalah tipe resin yang umum dipakai sebagai matrik material komposit. Resin termoset banyak digunakan dalam komposit karena mempunyai kekentalan rendah, kemampuan interaksi dengan serat yang bagus dan membutuhkan suhu kerja yang relatif rendah. Selain itu juga mempunyai harga yang lebih rendah dibandingkan resin termoplastik.

Karakteristik resin termoset:

- a. Tidak mengalami perubahan kimia saat *curing*.
- b. Waktu *curing* lama.
- c. Proses *irreversible*.

Contoh matrik termoset: *Epoxy, Polyester, Phenolic, Plenol*, Resin amino, Resin Furan dll.

2.2.3.2. 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). Untuk spesifikasi *polyester* dapat di lihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3.Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin Yukalac 268 BQTN*

	Nilai	Metode uji
Penyerapan air	0.35%	ISO-62-1980
Kekerasan	48 BHC	ASTM D2583-67
Suhu distorsi panas	67.3°C	ASTM D648-72
Perpanjangan	3.2%	ASTM D638-72
Massa jenis resin pada 25 ⁰ C	1.13 kg/liter	ASTM D1475
Volume penyusutan	9%	Massa jenis
Penguapan	40 - 43%	ASTM D3030
Kekuatan bending	82.4 MPa	ASTM 790
Modulus bending	5257.3 MPa	ASTM 790
Kekuatan Tarik	29.4 MPa	ASTM D638

Sumber: www.fipservices.com

2.4 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 serat alam adalah *hydrophilic*, yaitu menyerap air, berbeda

dengan polimer yang bersifat *hydrophobic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam *selulosa* telah diteliti bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal. NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. NaOH bersifat lembab dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas (Bismarck dkk, 2002). Gambar 2.6 menunjukkan contoh serpihan alkali NaOH. 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.



Gambar 2.6.Serpihan Alkali (NaOH)

2.5 Interface

Interface atau antar muka serat/matrik ditandai dengan adanya diskontinuitas. Perubahan sifat dari satu sisi ke sisi yang lainnya (serat ke matrik atau sebaliknya) dapat berupa sifat fisis, mekanis, termal, dan elektris (Chawla, 1987).

Sifat bahan pembentuknya dan sifat *interface* akan menentukan sifat mekanis komposit yang dihasilkan, selanjutnya akan menentukan keefektifan transfer beban dari serat ke matrik dan 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 volume (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 terlebih dahulu mengalami patah dibandingkan retak pada matrik sehingga patahan yang terjadi adalah patah tunggal. Adanya rekatan *interface* yang kuat menyebabkan beban yang mampu diterima serat lebih besar dari pada beban yang diterima matrik. Matrik akan mengalami gagal geser memanjang arah serat dan menyebabkan patah *brittle* dengan permukaan patahan banyak. Rekatan *interface* yang lemah maka *debonding* mulai terjadi, dan akan membentuk patahan banyak (Agarwal, 1990).

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 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 menyebabkan proses retak, maka tidaklah mengherankan jika model gagal yang beragam dapat dijumpai pada suatu sistem komposit tertentu (Chawla, 1987)

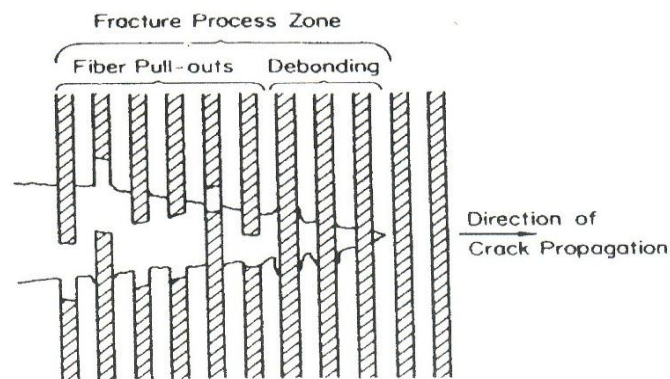
2.7 *Debonding*

Debonding adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak resin 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 tidak mampu ditahan oleh resin.

2.7.1 Fiber Pull Out

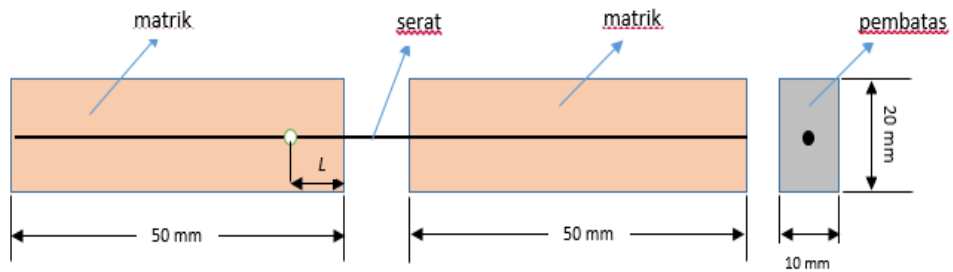
Fiber pull out adalah tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposit masih mampu menahan beban tersebut. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat *debonding* dan patahnya serat, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. (Schwartz, 1984).



Gambar 2.7 *Fiber pull out* (Schwartz, 1984)

2.8 Pembebanan Kuat Geser Antarmuka Serat Matrik

Pada pengujian tarik sifat-sifatnya dipengaruhi oleh laju tarikan dan berubah karena temperatur, oleh karena itu dalam hal ini perlu perhatian sebelum penggunaan bahan poliester. Bentuk spesimen ditunjukkan pada Gambar 2.8. Uji tarik bertujuan mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik sehingga pengujian tarik dapat diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang.



Gambar 2.8 Bentuk Spesimen

2.8.1.1 Panjang Kritis (l)

Panjang kritis adalah panjang terendah serat tertanam pada matrik yang dapat lepas dari ikatan antara serat dan resinnya. Maka panjang kritis dari ijuk aren dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$l = \frac{d \sigma_a}{4\tau_a} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- l = Panjang kritis(mm)
- d = Diameter serat (mm)
- σ_a = Kuat tarik serat (MPa)
- τ_a = Kuat geser *interface* serat/matrik (MPa)

2.8.1.2 Kuat Tarik Serat

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

$$\sigma = \frac{4.F}{\pi.d^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- σ = Kuat tarik serat (MPa)
- F = Gaya tarik maksimum (N)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad = \text{Luas penampang (mm}^2\text{)}$$

2.8.1.3 Kuat Geser Rekatan Antarmuka

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

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot l} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- τ = Kuat geser antarmuka (MPa)
- F = Gaya tarik maksimum (N)
- A = Luas bidang geser (mm²)

Untuk luas bidang geser dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = K \cdot l \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- A = Luas bidang geser (mm²)
- $K = \pi d$ = Keliling serat (mm)
- l = Panjang serat tertanam (mm)