

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Penelitian yang berkaitan dengan komposit serat ijuk dengan matriks epoksi diantaranya adalah Widodo (2008) yang melakukan pengujian tarik dan dampak pada komposit serat ijuk acak bermatriks epoksi. Dengan memperhatikan sifat mekaniknya diperoleh hasil kekuatan tarik komposit tertinggi sebesar 5,538 kgf/mm<sup>2</sup> pada fraksi berat ijuk 40% dengan rata-rata kekuatan tarik sebesar 5,128 kgf/mm<sup>2</sup>. Kekuatan dampak komposit tertinggi sebesar 33,395 Joule/mm<sup>2</sup> pada fraksi berat ijuk 40% dengan kekuatan dampak rata-rata 11,132 Joule/mm<sup>2</sup>.

Munandar dkk (2013) meneliti kekuatan tarik serat tunggal ijuk dengan variasi diameter serat besar dan kecil kemudian diperoleh hasil kekuatan tarik dari serat kecil sebesar 208,22 MPa dengan regangan 0,192%, modulus elastisitas 5,37 GPa dibandingkan serat besar dengan kekuatan tarik 198,15MPa, regangan 0,37%, modulus elastisitas 2,84 GPa Dalam penelitiannya, nilai kekuatan tarik serat kecil lebih besar dibandingkan serat besar disebabkan oleh rongga pada serat ijuk kecil lebih kecil dibandingkan serat ijuk besar.

Bachtiar (2008) menunjukkan bahwa lamanya perendaman alkali pada serat ijuk aren mempengaruhi sifat mekanik kekuatan tariknya. Dalam penelitiannya, variasi perendaman terdiri dari lama perendaman satu jam, empat jam, dan delapan jam dengan kadar alkali 5% lalu diuji tarik berdasarkan ASTM D638-99 dengan hasil kekuatan tarik terbesar ada pada variasi perendaman satu jam yaitu 49,88 MPa kemudian disusul variasi perendaman delapan jam yaitu 41,88 MPa dan variasi perendaman empat jam 37,56 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama

perendaman mengakibatkan kerusakan pada morfologi serat dan memperbesar rongga-rongga di dalam serat sehingga menurunkan kekuatannya.

## 2.2 Komposit

Komposit adalah material yang saat ini banyak diteliti oleh ilmuwan dalam rangka mencari material baru dengan karakteristik yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan, mudah didapat, ramah lingkungan dan lebih ekonomis. Salah satu alasan para ilmuwan tertarik untuk meneliti material komposit karena bahan pengikat (*binder phase*) dan bahan penguatnya (*reinforcement phase*) dapat divariasikan dengan bahan yang ada di sekitar baik bahan sintetis maupun bahan alami. Material komposit yang diperkuat dengan serat merupakan material komposit yang banyak digunakan karena kekakuan dan kekuatan spesifiknya yang jauh di atas material teknik pada umumnya, dan yang sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan.

Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur karena komposisi serat lebih kuat dari pada bentuk butiran, mempunyai kekakuan serat yang solid dan matriknya lebih fleksibel. 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 (Schwardz, 1984).

Massa komposit dapat dicari dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_c = m_f + m_m \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:  $M_c$  = massa komposit (gr)  
 $m_f$  = massa serat (gr)  
 $m_m$  = massa matrik (gr)

Massa jenis komposit dapat dicari dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:  $\rho_c$  = massa jenis komposit (gr/cm<sup>3</sup>)  
 $m_c$  = massa komposit (gr)

$$V_c = \text{volume komposit (gr/cm}^3\text{)}$$

Volume komposit

$$V_c = p.l.t \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:  $p$  = panjang material (cm)

$l$  = lebar material (cm)

$t$  = tinggi material (cm)

Fraksi volume serat

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:  $W_f$  = fraksi massa serat (%)

$m_f$  = berat serat (gr)

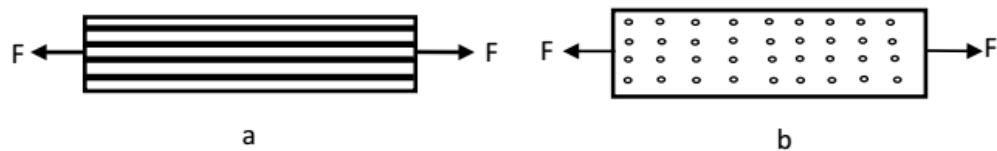
$m_c$  = berat komposit (gr)

### 2.2.1 Komposit serat *unidirectional*

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 yang mempengaruhi *property* mekanik dari lamina (Gibson, 1994). Serat alam yang dikombinasikan dengan resin sebagai matrik akan dapat menghasilkan komposit alternatif yang salah satunya berguna untuk aplikasi material industri. Dengan memvariasikan jenis penyusunan serat secara searah ( *Unidirectional* ), diharapkan dapat menghasilkan properti mekanik komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif.

Keistimewaan komposit serat panjang searah adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya. Perbedaan serat panjang searah dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matriks akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang.

Beberapa prinsip dasar tentang respon elastis terhadap tegangan dapat diperoleh dari model mekanik dimana serat kontinyu memiliki satu-arah (*unidirectional*) dalam matrik isotropic tanpa void seperti terlihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



**Gambar 2.1** Model pengarah filament satu arah dalam komposit (a) paralel dan (b) seri (Smallman, 1999)

Diasumsikan bahwa rasio Poisson material serat sama dengan rasio Poisson matrik. Menggunakan notasi  $c$ ,  $f$ ,  $m$ ,  $l$ , dan  $t$  dapat dikenali nilai sifat untuk komposit ( $c$ ), serat ( $f$ ), matrik ( $m$ ), arah longitudinal ( $l$ ), dan arah transversal ( $t$ ).  $V_f / V_m$  adalah rasio fraksi volume serat dan matrik, dimana  $(1 - V_f) = V_m$ . Beberapa sifat longitudinal tertentu dari komposit dapat dijabarkan dari model “parallel” pada Gambar 2.1 a dan penerapan kaidah campuran. Untuk keadaan iso regangan (*isostrain*).

Modulus elastisitas komposit dapat dihitung berdasarkan ROM dengan :

$$E_C = V_f \cdot E_f + V_m \cdot E_m \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:  $E_C$  = Modulus Elastisitas komposit (MPa)

$E_f$  = Modulus Elastisitas Serat (MPa)

$E_m$  = Modulus Elastisitas matrik (MPa)

Apabila rasio modulus dan/atau fraksi volume serat meningkat, maka semakin banyak tegangan ditransfer ke serat. Apabila rasio modulus sama dengan satu maka komposit sedikitnya harus mengandung 50% ( $V_f / V_m$ ) serat bilamana serat harus memikul beban yang sama dengan matrik.

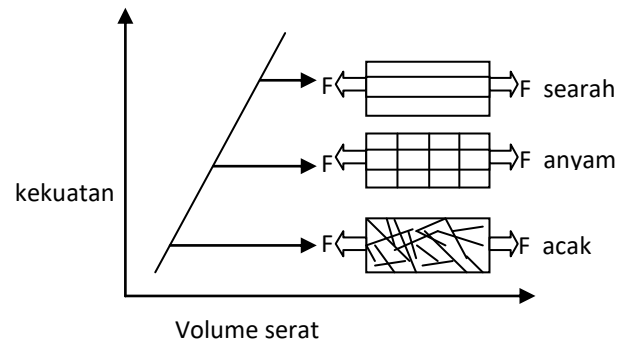
Susunan alternatif dari serat terhadap tegangan kerja dapat dilihat pada Gambar 2.1b yaitu filamen tersusun secara seri, dimana tegangan kerja yang diberikan tegak lurus terhadap filamen. Arah orientasi serat merupakan hal

penting dalam penguatan komposit, karena arah orientasi berkaitan erat dengan penyebaran gaya yang bekerja pada komposit. Distribusi dari serat paling maksimum jika arah serat paralel dengan arah pembebanan (Gambar 2.1a). Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut serat, kekuatan akan melemah jika arah keduanya saling tegak lurus (Gambar 2.1b)

### 2.3 Serat

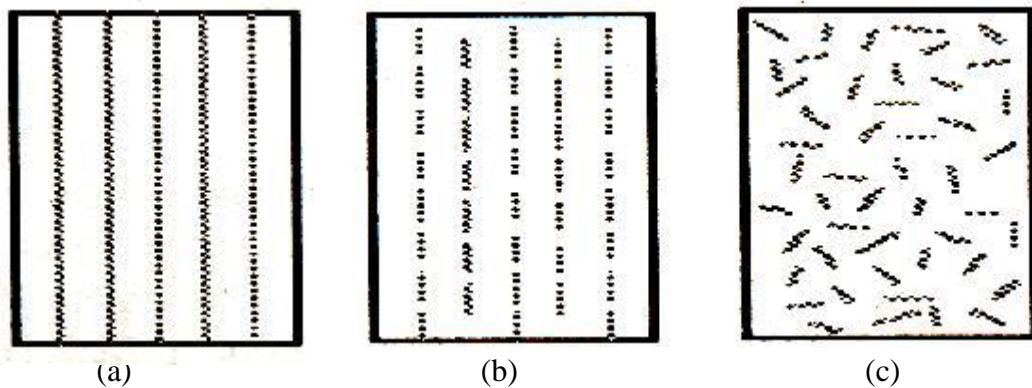
Dalam produksi material komposit, terdapat berbagai macam bentuk penguatan (*reinforcement phase*) yang digunakan, namun saat ini yang paling banyak digunakan adalah penguat serat. Serat merupakan suatu material penguat pada komposit. Serat tersebut berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Jumlah serat, panjang serat, model serat atau bentuk serat dan komposisi serat merupakan faktor yang penting untuk menentukan kekuatan komposit serat. Semakin banyak serat yang terdapat dalam material komposit, maka kekuatan mekanis (*strength*) akan semakin tinggi (*Schwardz, 1984*).

Berdasarkan jenisnya, serat terbagi menjadi dua yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang berasal dari alam, biasanya berupa serat organik dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat alam yang sudah dimanfaatkan diantaranya adalah: kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, nanas dan serat kenaf atau goni. Kelemahan serat ini salah satunya terletak pada ukuran serat yang tidak seragam. Faktor usia sangat mempengaruhi kekuatan serat. Serat sintetis adalah serat yang terbuat dari bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain: serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon dan lain-lainnya. Beberapa kelebihan serat sintetis adalah sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama di sepanjang serat. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat hubungan antara kekuatan pada komposit dengan orientasi seratnya.



**Gambar 2.2.** Grafik hubungan antara kekuatan dan susunan serat pada komposit  
(Schwartz, 1984)

Kekuatan komposit berpenguat serat dipengaruhi oleh arah seratnya.. Secara umum arah serat pada komposit berpenguat serat dapat dibagi menjadi tiga seperti pada Gambar 2.3.

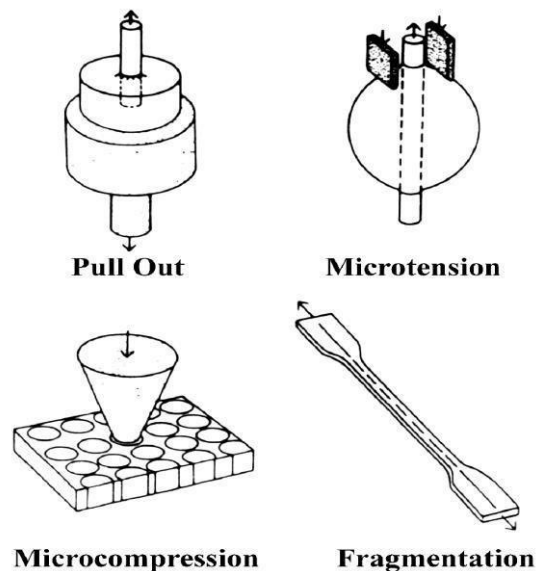


**Gambar 2.3.** (a) Serat panjang dengan arah yang sama, (b) Serat pendek dengan arah yang sama, (c) Serat pendek dengan arah acak (Schwartz, 1984).

### 2.3.1 Ikatan antar serat dengan matriks

Ikatan antara serat dengan matriks memiliki efek pada sifat mekanik komposit yang diperkuat serat. Secara khusus, kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh efisiensi transfer beban dari matriks ke serat melalui geser pada antarmuka. Oleh karena itu, sejumlah tes mekanik telah dikembangkan untuk mengukur kapasitas antarmuka untuk mentransfer tegangan dari matriks ke serat dalam komposit. Beberapa metode pengujian yang telah digunakan untuk mengevaluasi kemampuan perikatan antara serat dengan matriks seperti : (1) *pull*

out, (2) *microtension*, (3) *microcompression*, (4) *fragmentation*, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.4.



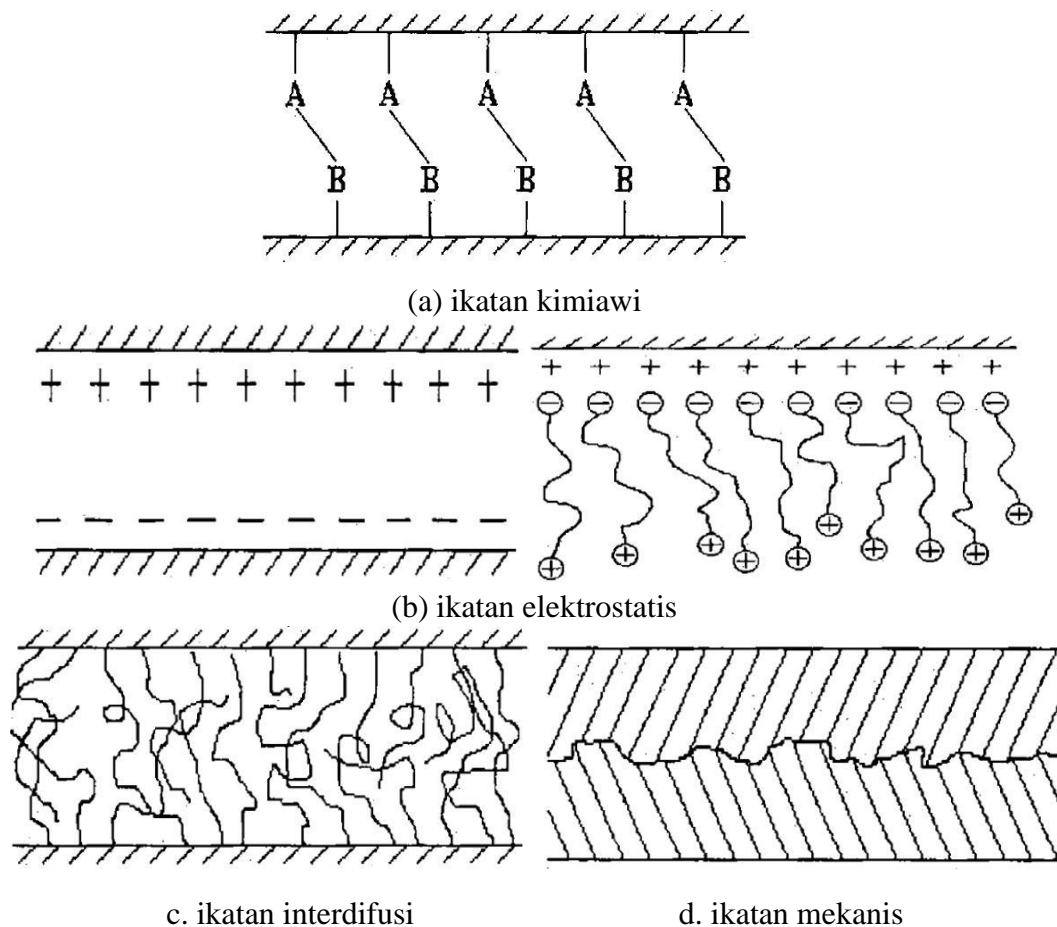
**Gambar 2.4** Metode Pengujian Kekuatan Perikatan Serat dengan Matriks (Weiqun, 1997)

Perikatan antar muka (*interfacial*) serat dengan matriks terdiri dari beberapa model perikatan yaitu : (a) ikatan kimiawi, (b) ikatan elektrostatis ion, (c) ikatan interdifusi reaksi molekul, dan (d) ikatan mekanis (*interlocking*) sebagaimana diperlihatkan Gambar 2.5

- Ikatan kimia merupakan ikatan antar elektron donor dan elektron penerima. Ikatan kimia terdiri dari ikatan ion, ikatan kovalen dan Van der Waals. Serat yang diberi perlakuan permukaan dengan cara pelapisan (*sizing*) dengan *coupling agent* akan mengalami interaksi dengan matriks akan melalui mekanisme ikatan kimia ini.
- Ikatan elektrostatis hanya terjadi pada material yang mampu memindahkan elektron akibat adanya gaya elektrostatis. Ikatan ini sering ditemukan pada material logam yang memiliki sifat konduktor, akan tetapi pada bahan polimer sukar terjadi ikatan elektrostatis karena bersifat insulator.
- Ikatan interdifusi merupakan ikatan interaksi antara molekul-molekul matrik polimer yang membentuk rantai-rantai molekul yang bersifat mampu saling

tukar. Hal ini terjadi bila polimer bertemperatur di atas temperatur transisi gelas dan kompatibel.

- d. Ikatan mekanis atau *interlocking* terjadi antara permukaan serat dengan matriks yang memiliki morfologi tidak teratur atau tidak rata. Ketidakteraturan atau ketidakrataan permukaan serat akan menghasilkan kemampuan rekat serat-matriks yang dikenal perilaku *lock and key* (Marsyahyo, 2009)



**Gambar 2.5** Jenis-jenis Ikatan antara Serat dan Matriks (Marsyahyo, 2009).

### 2.3.2 Perlakuan serat

Serat memiliki sifat alami yaitu *hydrophilic*, artinya suka terhadap air. Sedangkan polimer bersifat *hydrophobic*, artinya tidak suka terhadap air. Penelitian tentang efek perlakuan alkali terhadap morfologi permukaan serat alam selulosa menunjukkan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi



sehingga sifat alami *hydrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matriks secara optimal (Hartanto, 2009).

Sifat mekanis komposit sangat dipengaruhi oleh perikatan antara matriks dan serat. Penelitian lain juga memberi perlakuan kimia pada serat dengan menggunakan  $H_2O_2$ , dan NaOH. Perlakuan dengan NaOH memiliki efek tertinggi pada kekuatan tarik dan modulus tarik, menghasilkan komposit dengan sifat tarik terbaik. Variasi konsentrasi NaOH memberikan pengaruh pada permukaan serat dimana konsentrasi NaOH 5% menghasilkan komposit dengan nilai optimum kekuatannya  $97,356 \text{ N/mm}^2$  (Maryanti, 2011). Natrium Hidroksida (NaOH) NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

Perlakuan alkali yang biasa dikenal dengan nama merserisasi merupakan salah satu perlakuan kimia yang banyak digunakan pada serat alam apabila serat akan digunakan sebagai penguat pada matriks, baik matriks termoplastik maupun termoset. Modifikasi perlakuan alkali akan membuka ikatan hidrogen sehingga akan membuat permukaan serat menjadi lebih kasar. Adanya perlakuan alkali pada serat akan menghilangkan sejumlah lignin, lilin, maupun kotoran-kotoran lainnya yang terdapat pada permukaan serat, sehingga terjadi depolimerisasi pada selulosa dan membuat rantai selulosa pada serat menjadi lebih pendek. Dalam hal ini penambahan NaOH akan membuat ionisasi gugus OH pada serat sehingga akan menjadi alkalisasi. Dalam komposit polimer, metode perlakuan alkali pada serat selulosa merupakan modifikasi kimia yang telah dilakukan untuk meningkatkan *adhesi* antara permukaan serat selulosa dan matriks polimer karena menghasilkan ikatan yang baik. Perlakuan alkali pada serat akan memberikan dua efek terhadap serat yaitu (1) meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga akan menghasilkan *interlocking* yang lebih baik, (2) akan meningkatkan jumlah selulosa yang terlepas (Mohanty, 2005).

Namun demikian, perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Padahal, selulosa itu sendiri sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Akibatnya, serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu lama mengalami degradasi kekuatan yang signifikan. Sebagai akibatnya, komposit yang diperkuat serat rami dengan perlakuan alkali yang lebih lama memiliki kekuatan yang lebih rendah. Regangan bahan komposit berpenguat serat rami juga menunjukkan adanya optimasi perlakuan 5% NaOH serat. Pada komposit yang diperkuat serat rami tanpa perlakuan, kegagalan didominasi oleh lepasnya ikatan antara serat dengan matriks yang diakibatkan oleh tegangan geser di permukaan serat.

Kegagalan tersebut didominasi oleh lepasnya ikatan serat dengan matriks. Jenis kegagalan ini sering disebut dengan istilah "*singel fiber pull out*". Pada kondisi kegagalan ini, matriks dan serat sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang yang lebih besar. Namun, berhubung ikatan antara serat dan matrik gagal, maka komposit pun mengalami kegagalan lebih awal. Besarnya regangan dan tegangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah. Dengan memberikan perlakuan NaOH, maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat sehingga kegagalan dapat terjadi secara bersama-sama. Besarnya tegangan dan regangan yang terjadi akan mengalami peningkatan. Jika perlakuan NaOH terlalu lama maka serat mengalami degradasi kekuatan. Besarnya tegangan dan regangan yang mampu ditahan oleh komposit menjadi menurun.

### **2.3.3 Serat ijuk**

Serat ijuk adalah serat alam yang berasal dari pohon aren (*arenga pinnata*). Tanaman aren merupakan jenis tanaman palma yang penyebarannya cukup luas di Indonesia. menurut data dari Direktorat Jendral Perkebunan (Dirtjenbun) dan Balai Penelitian Kelapa dan Palma (Balitka) pada tahun 2010, luas tanaman aren di Indonesia sekitar 59.388 ha dengan produksi gula aren sekitar 33.181 ton gula aren. Namun demikian, pada umumnya tanaman aren masih tumbuh secara liar walaupun ada beberapa daerah yang telah mulai

membudidayakannya. Aplikasi serat ijuk masih banyak digunakan secara tradisional seperti dipintal sebagai tali (tali ijuk), sebagai sapu atau dijadikan atap, selain itu dalam konstruksi bangunan ijuk digunakan sebagai lapisan penyang (filter) pada sumur resapan. Ijuk mempunyai sifat awet dan tidak mudah busuk baik dalam keadaan terbuka (tahan terhadap cuaca) maupun tertanam dalam tanah (Christiani, 2008).

Salah satu keistimewaan ijuk adalah sifatnya yang tahan lama. Hal ini dibuktikan oleh adanya penemuan benda purbakala yang diperkirakan peninggalan abad ke 8, penemuan pasak – pasak kayu yang lapuk tetapi tali pengikat yang terbuat dari ijuk bewarna hitam masih relatif kuat membuktikan bahwa serat ijuk mampu bertahan hingga ribuan tahun lebih.

Serat ijuk merupakan salah satu serat yang tahan terhadap asam dan garam air laut, hal ini telah dibuktikan dari salah satu bentuk aplikasi serat ijuk sebagai tali ijuk yang digunakan oleh nenek moyang kita untuk pengikat berbagai peralatan nelayan dilaut.

Struktur dasar jaringan ijuk yang terdiri atas serat-serat yang sebagian besar berbentuk bulat memanjang dan bercabang-cabang serta saling menjalin satu sama lain dengan permukaan yang halus berpotensi menghalangi penetrasi rayap.

Serat ijuk juga sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu bangunan yang ditanam dalam tanah hal ini agar memperlambat pelapukan kayu dan mencegah serangan rayap. Kegunaan tersebut didukung oleh sifat ijuk yang elastis, keras, tahan air, sulit dicerna oleh organisme perusak serta sifat mekanik seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan kandungan kimianya pada Tabel 2.2.

**Table 2.1.** Kekuatan tarik rata-rata serat ijuk (Munandar, 2013)

No	Diameter	Sifat Mekanik		
		Stress (Mpa)	Strain	Modulus elastisitas (Gpa)
1	0,25-,35	208,22	0,19	1,07
2	0,36-0,45	198,15	0,28	0,71
3	0,46-0,55	173,43	0,37	0,46

**Tabel 2.2.** Kandungan kimia serat ijuk (Christiani, 2008)

Kandungan	Kadar %
Kadar air	8,895
Selulosa	51,54
Hemiselilosa	15,88
Lignin	43,09
Kadar abu	2,54

## 2.4 Matriks

Menurut Gibson (1994), resin dalam struktur komposit dalam berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Resin biasanya juga disebut matriks syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit ialah matriks harus dapat meneruskan beban, sehingga serat harus dapat melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matriks, artinya tidak ada reaksi yang mengganggu. Umumnya matrik dipilih yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi (Hartanto, 2009)

Secara umum matriks ialah bahan yang akan diperkuat dengan serat. Matriks bersifat cair dengan viskositas yang rendah, yang akan mengeras setelah terjadinya proses polimerisasi. Matriks berfungsi sebagai pengikat (*bounding*) antara serat yang satu dengan yang lainnya, dan menghasilkan ikatan yang kuat sehingga terbentuk material komposit yang padu, yaitu material yang memiliki kekuatan pengikat (*bond strength*) yang tinggi.

Menurut Hartanto (2009) pada bahan komposit matriks mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut :

- a. Matriks memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- b. Pada saat pembebanan, merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan keunsur utamanya yaitu serat.
- c. Memberikan sifat tertentu, misalnya *ductility*, *toughness*, dan *electrical insulation*.

Pemilihan matriks harus didasarkan pada kemampuan elongisasi saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan *filler*. Selain itu juga perlu diperhatikan berat jenis, viskositas, kemampuan membasahi *filler*, tekanan dan suhu *curing*, penyusutan, dan *voids*. *Voids* (kekosongan) yang terjadi pada matriks sangatlah berbahaya, karena pada bagian tersebut serat tidak didukung oleh matriks, sedangkan serat selalu akan mentransfer tegangan ke matriks.

Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya retak, 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. Matriks yang umum dipakai ialah resin *thermosetting*, yaitu material yang tidak bisa menjadi lunak kembali bila dilakukan pemanasan ulang walaupun di atas temperatur pembentuknya. Bila panas terus diberikan material akan terurai menjadi karbon (hangus), dengan kata lain material tidak dapat kembali ke bentuk semula. Beberapa contoh matriks jenis ini ialah:

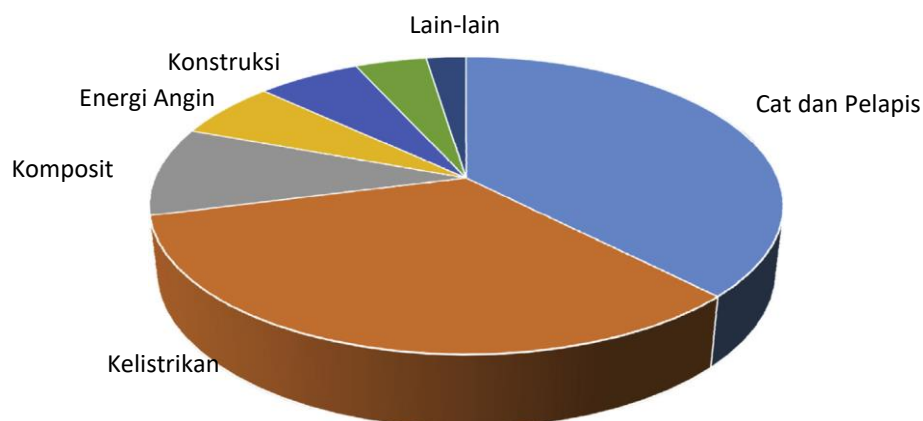
- a. *Phelonik*, mempunyai sifat sangat keras, rigid dengan modulus elastisitas yang baik dibanding dengan resin lainnya karena sifatnya yang keras, kuat, mudah dibentuk, mudah diberi warna dan tidak transparan.
- b. *Polyester*, dalam kebanyakan hal resin polyester tak jenuh ini disebut polyester saja. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu ruang dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu

penge-setan seperti banyak resin termoseting yang lainnya, maka tak perlu diberi tekanan untuk pencetakan.

*c. Epoxy*, mempunyai sifat ulet, elastis, tidak bereaksi dengan sebagian besar bahan kimia dan mempunyai dimensi yang lebih stabil. Dilihat dari struktur kimianya epoxy sebenarnya adalah polyester, berbeda dengan polymer lain karena molekulnya lebih pendek. Bila diberi bahan penguat komposit epoxy mempunyai kekuatan yang lebih baik di banding resin yang lain.

### 2.4.1 Epoksi

Epoksi adalah salah satu thermoset yang paling serba guna dengan berbagai bidang aplikasi seperti ditunjukkan pada gambar 2.6



**Gambar 2.6** Perbandingan pasar dunia untuk epoksi (Gibson, 2017)

Epoksi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada *polyester* pada keadaan basah, namun tidak tahan terhadap asam. Epoksi mempunyai tiga sifat yang utama yaitu: (a) Sifat fisik, sebagaimana jenis plastik lain kebanyakan plastik adalah isolator listrik dan konduktor panas yang baik. Kecuali jika ditambahkan campuran lain misalnya serbuk logam/karbon lain. (b) Sifat kimia, Sebagaimana umumnya plastik, secara kimia plastik termasuk inert. Dalam jangka lama, sinar ultraviolet mempengaruhi struktur kimia plastik. (c) Sifat mekanik, Dalam bentuk asli epoksi resin keras dan getas tetapi dalam penggunaan, plastik hampir selalu mengandung bahan campuran lain untuk menyesuaikan sifat mekaniknya. Sifat mekanik sangat banyak dimodifikasi sifatnya, baik dari sisi

kekuatan, kekenyalan, keuletan, sampai kearah sobekan. Spesifikasi epoksi dapat dilihat pada Table 2.3.

Resin *epoxy* termasuk ke dalam golongan *thermosetting*, sehingga dalam pencetakan perlu diperhatikan hal sebagai berikut: (a). Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan. (b). Dapat diukur dalam temperatur kamar dalam waktu yang optimal. (c). Memiliki viskositas yang rendah disesuaikan dengan material penyangga. (d). Memiliki kelengketan yang baik dengan material penyangga.

**Tabel 2.3.** Spesifikasi matriks epoksi (Surdia, 1992)

Sifat-sifat	Satuan	Nilai Tipikal
Massa Jenis	Gram/cm <sup>3</sup>	1,17
Penyerapan air (suhu ruang)	°C	0,2
Kekuatan tarik	Kgf/mm <sup>2</sup>	5,95
Kukuatan tekan	Kgf/mm <sup>2</sup>	14
Kekuatan lentur	Kgf/mm <sup>2</sup>	12
Temperatur pencetakan	°C	90

## 2.5 Pengujian Material (*Material Testing*)

Sebelum memutuskan jenis material apa yang akan digunakan dalam membuat suatu komponen mesin, para ilmuwan telah melakukan serangkaian pengujian pada beberapa material untuk mengetahui sifat mekaniknya, hasil pengujian tersebut akan dijadikan sebagai referensi ilmuwan dalam memilih material yang sesuai dengan kebutuhan.

Pada penelitian ini, dilakukan dua pengujian yaitu uji tarik (*tensile test*) dan uji tekan (*compression test*). Dari kedua pengujian tersebut akan diperoleh kekuatan tarik tekan, regangan dan modulus elastisitas dari material komposit searah berpenguat serat ijuk aren/epoksi.

Kekuatan tarik tekan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik tekan yang diperoleh dengan membagi beban maksimum dengan luas awal penampang melintang benda uji.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:  $\sigma$  = Tegangan (MPa)

$F$  = Beban (N)

$A_0$  = Luas area awal (mm<sup>2</sup>)

Regangan yang digunakan untuk kurva dengan tegangan regangan rekayasa adalah regangan rata-rata yang diperoleh dengan membagi perpanjangan spesimen dengan panjang awalnya.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:  $\varepsilon$  = Regangan

$\Delta L$  = Perubahan panjang (mm)

$L_0$  = Panjang awal (mm)

Modulus elastisitas adalah ketahanan deformasi elastis material ketika diberi beban tertentu. Modulus elastisitas diperoleh dari membagi perubahan tegangan dengan perubahan regangan.

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:  $E$  = Modulus elastisitas (MPa)

$\Delta \sigma$  = Perubahan tegangan (MPa)

$\Delta \varepsilon$  = Perubahan regangan

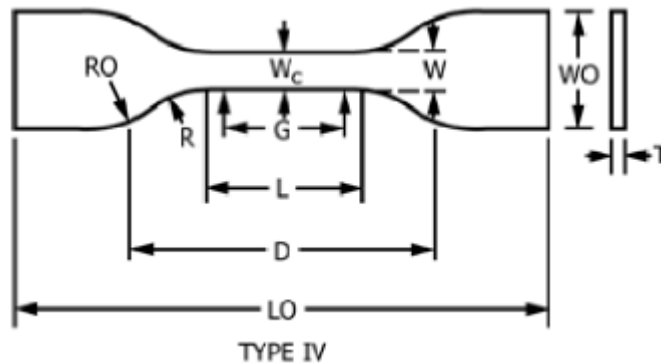
### 2.5.1 Pengujian tarik (*tensile test*)

Pengujian tarik adalah salah satu jenis dari pengujian merusak (*destructive test*) menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 untuk mengetahui modulus elastisitas, kekuatan tarik, tegangan tarik, rasio poisson, dan tegangan transisi dari suatu material. Pada uji tarik, spesimen diberi beban gaya tarik satu sumbu yang bertambah secara



kontinyu, bersamaan dengan itu, dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji.

Dalam penelitian ini, spesimen uji tarik dibuat berdasarkan *American Standard Testing Material* (ASTM) seri D638 dengan bentuk spesimen seperti Gambar 2.7 dan ukuran spesimen beserta toleransinya pada Tabel 2.4.

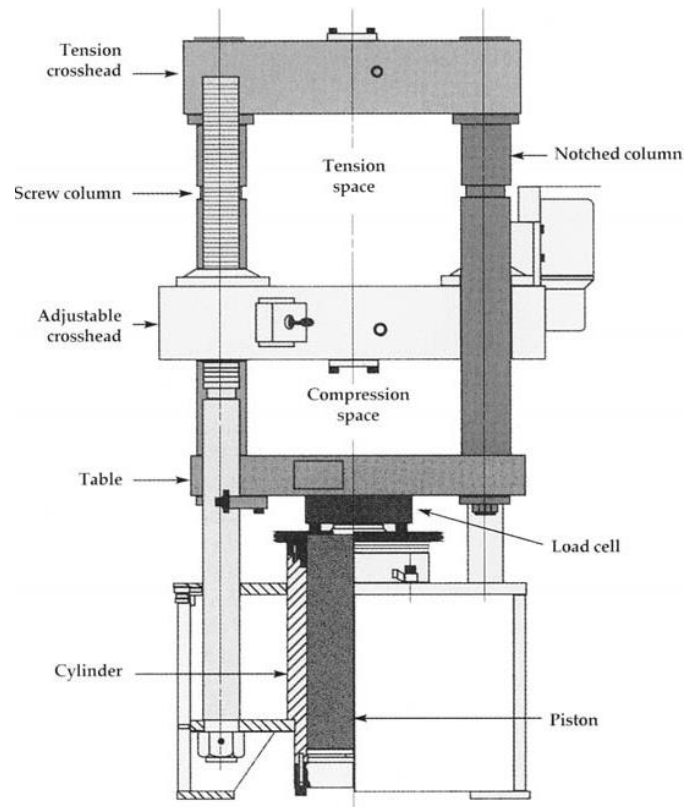


**Gambar 2.7** Spesimen tarik tanpa tab sesuai standar ASTM D638

**Tabel 2.4** Ukuran spesimen ASTM D638 dan toleransi

<i>Dimension</i>	<i>Size (mm)</i>	<i>Tolerances (mm)</i>
<i>W-Width of narrow section</i>	6	$\pm 0,5$
<i>L-Length of narrow section</i>	33	$\pm 0,5$
<i>WO-Width overall</i>	19	+ 6,4
<i>LO-Length overall</i>	115	No max
<i>G-Gage length</i>	25	$\pm 0,13$
<i>D-Distance between grips</i>	65	$\pm 5$
<i>R-Radius of fillet</i>	14	$\pm 1$
<i>RO-Outer radius</i>	25	$\pm 1$

Bentuk ujung spesimen (*shoulder*) uji tarik pada gambar 2.7 lebih besar dibandingkan bagian tengahnya (*gauge*), hal ini ditunjukkan sebagai daerah cengkaman mesin uji.



**Gambar 2.8** *Universal Testing Machine (UTM)*

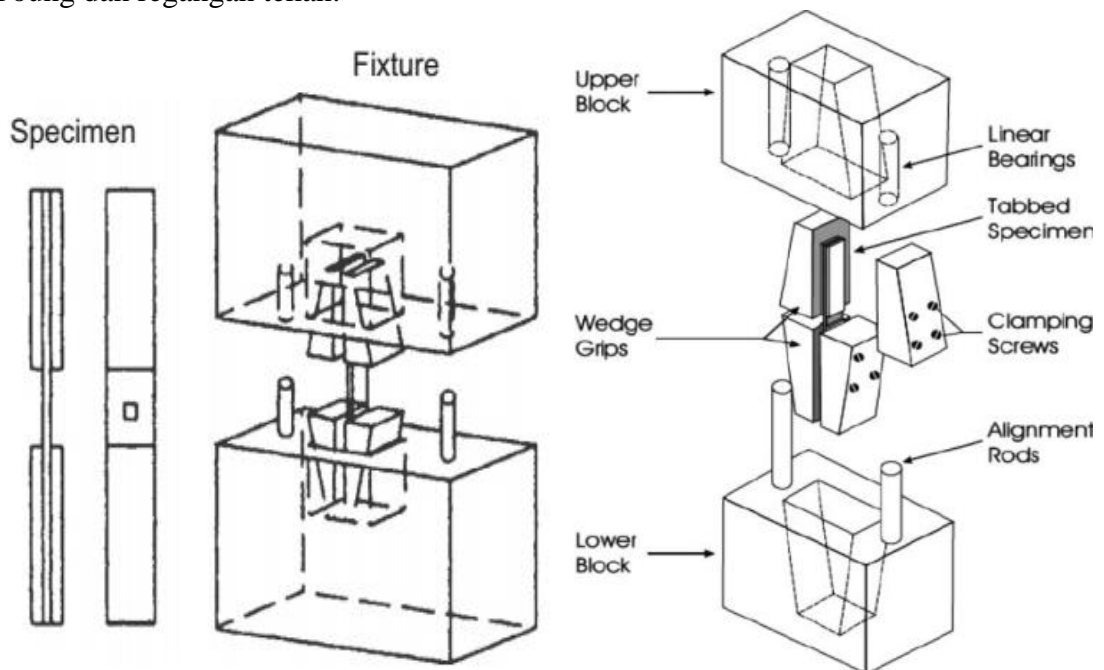
### 2.5.2 Pengujian tekan (*compression test*)

Pengujian tekan dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari bagaimana reaksi suatu material ketika ditekan dengan mengukur parameter fundamental yang menentukan perilaku spesimen di bawah beban tekan. Umumnya kekuatan tekan pada suatu material lebih tinggi dibandingkan kekuatan tariknya

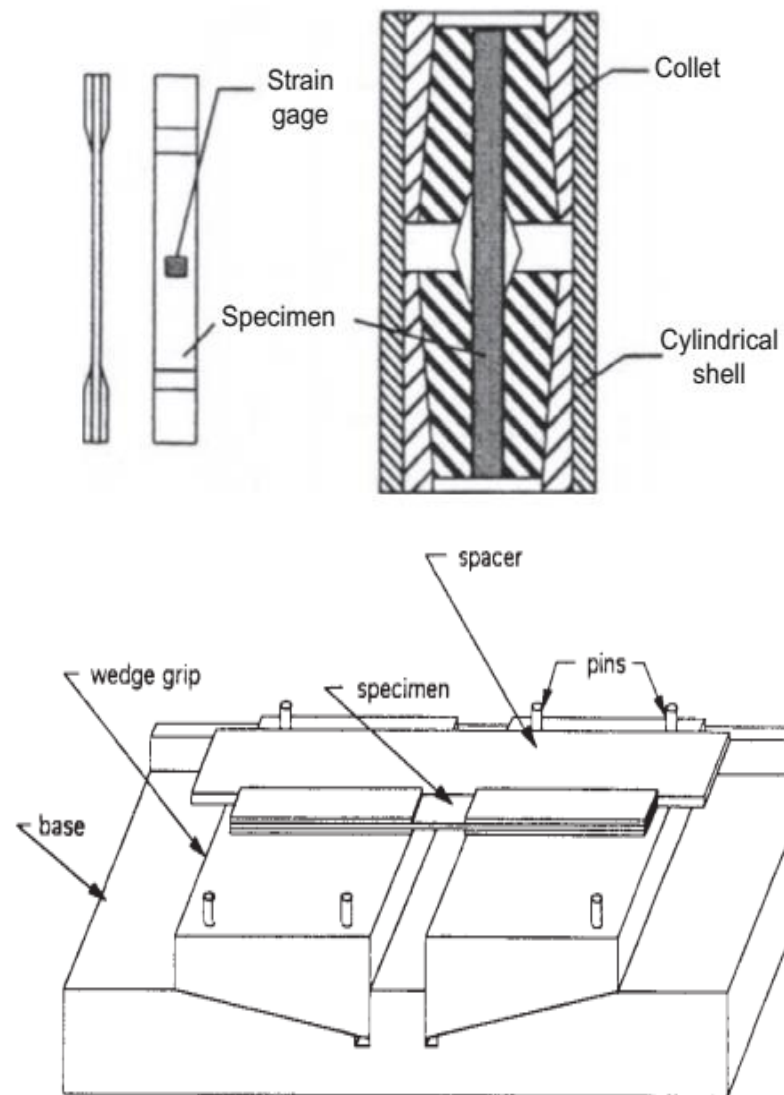
Dalam pengujian tekan material komposit salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kegagalan pada pengujian tekan mengacu pada ASTM D-3410 Metode ini mempunyai bentuk spesimen yang relative pendek . Sebagaimana pada pengujian tarik, luasan permukaan kedua ujung yang dijepit harus mencukupi untuk mentransfer gaya tekan melalui proses pembebanan geser. Disamping itu, kedua permukaan kontak tersebut juga diberi tab seperti pada spesimen uji tarik. Dengan demikian, terjadinya kegagalan pada mulut permukaan rahang jepit dapat dihindari. Panjang ukurnya sangat ditentukan oleh jaminan bahwa spesimen benar-benar mengalami pembebanan tekan, bukan tekuk, sehingga sangat tergantung pada ukuran tebal spesimennya. Dalam ASTM D-

3410 Dikenal dua model penjepitan spesimen, yakni model *Celanese* dan model IITRI (*Illinois Institute of Technology Research Institute*) yang dikembangkan oleh dua badan pengujian yang berbeda. Pada pengujian tekan model IITRI spesimen uji yang identik dengan model penjepit dan ditunjukkan pada Gambar 2.9.

*Straingage* dipasang pada spesimen, yaitu dimuat di antara potongan bergerigi yang dibatasi oleh basis baja padat. Untuk letak model penjepit sesuai dengan ASTM D-3410 letak geometri spesimen di tunjukkan pada gambar 2.10. Dari pengujian tekan dapat diperoleh data tentang kuat tekan, modulus elastisitas Young dan regangan tekan.



**Gambar 2.9.** Modifikasi grip untuk uji kompresi IITRI (Stab 1997)



**Gambar 2.10.** Tes celanese Perlengkapan dan spesimen (ASTM D 3410-75).  
 Dua Contoh Jig untuk Spesimen Alignment Dengan Wedge Grips Outside the  
 Fixture Housing Blocks ( Stab 1997