

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Bismarck, dkk (2002) melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa dimana kandungan optimum air dapat direduksi sehingga sifat alami *hydrophilic* serat dapat memberikan kekuatan ikatan *interfacial* dengan matrik polimer secara optimal. Pengaruh perlakuan alkali NaOH pada serat alam *selulosa* menunjukkan peningkatan mutu permukaan serat dan sifat alami *hidrophilic*.

Mishra, dkk (2000) mengatakan bahwa *alkali treatment* merupakan salah satu modifikasi serat yang dapat meningkatkan kekuatan serat dan kekuatan ikatan antar muka serat alam dan matrik. Potensi serat alam sebagai penguat komposit dapat dioptimalkan dengan menghilangkan kandungan lain semisal lignin yang dapat menurunkan daya ikat antar muka serat dan matrik dengan *alkali treatment*.

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.

Qing, dkk (2003) menggunakan metode numerik untuk mensimulasikan pengaruh ukuran spesimen terhadap perilaku antarmuka serat/matrik dalam pengujian *fiber pull out*. Kekuatan *interfacial* dan kekuatan normal dari spesimen dengan ukuran yang berbeda dianalisis. Pada antar muka serat/matrik diasumsikan terdapat ikatanyang sempurna. Untuk menyederhanakan analisis, semua material diasumsikan bersifat elastis dan pengaruh sisa tegangan termal dan gesekan ketika mulai terjadi retak pada *interface* diabaikan. Pengaruh panjang serat yang tertanam dalam matrik dan ketebalan matrik di sekitar serat terhadap perilaku antarmuka dikaji

dengan pendekatan metode elemen hingga. Pengujian ini menunjukkan bahwa ukuran spesimen uji dapat mempengaruhi tekanan *interface* dan karakteristik patahan.

Yang dan Thomason (2009) melakukan penelitian tentang kekuatan *interface* pada serat kaca-polipropena dengan menggunakan metode *fiber pull out* dan *microdebond*. Data yang diperoleh dari *microdebond* dikelompokkan menjadi dua kelompok menurut ada atau tidaknya gesekan pada *interface* setelah *debonding*. Setelah dilakukan penelitian diketahui bahwa variasi dalam matrik mempunyai sifat mekanik dari pengaruh oksidasi termal dan degradasi pada kristalisasi polimer.

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*.

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, dibandingkan kelompok ijuk dengan diameter besar (0,46-0,55 mm) sebesar 198,15 MPa. Hal ini dikarenakan rongga pada serat berdiameter 0,46-0,55 mm lebih besar dibandingkan serat berdiameter 0,25-0,35 mm.

Febrianto (2013) meneliti tentang pengaruh konsentrasi alkali dan diameter serat terhadap kekuatan geser rekatan pada antar muka serat sabut kelapa/epoksi. Dalam penelitian tersebut digunakan sabut kelapa yang telah dibagi menjadi diameter besar, sedang, kecil dan diperlakukan alkali dengan konsentrasi 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% selama dua jam. Hasil pengujian tarik menunjukkan kuat geser rekatan antar muka meningkat seiring dengan

peningkatan konsentrasi alkali hingga 10%. Sedangkan untuk kuat geser rekatan antar muka menurun seiring bertambah besarnya diameter serat. Kekuatan geser tertinggi diperoleh pada serat kecil dengan perlakuan alkali 10% yaitu sebesar 3,6 MPa dan terendah pada diameter besar dengan konsentrasi 0% yaitu sebesar 0,08 MPa.

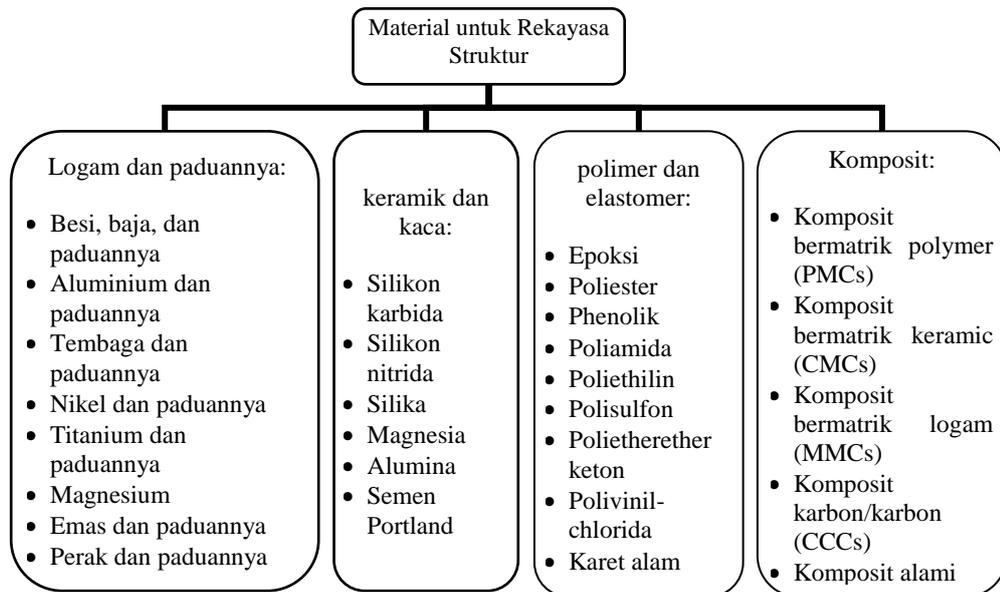
Dari beberapa penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian mengenai sabut kelapa sudah banyak dilakukan. Namun, penelitian mengenai pengaruh perlakuan alkali dan diameter serat terhadap kuat geser rekatan pada antar muka/*interface* serat ijuk bermatrik epoksi masih sangat sulit diperoleh. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar optimalisasi pemanfaatan serat ijuk dapat diperoleh sehingga akan sangat bermanfaat untuk pengembangan teknologi khususnya teknologi material.

2.2 Komposit

2.2.1 Definisi Komposit

Kata komposit (*Composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja “*to compose*” berarti menyusun atau menggabung. Jadi, pengertian komposit adalah suatu sistem material yang merupakan campuran atau kombinasi dari dua atau lebih bahan pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat (Jones, 1975).

Material komposit terbentuk dari dua atau lebih komponen (bahan penguat dan matrik), yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan-bahan pembentuknya (Selby dan Miller, 1975). Material suatu struktur dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori dasar yaitu: logam, polimer, keramik dan komposit (Gambar 2.1). 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).



Gambar 2.1 Ringkasan pengelompokan material untuk rekayasa struktur (Sudarisman, 2009).

Tujuan penggabungan material ini adalah untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat yang lebih baik dari material penyusunnya. Komposit merupakan bahan multifasa. Bahan komposit terdiri dari dua fasa yaitu fasa matrik dan fasa terdispensi. Fasa matrik berfungsi sebagai pengikat fasa terdispensi, sedangkan fasa terdispensi berupa serat atau bentuk lainnya. Fasa terdispensi inilah yang menentukan karakteristik komposit seperti kekuatan, keuletan, kekakuan, dan sifat mekanik lainnya (Jones, 1975 ; Schwartz, 1984). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.

2.2.2 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*).

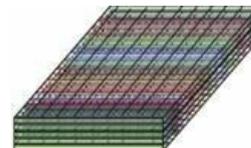
1. Komposit serat (*Fibrous Composites*).

Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan karena serat lebih kuat dari pada 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).

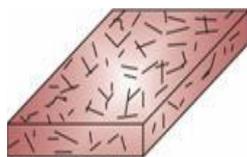
Lamina adalah kumpulan beberapa serat satu arah *unidirectional* atau *woven* berbentuk pelat yang sudah dibenamkan dalam matrik. Sebuah lamina biasanya terlampau tipis untuk dipergunakan langsung dalam aplikasi *engineering*. Beberapa lamina dapat disatukan bersama-sama membentuk suatu struktur yang 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 2.2.



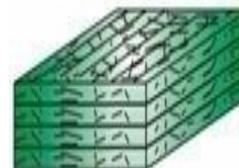
a. Continuous fiber composite



b. woven fiber composite



c. Chopped fiber composite

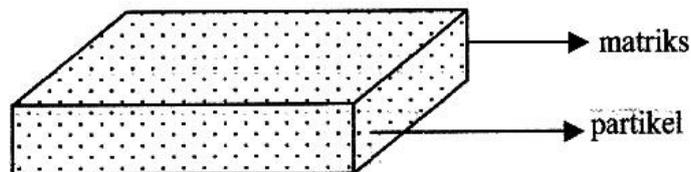


d. Hybrid composite

Gambar 2.2 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 2.3.

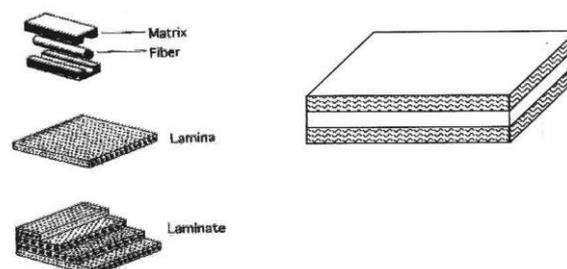


Gambar 2.3 *Particulate Composite* (Gibson, 1994)

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 benamkan dalam suatu matrik dengan material yang berbeda. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matrik. Selain itu ada pula 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 2.4.



Gambar 2.4 *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).

Terdapat tiga karakteristik yang identik yang dimiliki oleh komposit, yaitu:

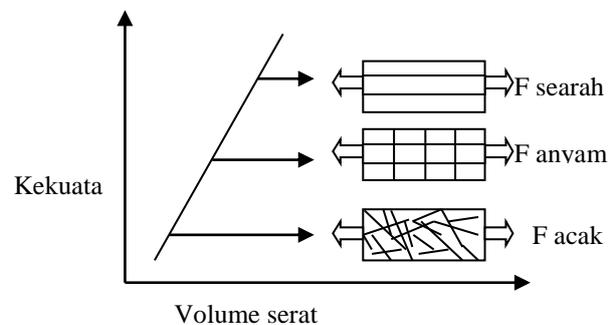
- a. *Isotropik*, sifat material tidak tergantung pada arah sumbu koordinat. Sehingga sifat material pada arah sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z adalah sama. Kelompok yang termasuk adalah logam pada umumnya, komposit partikel, komposit serat pendek dengan arah dan distribusi serat secara acak atau random.
- b. *Ortotropik*, sifat material pada dua sumbu yang saling tegak lurus pada suatu titik adalah sama, sedangkan pada arah satu sumbu lainnya berbeda. Misalnya komposit serat tunggal (*unidirectional*), yang memiliki sifat istimewa pada arah memanjang serat dengan sifat pada sembarang arah dibidang tegak lurus sumbu memanjang serat adalah sama.
- c. *Anisotropik*, sifat material tergantung pada arah sumbu koordinat, atau sifat material yang berbeda pada setiap arah yang berbeda. Misalnya komposit laminat yang tersusun atas lamina-lamina dengan arah yang berbeda-beda.

2.3 Matrial 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 2.6 di bawah menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka kecenderungan kekuatan komposit semakin tinggi.



Gambar 2.6 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, serat optik, serat 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, diantaranya adalah: kapas, wol, sutera, aren, kelapa sawit, kenaf, flax, rami, ijuk, serat bambu, sabut kelapa dan lain-lainya. Serat alami mempunyai kelemahan yaitu ukuran

serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984).

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
(*Building Material and Technology Promotion Council*)

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

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 160⁰C -180⁰C selama sampai dengan 45 menit kurang dari satu jam, sehingga tersisa seratnya. Serat tersebut kemudian disisir dan dicuci sehingga bersih dari unsur bukan serat untuk mendapatkan kekuatan yang optimal serat harus dapat benar-benar kering (Pickering dkk, 2007). Kandungan air beberapa serat alami ditunjukkan dalam Tabel 2.2 bentuk penampang lintang serat alam pada umumnya tidak benar-benar bulat, namun ada unsur kelonjongannya. Berbagai bentuk dan ukuran serat alam ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Tabel 2.2 Kadar air dan masa jenis serat alami pada cuaca normal
(Rao dan Rao, 2007)

Jenis Serat Alami	Kadar Air (%)	Massa Jenis (kg/m ³)	Jenis Serat Alami	Kadar Air (%)	Massa Jenis (kg/m ³)
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	---	---	---

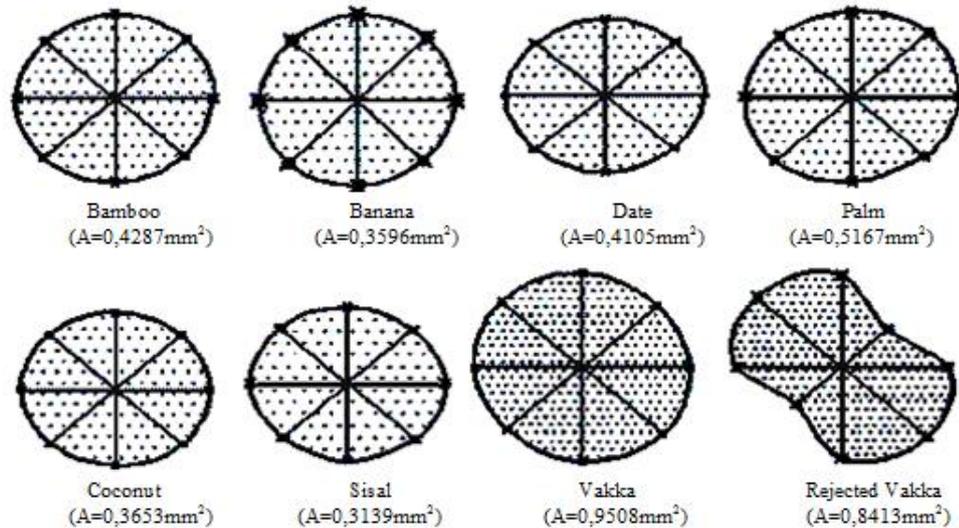
Karena serat-serat tersebut pada umumnya tidak tahan suhu tinggi, maka matrik yang banyak digunakan adalah polimer, sehingga fabrikasi material kompositnya bisa dilakukan pada suhu relative rendah (Van de Velde dan Kiekens, 2001).

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.
7. Merupakan konduktifitas kalor yang baik.

Kekurangannya adalah:

1. Sifat mekanisnya relative rendah dibandingkan dengan serat sintetis.
2. Laju penyerapan uap airnya relative 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 dan Rao, 2007)

Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu 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 ketidak sempurnaan 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 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat mekanis beberapa jenis serat alam
(Rao dan Rao, 2007)

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
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

2.3.2 Serat Ijuk Aren

Aren (*Arenga pinnata*) termasuk suku *Areceaceae* (pinang-pingan), merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) yaitu biji buahnya terbungkus biji buah. Tanaman aren banyak terdapat dari pantai timur hindia 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 dibuat keranjang dan topi. Umur pohon aren mencapai lebih 50 tahun, dan diatas umur ini pohon aren sudah sangat berkurang dalam memproduksi buah, bahkan sudah tidak mampu lagi memproduksi buah.

Enau atau aren (*Arenga pinnata*) adalah palma yang terpenting setelah kelapa (*nyiur*) karena merupakan tanaman serba guna. Palma yang besar dan tinggi dapat mencapai 25 m, berdiameter hingga 65 cm, batangnya kukuh dan pada bagian atas diselimuti oleh serabut berwarna hitam yang dikenal sebagai ijuk, injuk, juk atau duk. Ijuk sebenarnya adalah bagian dari pelepah daun yang menyelubungi batang.



Gambar 2.8 serat ijuk aren

Pohon aren dapat menghasilkan ijuk setelah berumur lebih dari 5 tahun. Menurut Teysmaan, pohon aren dapat menghasilkan ijuk pada fase tersebut 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 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, jadi sangat mudah terbakar. Sunanto, Hatta (1993 : 12-39).

Pohon aren atau (*Arenga pinnata*) adalah jenis tanaman yang mudah tumbuh. Pohon aren berasal dari wilayah Asia tropis, 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). Di Indonesia, *Arenga pinnata* tumbuh liar atau ditanam sampai ketinggian 1.400 m. Luas lahan kebun aren di Indonesia s/d 2007 sekitar 70.000 hektar. Propinsi dengan lahan perkebunan aren terluas Kalimantan Timur (17.794 hektar), Kalimantan Tengah (17.000 hektar) & Jawa Barat (13.878 hektar). Razali, (2012).

Menurut Christiani (2008), dalam penelitiannya diperoleh massa jenis serat ijuk 1,136 gram/cm³, kandungan kimia berupa kadar air 8,90 %; *selulosa* 51,54 %; *hemiselulosa* 15,88 %; *lignin* 43,09 % dan abu 2,54 % dan dari pengujian kandungan unsur serat ijuk yang menggunakan Analisis Aktivasi Neutron (AAN) diperoleh kandungan unsur : Cl-38, Mn-56, K-42, Br-82, La-140, Cr-51, Fe-59, Hg 203 Sc-46 dan Zn-65.

2.4 Matrik

2.4.1 Jenis-jenis Matrik

Matriks berfungsi sebagai penyambung serat dari kerusakan atau abrasi yang terjadi antar serat, 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. Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat serat, tidak diutamakan untuk menahan atau menerima beban. Menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks.

Matriks polimer paling banyak digunakan untuk memproduksi material komposit. Beberapa keuntungan menggunakan matriks polimer

yaitu: murah, ringan, ketahanan kimiawinya tinggi serta pemrosesan untuk pembuatan produknya mudah. Adapun jenis polimer yaitu:

1. Termoplastik

Resin ini mempunyai rantai molekul yang sangat panjang, berkisar dari ratusan sampai ribuan link. Akibatnya resin tipe ini mempunyai kekentalan yang tinggi. Resin ini akan cair pada temperature 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 matrik termoplastik: *Polyamide* (PI), *Polysulfone* (PS), *Polyetheretherketon* (PEEK), *Polyethylene Sulfide* (PPS), *Polyethylene* (PE) dll.

2. Termoset

Resin ini tidak dapat kembali ke bentuk semula apabila dipanaskan. Resin termoset adalah tipe resin yang paling umum dipakai sebagai material komposit. Resin termoset menjadi populer penggunaannya dalam komposit dengan sejumlah alasan antara lain: 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. Dalam penelitian ini resin yang digunakan adalah resin jenis ini.

Karakteristik resin termoset:

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

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

2.4.2 Epoksi

Resin ini mempunyai kegunaan yang luas dalam industry teknik kimia, listrik, mekanik dan sipil sebagai perekat, cat pelapis, pencetakan cor dan benda-benda cetakan. Resin epoksi bereaksi dengan pengeras dan menjadi unggul dalam kekuatan mekanik dan ketahanan kimia. Sifatnya bervariasi tergantung pada kondisi dan pencampuran pada pengerasnya (Harper, 1996).

Resin epoksi mempunyai keuntungan dan kekurangan (Harper, 1996) antara lain:

1. Keuntungan:

- a. Mempunyai sifat adhesiv yang baik untuk fiber dan resin
- b. Hampir semua plastik dapat melekat cukup kuat kecuali resin silicon, Fluoresin, polietilen dan polipropilen.
- c. Tidak ada efek samping terhadap suatu produk yang telah di bentuk atau dicetak (saat curing)
- d. Mempunyai tingkat penyusutan volume yang rendah setelah dibentuk atau dicetak (saat curing) dan kestabilan dimensinya baik
- e. Tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap banyak asam
- f. Fleksibilitas dan kekuatan tinggi
- g. Mempunyai sifat kelistrikan yang baik
- h. Tahan terhadap korosi

2. Kekurangan:

- a. Koefisien muai Thermal tinggi
- b. Sensitif terhadap sinar ultraviolet
- c. Menyerap embun
- d. Sulit untuk dikombinasikan antara sifat ketangguhan (*toughness*) dan ketahanan terhadap temperature yang tinggi (*high temperature resistance*)
- e. Lambat pada saat dibentuk (*slow curing*)

2.5 Alkali (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH) 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. 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 (Bismarck dkk, 2002) Gambar 2.9 menunjukkan contoh serpih alkali NaOH.

Penggunaan NaOH selain untuk komposit diantaranya:

1. Digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu.
2. Digunakan sebagai basa pada proses produksi tekstil, air minum, sabun, dan detergen.



Gambar 2.9 Serpih Alkali (NaOH)

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

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

2.7.1 Debonding

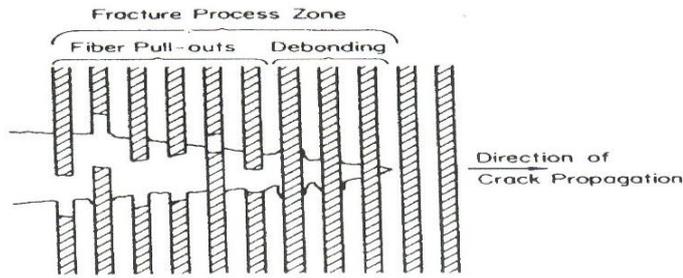
Adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak *rein* dengan serat, serat yang terlepas dari ikatan tidak lagi terbungkus oleh resin. Hal ini disebabkan gaya geser pada *interface* atau gaya tarik antara dua elemen yang saling kontak yang tidak mampu ditahan oleh resin, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. (Schwartz, 1984).



Gambar 2.10 Debonding (Schwartz, 1984)

2.7.2 Fiber Pull Out

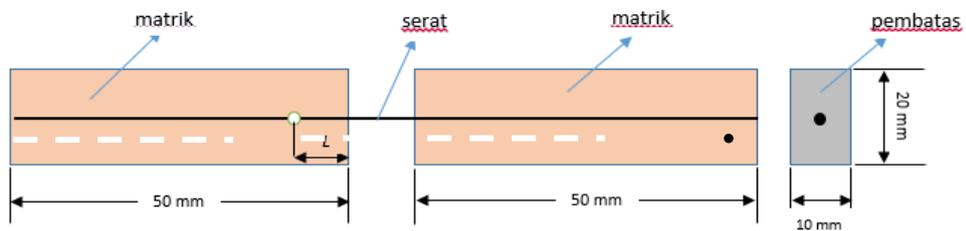
Adalah tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposit masih mampu menahan beban yang mampu ditahan menurun. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat *debonding* dan patahnya serat, Gambar 2.11. (Schwartz, 1984).



Gambar 2.11 *Fiber pull out (Schwartz, 1984)*

2.8 Pembebanan Fiber Pull-Out

Pada pengujian fiber full-out 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 epoksi. Bentuk spesimen ditunjukkan pada Gambar 2.12. Dengan pengujian tarik dapat diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang.



Gambar 2.12 Bentuk spesimen

1. Panjang Kritis (l_c)

Besarnya panjang kritis dari ijuk aren dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$l_c = \frac{\sigma d}{4 \tau} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

l = panjang kritis (mm)

d = diameter (mm)

σ = tegangan tarik (MPa)

τ = kuat geser *interfacial* matrik serat (MPa)

Sumber : Khoirudin, dkk (2013)

2. Tegangan Tarik (σ)

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

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

σ = tegangan tarik (MPa)

P = beban tarik maksimum (N)

$A = \frac{\pi}{4} d^2$ = luas penampang (mm²)

3. Kuat Geser (τ)

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

$$\tau = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

τ = kuat geser (MPa)

P = beban 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 (mm)