

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan dan optimasi serat ijuk telah dilakukan, antara lain Penelitian awal di lakukan (Munandar, dkk (2013)). dengan meneliti kekuatan mekanik serat ijuk tunggal dengan pengujian tarik ASTM D 3379-75 dan morfologi serat berdasarkan *photo Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil dari penelitian didapatkan bahwa semakin kecil diameter serat, maka kekuatan tarik semakin tinggi. Kekuatan tarik terbesar pada kelompok serat ijuk berdiameter kecil (0,25-0,35 mm) adalah sebesar 208,22 MPa, regangan 0,192%, modulus elastisitas 5,37 GPa dibandingkan kelompok serat 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 rongga serat berdiameter 0,25-0,35 mm.

Efri, (2013) mengkaji tentang pengaruh panjang serat terhadap sifat tarik dan fisik komposit berpenguat serat ijuk dengan panjang serat 30 mm, 60 mm, dan 90 mm. Lebih lanjut, pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up* dengan pencampuran resin *epoxy* dan *hardener* dengan perbandingan campuran 1:1 mengacu pada ASTM D638. Selanjutnya dilakukan pencampuran matrik dan serat dengan fraksi massa 80% : 20% menggunakan variasi panjang serat. Kemudian dilakukan pengujian tarik untuk resin epoxy murni dan untuk komposit dengan variasi panjang serat 30 mm, 60 mm, dan 90 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan regangan tertinggi dicapai pada komposit dengan panjang serat 90 mm. Kekuatan tarik yang didapat

sebesar 36,37 MPa dan regangan sebesar 9,34 %. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit ialah daya ikat serat dengan matrik, pendistribusian serat yang merata, dan panjang kritis serat. Hasil foto SEM pada patahan komposit serat ijuk menunjukkan terjadinya *fiber breaking*. Hal ini menunjukkan bahwa daya ikat antara matrik dan serat yang cukup baik, tetapi sebaran serat pada matrik tidak merata yang mengakibatkan kekuatan tarik komposit yang optimal tidak bisa dicapai.

Perdana, dkk (2016) dalam penelitiannya mengkaji pengaruh fraksi volume penguat terhadap kekuatan lentur green composite Untuk Aplikasi Pada Body Kendaraan. Penelitian ini menggunakan komposit serat hibrid yaitu penggabungan antara serbuk kalsium karbonat (CaCO_3) dan serat ampas tebu (bagasse). Matrix yang digunakan adalah resin polyester. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan bending tertinggi komposit hibrid berbasis bagasse dan serbuk kalsium karbonat adalah fraksi volume serat 20% bagasse dan 10% serbuk kalsium karbonat yang mempunyai kekuatan bending sebesar 59,76 MPa. Kekuatan bending dari komposit hibrid berbasis bagasse dan serbuk kalsium karbonat dengan variasi fraksi volume 10% : 20%, 15% : 15% dan 20% : 10% adalah 53,77 MPa, 54,90 MPa dan 59,76 MPa.

Irawan, dkk (2013) mengkaji kekuatan tekan dan flexural material komposit serat bambu epoksi, . Pengujian yang dilakukan meliputi uji tekan (*compressive strength*) ASTM D 695, uji *flexural (flexural strength)* ASTM D 730-03, dan uji kegagalan tekan prototipe produk socket ISO 10328. Hasil penelitian diperoleh kekuatan tekan sebesar 41,44 MPa; kekuatan *flexural* sebesar 98,32 MPa; dan kegagalan tekan prototipe socket prosthesis berbahan komposit serat bambu epoksi menunjukkan bahwa kekuatan tekan yang dihasilkan ($87,1 \pm 4,3$ kN).

Bachtiar, (2007) mengkaji efek perlakuan alkali pada sifat tarik komposit ijuk aren bermatrik epoksi, larutan yang di gunakan adalah NaOH, ijuk yang di gunakan berdiameter 0,3 – 0,35 dan variasi perendaman waktu 1 jam, 4 jam, dan 8 jam dengan kadar 5% larutan NaOH. Kekuatan tarik terbesar yaitu pada ijuk variasi rendaman

selama 1 jam dengan kekuatan tarik sebesar 49.88 MPa , 4 jam sebesar 37.56 MPa dan 8 jam 41.88 MPa. Analisa foto SEM menunjukkan tingkat waktu perendaman yang terlalu lama akan merusak morfologi serat dan rongga – rongga pada ijuk semakin membesar sehingga mempengaruhi kekuatan mekanis serat.

2.2 KOMPOSIT

Kemajuan Perkembangan ilmu dalam bidang teknologi melaju dengan sangat cepat, khususnya dalam industri. Sebagai contoh dalam dunia transportasi penerbangan, otomotif dan perkapalan merupakan aplikasi yang memerlukan bahan berdensitas rendah, tahan karat, ringan dan kuat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut saat ini diperlukan bahan komposit sebagai pengganti bahan konvensional di bidang-bidang tersebut.

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Dikarenakan karakteristik material pembentuknya berlainan maka akan diperoleh suatu material baru yang lebih baik dari material pembentuknya. Penggabungan secara makroskopis inilah yang membedakan komposit dengan paduan atau *alloy* yang penggabungan unsur-unsurnya secara mikroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1995). Keunggulan yang dimiliki komposit dibandingkan dengan material lain adalah memiliki kekuatan dan kekakuann spesifik yang lebih tinggi dibandingkan dengan material lain seperti baja, aluminium, beton, dan lain-lain (Matthews, 2000).

Penjelasan lain tentang komposit juga diutarakan oleh Van Rijswijk, dkk (2001), dalam bukunya *Natural Fibre Composites*, komposit adalah bahan hibrida yang

terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik.

Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

1. Material pembentuk. Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya.
2. Susunan struktural komponen. Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.
3. Interaksi antar komponen. Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda (Sirait, 2010).

Komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Komposit juga dapat dibentuk dari kombinasi dua atau lebih material, baik logam, organik ataupun inorganik. Kombinasi material di dalam komposit tidak terbatas, namun unsur pokok dari bentuknya terbatas. Unsur pokok dalam komposit adalah serat, partikel, lamina atau lapisan, *flake*, *filler*, dan matrik. Matrik adalah unsur pokok tubuh komposit yang menjadi bagian penutup dan pengikat struktur komposit. Serat, partikel, lamina (lapisan), *flake*, *filler* dan matriks merupakan unsur pokok struktur karena unsur tersebut menentukan struktur internal komposit (Schwartz, 1984 : 1.3).

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

Massa jenis komposit dapat dicari dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_c = m_c / V_c \dots\dots\dots(2.2)$$

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

m_c = massa komposit (gr)

v_c = volume komposit (gr/cm³)

Volume komposit

$$v_c = p \times l \times t \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan: P = panjang material (cm)

l = lebar material (cm)

t = tinggi material (cm)

Fraksi volume serat

$$W_f = m_f / m_c \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan: W_f = fraksi massa serat (%)

m_f = berat serat (gr)

m_c = berat komposit (gr)

2.3 KOMPOSIT SERAT ALAM DAN KANDUNGANNYA

2.3.1 Komposit Serat

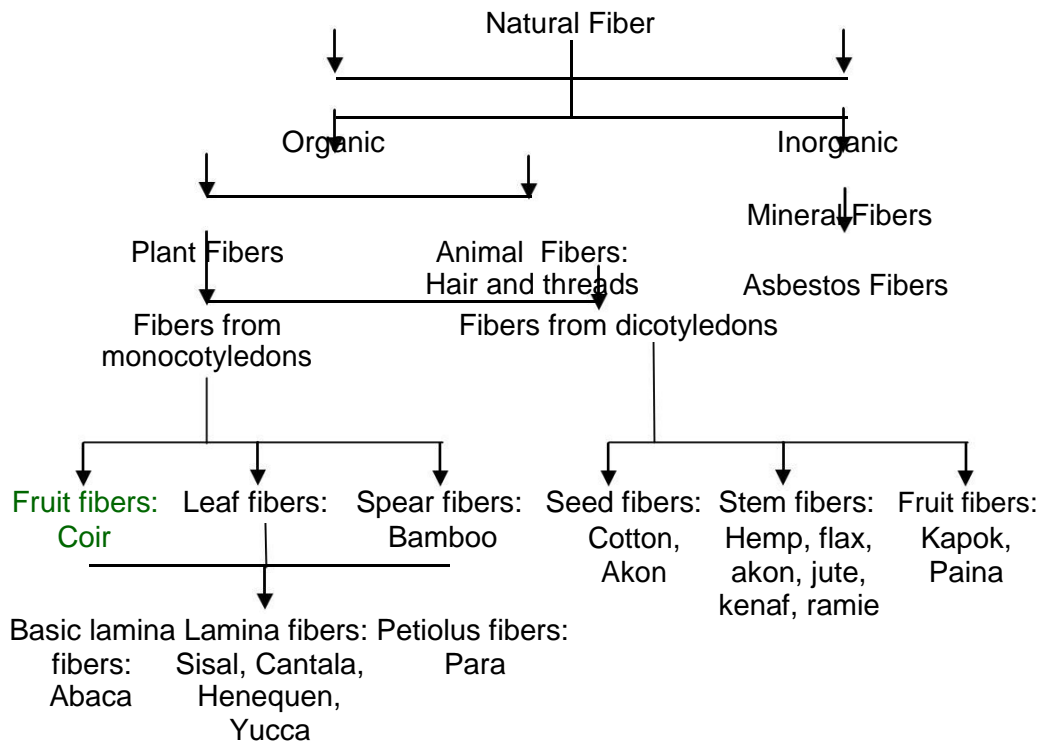
Serat merupakan suatu material penguat pada komposit. Serat tersebut berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Jumlah serat, panjang serat, model serat atau bentuk serat dan komposisi serat merupakan faktor yang penting untuk menentukan kekuatan komposit serat. Semakin banyak serat yang terdapat dalam material komposit, maka kekuatan mekanis (*strength*) akan semakin tinggi (*Schwardz, 1984*).

Berdasarkan jenisnya serat dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Serat alam
2. Serat sintesis.

2.3.1 Jenis Dan Kandungan Serat Alam

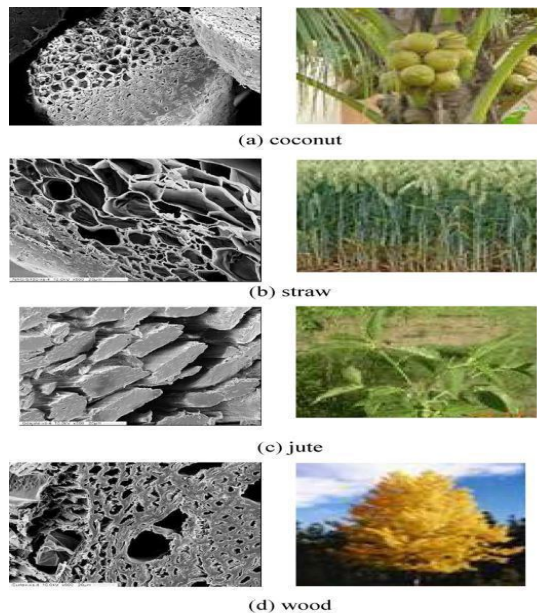
Ribuan tahun lalu material komposit telah digunakan dengan memanfaatkan serat alam sebagai penguat. Dinding bangunan tua di Mesir Yang telah berumur lebih dari 3000 tahun ternyata terbuat dari tanah liat yang diperkuat jerami (Jmasri,2008). Seorang petani memperkuat tanah liat dengan jerami, para pengrajin biasa membuat secara berlapis dan beton bertulang merupakan beberapa jenis komposit yang sudah lama kita kenal. Sepanjang kebudayaan manusia penggunaan serat alam sebagai salah satu material pendukung kehidupan, mulai dari serat ijuk sebagai bahan bangunan, serat nenas atau tanaman kayu sebagai bahan sandang dan serat alam yang dapat digunakan untuk membuat tali. Serat alam juga telah banyak digunakan untuk pembuatan kertas, pakaian, karpet, kantong kemasan makanan dan sebagainya. Jenis-jenis serat alam yang digunakan sebagai penguat komposit dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengelompokan Serat Alam (Deo, 2010)

Tabel 2.1 Sifat-sifat Mekanik Beberapa Serat Alam (Bhatia, 2008)

CLASSIFICATION	FIBER	TENSILE STRENGTH (MPA)	YOUNG'S MODULUS (GPA)	ELONGATION AT BREAK (%)
Bast/stem	Flax	343-100	27-100	1.6-3.2
	Hemp	580-110	3-90	1.3-4.7
	Jute	187-73	3-55	1.4-3.1
	Kenaf	295-30	22-53	3.7-6.9
Leaf	Abaca	980-000	72	2.5-12
	Sisal	468-55	9.0-28.0	1.9-4.5
Seed/fruit	Coir	106-70	3.0-6.0	15.0-47.0
	Cotton	287-97	5.5-12.6	2.0-10.0
Stalk/grass	Straw	NA	NA	NA
	Bamboo	NA	NA	NA
	Sugar cane	20-90	2.7-17.0	0.9
Wood	Deciduous wood	7,500	NA	NA



Gambar 2.2 Penampang Beberapa Jenis Serat (Bhatia, 2008)

Beberapa keuntungan serat alam, yaitu :

- a) Berat jenis yang rendah menghasilkan kekakuan tertentu yang lebih tinggi dan kekakuan yang membutuhkan sedikit energi dan ramah lingkungan.
- b) Hambatan listrik yang tinggi
- c) Dapat didaur ulang secara termal

d) Memiliki sifat isolasi yang baik

e) Dapat hancur secara biologis

sedangkan kekurangannya ialah :

1. Ukurannya bervariasi atau tidak seragam
2. Ketahanan terhadap kelembaban rendah
3. Ketahanan terhadap api rendah

karakteristik komposit berpenguat serat alam yang dihasilkan tergantung pada sifat serat, penyebaran serat, dan interaksi perikatan antara serat dengan matriks, ukuran serat, bentuk serat, jumlah serat dalam matriks, teknik pemrosesan. Selain perlakuan kimia yang dapat menentukan sifat suatu komposit yang dihasilkan, dipengaruhi juga oleh beberapa kondisi serat seperti bagaimana serat itu diperoleh, ukuran, dan bentuk serat. Ukuran dan bentuk serat sangat diperlukan untuk tujuan yang tertentu seperti pemrosesan dan perikatan dengan matriks. Kandungan serat juga dapat mempengaruhi kekuatan mekanik komposit. Dua faktor yang dapat mempengaruhi sebaran pengisi ialah interaksi antara sesama pengisi, dan panjang pengisi. Interaksi antara sesama pengisi lignoselulosa melalui ikatan hidrogen menyebabkan penumpukan serat yang mengakibatkan keretakan atau terputusnya serat. Selain itu, jenis pengisi dapat juga mempengaruhi kekuatan komposit karena pengisi lignoselulosa yang berlainan mempunyai kandungan selulosa, lignin dan hemiselulosa yang berbeda pula.

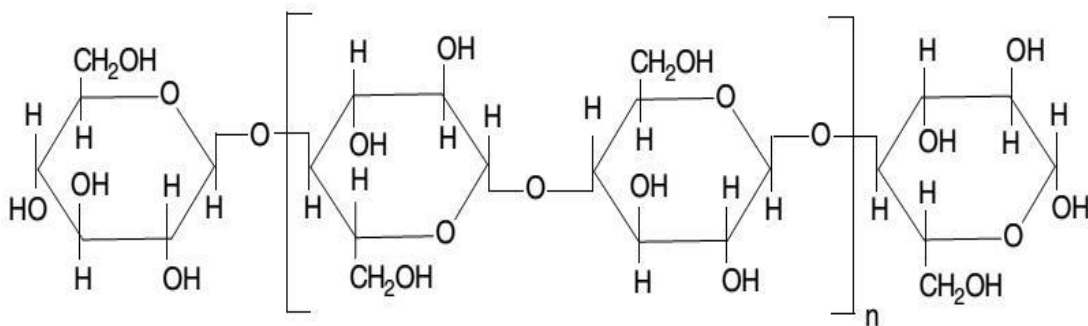
a) Sellulosa, Hemiselulosa, dan lignin

Unsur utama serat alam ialah sellulosa dan lignin. Jumlah sellulosa dalam serat alam sangat tergantung pada jenis serat, umur, dan tempat tumbuh tanaman serat tersebut, sebagaimana pada Tabel 2.2. Meskipun struktur kimia sellulosa dari berbagai jenis serat alam sama namun derajat polimerisasinya berbeda. Rumus molekul selulosa ialah $(C_6H_{10}O_5)_n$ dan n merupakan derajat polimerisasi, dan bisa berupa angka ribuan. Derajat polimerisasi tersebut akan mempengaruhi panjang rantai suatu rangkaian

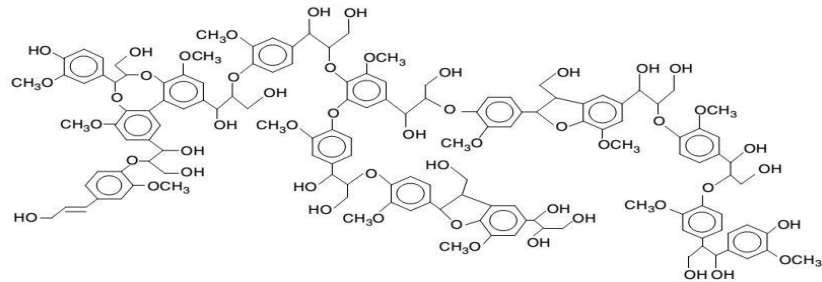
selulosa. Sifat-sifat mekanik suatu serat sangat tergantung pada derajat polimerisasinya (Summerscales et al., 2010).

Hemiselulosa berfungsi sebagai bahan pendukung dalam dinding sel dan berlaku sebagai perekat antara sel tunggal yang terdapat didalam batang pisang dan tanaman lainnya. Perbedaan Hemiselulosa dengan Selulosa yaitu : Hemiselulosa mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam, sedangkan selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa bukan merupakan serat-serat panjang seperti selulosa. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan D-glukosa, sedangkan hasil hidrolisis hemiselulosa menghasilkan D-xilosis dan monosakarida. Kandungan hemiselulosa yang tinggi memberikan kontribusi pada ikatan antara serat, karena hemiselulosa bertindak sebagai perekat dalam setiap serat tunggal.

Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit *phenylpropane* yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin adalah material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relative tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi. Lignin dapat mengurangi daya pengembangan serat serta ikatan antar serat. Beberapa cara yang dapat digunakan untuk memisahkan lignin adalah dengan menambahkan H_2SO_4 pekat dan HCl pekat sebagai pereaksi anorganik untuk mendestruksi karbohidratnya. Rumus molekul lignin yaitu $(C_9H_{10}O_2)_n$, atau $(C_{10}H_{12}O_3)_n$, atau $(C_{11}H_{14}O_4)_n$.

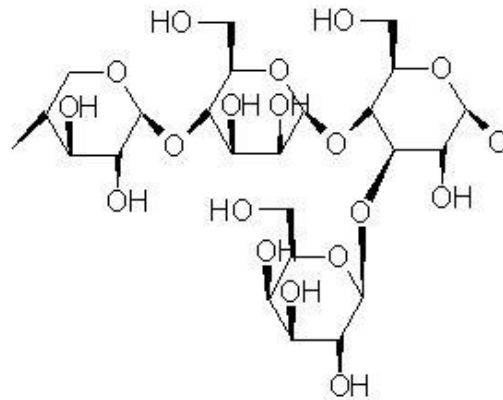


Gambar 2.3 Struktur Selulosa (Mohanty, 2005)



Gambar 2.4 Struktur Hemisellulosa

<http://en.wikipedia.org/wiki/Hemicellulose>



Gambar 2.5 Struktur Lignin (Mohanty, 2005)

Tabel 2.2 Kandungan Lignosellulosa Beberapa Serat Alam. (Mohanty, 2005)

No	Jenis Serat Alam	Sellulosa (%)	Hemisellulosa (%)	Lignin (%)
1	Flax	71	18,6	2,2
2	Hemp	70	23	5,7
3	Jute	71,5	13,6	13
4	Kenaf	36	21,5	17,8
5	Ramie	76,2	14,6	0,7
6	Sisal	73	14	11
7	Banana	65	8	5
8	Coir	43	20	45
9	Oil Palm	65	19	13,2

2.3.2 Serat Ijuk dan Komposisi 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. Ijuk adalah bagian dari pohon yang berwarna hitam dan menyelimuti batang

pelepeh dan umumnya berupa helaian berbentuk serat berwarna hitam, berdiameter 0,1 – 0,65 mm .

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 penyaring (*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 berwarna hitam masih relatif kuat membuktikan bahwa serat ijuk mampu bertahan hingga ribuan tahun lebih. (GAL, kompas edisi Jum'at 24 Juli 2009)

Selain itu 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 (Suriadi, 2011).

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 dan sulit dicerna oleh organisme perusak (Suriadi, 2011).



Gambar 2.6 Pohon dan serat ijuk aren

Tabel 2.3 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

Beberapa penelitian mengenai Kekuatan mekanikserat ijuk antara lain dapat dilihat dari table berikut.

Table 2.4. 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

Serat ijuk yang merupakan serat alam mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan serat sintetis. Tabel 2.6 menyajikan perbandingan antara sifat-sifat serat alam dan serat gelas.

Tabel 2.5 Perbandingan antara serat alami dan serat gelas

NO	Uraian	Serat Alam	Serat Gelas
1	Massa jenis	Rendah	2 x serat alami
2	Biaya	Rendah	Rendah, lebih tinggi dari serat alam
3	Terbarukan	Ya	Tidak
4	Kemampuan daur ulang	Ya	Tidak
5	Konsumsi energy	Rendah	Tinggi
6	Distribusi	Luas	Luas
7	Menetralkan co2	Ya	Tidak
8	Menyebabkan abrasi	Tidak	Ya
9	Resiko kesehatan	Tidak	Ya
10	Limbah	biodgradable	Tidak biodgradable

2.3.3 Perlakuan Serat

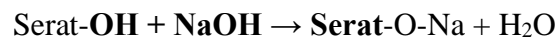
Serat memiliki sifat alami yaitu *hydrophilic*, artinya suka terhadap air. Sedangkan polimer bersifat *hydrophobic*. Penelitian tentang efek perlakuan alkali terhadap morfologi permukaan serat alam selulosa menunjukkan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hydrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matriks secara optimal (Hartanto, 2009).

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).

Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, lignin, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. 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. 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.

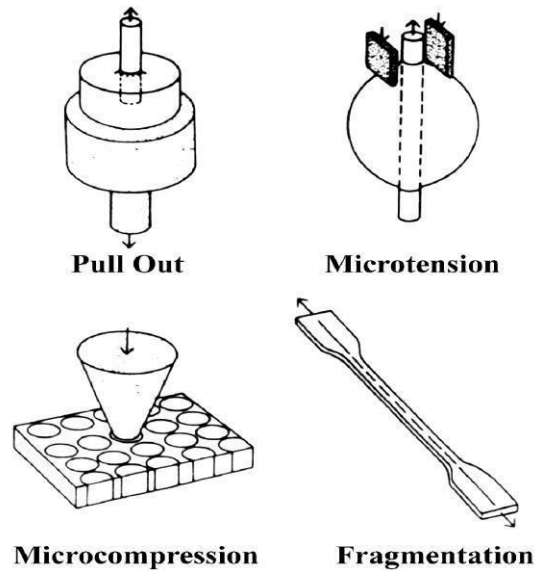
Reaksi antara serat dengan NaOH ialah :



(Sumber : Deo, 2010)

2.3.4 Mekanisme perikatan serat

Perikatan antara serat dengan matriks memiliki efek pada sifat mekanik komposit 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) fragmentasi, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.8 (Weiqun Gu, 1997).



Gambar 2.7 Metode Pengujian Kekuatan Perikatan Serat dengan Matriks
(Gu,1997)

Perikatan antarmuka (*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 2.9 (Joshy, 2007).

2.4 MATRIKS

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 (Hartanto,2009).

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.

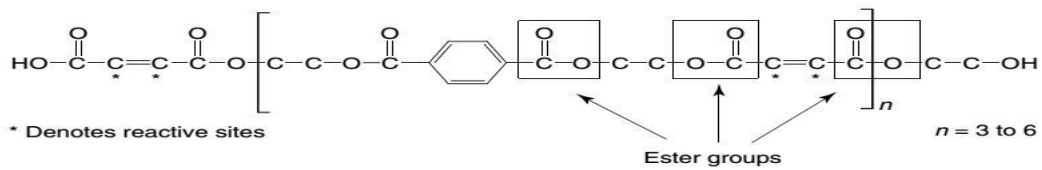
c. Memberikan sifat tertentu, misalnya *ductility*, *toughness*, dan *electrical insulation*.

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.

2.4.1 Poliester

Unsaturated Polyester Resin berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, dapat mengeras pada suhu ruang dengan menggunakan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan. Salah satu *Unsaturated Polyester Resin* adalah tipe Yukallac 157BQTN-FR yaitu *Halogenated Unsaturated Polyester Resin* yang khusus dikembangkan untuk FRP tahan api. Yukallac 157 BQTN-FR merupakan resin yang mengandung *thixotropic agent*, tanpa *wax* dan bersifat mencegah/mengurangi timbulnya pembakaran sehingga waktu untuk mulai terbakar lebih lama, memperlambat penyebaran api dan berhenti terbakar bila dijauhkan dari sumber api. Dengan spesifikasi sifat yang demikian maka resin ini baik digunakan sebagai bahan dinding panel dengan tahan api.

Dalam pembuatan sebuah komposit, matriks berfungsi sebagai pengikat bahan penguat, dan juga sebagai pelindung partikel dari kerusakan akibat faktor lingkungan. Pada penelitian ini matriks yang digunakan ialah *Unsaturated Polyester Resin* seri Yukalac 157 BQTN-EX yang memiliki spesifikasi sebagaimana pada tabel 2.7.



Gambar 2.8 Struktur Kimia Matriks Polyester (Mohanty, 2005)

Tabel 2.6 Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin Yukalac 138 BTQN-EX*
(Nurmaulita, 2010)

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat Jenis	-	1,215	25 ⁰ C
Kekerasan	-	40	Barcol/GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	o c	70	-
Penyerapan air	%	0,188	24 jam
(suhu ruang)	%	0,466	7 hari
Kekuatan Fleksural	Kg/mm ²	9,4	-
Modulus Fleksural	Kg/mm ²	300	-
Daya Rentang	Kg/mm ²	5,5	-
Modulus Rentang	Kg/mm ²	300	-
Elongasi	%	2,1	-

2.5. KATALIS

Katalis digunakan untuk membantu proses pengeringan matriks sehingga matriks dapat berikatan dengan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan matriks untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Semakin banyak katalis yang ditambahkan pada matriks maka makin cepat pula proses *curingnya*, tetapi apabila kelebihan katalis material yang dihasilkan akan getas atau matriks bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik yaitu 1% dari volume matriks. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60°C – 90°C. Panas ini cukup untuk

mereaksikan matriks sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan katalis *metil ethyl katon peroxide* (MEKPO) yang berbentuk cair dan bewarna bening.



Gambar 2.9 Poliester resin dan Katalis

2.6. KLASIFIKASI MATERIAL KOMPOSIT

2.6.1. *Unidirectional* Fiber Composite

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 secara searah (*Unidirectional*), serat tersebut diharapkan hasil 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.

Hubungan antara penguat serat dan panjang serat ditunjukkan dalam persamaan berikut ini:

$$\delta_c = V_f \left(1 - \frac{L_c}{L} \right) \delta_f + V_R \delta_R \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\frac{L_c}{D_f} = \frac{\delta}{2\tau_y}$$

δ_c = Kekuatan Tarik Material Komosit (N)

δ_f = Kekuatan Tarik Serat (N)

δ_R = Kekuatan Tarik Resin (N)

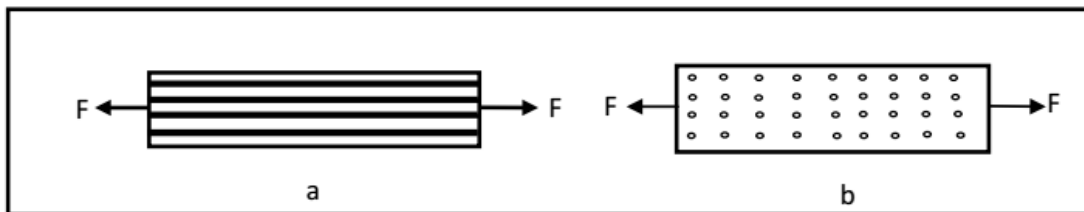
δ_f = Kadar Serat Dalam Volume (m3)

V_f = Kadar Resin Dalam Volume (m3)

L = Panjang kritis Serat

$2\tau_y$ = Kekuatan Mulur geser pada antar muka serat dengan Resin

Beberapa prinsip dasar tentang respon elastis terhadap tegangan dapat diperoleh dari model mekanik dimana serat kontinu memiliki satu-arah (*unidirectional*) dalam matrik isotropic tanpa void seperti terlihat pada Gambar 2.10a dan 2.10b di bawah ini



Gambar 2.10 Model pengarah filament satu arah dalam komposit (a) paralel dan (b) seri (Smallman, 2000)

Diasumsikan bahwa rasio Poisson material serat sama dengan rasio Poisson matrik. Menggunakan notasi c , t , m , l , dan t kita dapat menengarai 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 2.11a dan penerapan kaidah campuran. Untuk keadaan iso regangan (*isostrain*), tegangan dapat saling ditambahkan dan persamaan untuk tegangan (kekuatan) dan modulus elastisitas adalah sebagai berikut:

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m \cdot V_m \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan :

σ_c = Kekuatan Tarik komposit (N)

σ_f = Kekuatan Tarik Serat (N)

σ_m = Kekuatan tarik matrik (N)

V_m = Fraksi Volume Matrik (%)

Modulus elastisitas komposit dapat dihitung berdasarkan ROM dengan :

$$E_c = V_f \cdot E_f + V_m \cdot E_m \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

E_c = Modulus Elastisitas komposit

E_f = Modulus Elastisitas Serat

E_m = Modulus Elastisitas matrik

Hubungan tegangan dan modulus elastisitas komposit dijabarkan dalam persamaan berikut:

$$(\sigma_f / \sigma_m) = (V_f / V_m) (E_f / E_m) \dots \dots \dots (2.8)$$

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 2.10b 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 pebebanan (Gambar 2.10 a).

kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut serat, kekuatan akan melemah jika arah keduanya saling tegak lurus (Gambar 2.10b)

Pada perbandingan kurva tipikal tegangan tarik terhadap regangan untuk material serat dan matrik (Gambar 2.10a) dapat dilihat bahwa regangan kritis ditentukan oleh regangan pada saat serat putus, E_f , dan apabila regangan kritis ini dilampaui komposit kehilangan efektivitasnya. Pada nilai regangan ini, ketika matrik mulai mengalami deformasi plastis dan pengerasan regangan, tegangannya adalah σ_m . Jadi, antara limit σ_m dan σ_f bergantung pada fraksi volume serat. Bila jarak serat besar dan jumlahnya sedikit, maka beban yang dipikul oleh matrik lebih besar daripada serat. Selanjutnya, sesuai kaidah campuran (ROM), kekuatan komposit turun dengan berkurangnya fraksi volume serat.

Garis konstruksi yang menggambarkan kedua efek ini berpotongan dititik minimum, V_{min} (Gambar 2.10b) Jelas bahwa V_f harus lebih besar dari V_{crit} agar kekuatan-tarik matrik memanfaatkan kehadiran serat. Dengan demikian, limit atas untuk V_f adalah sekitar 70% sampai 80%. Pada nilai yang lebih tinggi, Serat hanya akan merusak sesamanya. Kaidah ini hanya akan berlaku apabila $V_f > V_{min}$ $\sigma_m = \sigma_f$ dan $V_m = V_{crit}$ berlaku untuk volume kritis serat. Dari kaidah persamaan di turunkan

$$V_{crit} = (\sigma_m - \sigma'_m) / (\sigma_f - \sigma'_m) \dots\dots\dots(2.9)$$

Umumnya diinginkan V_{crit} yang rendah agar masalah dispersi dapat dikurangi dan untuk menghemat jumlah serat penguat. Serat yang sangat kuat akan memaksimalkan pembagi dan tentunya sangat membantu. Jadi suatu matrik dengan kecenderungan pengerasan regangan kuat memerlukan fraksi volume serat yang relative banyak (Smallman, 2000)

2.6.2. Efek Orientasi Serat Terhadap Patahan

Komposit diperkuat serat kontinu pada arah yang sama dengan arah tegangan kerja kekuatan komposit adalah kekuatan maksimal. Kekuatan komposit tipe anisotropic ini bervariasi secara linier dengan fraksi volume serat. Apabila orientasi serat membuat sudut θ dengan arah tegangan tarik yang diterapkan, maka terjadi penurunan gradien kurva kekuatan untuk nilai V_f (fraksi volume serat) yang lebih besar dari V_{min} . Efek pengurangan ini diperoleh dengan memasukkan faktor orientasi η dalam persamaan kekuatan dasar yang menghasilkan:

$$\sigma_c = \eta \sigma_f V_f + \sigma'_m V_m \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan :

σ_c = Tegangan tarik komposit

η = Faktor orientasi

σ_f = Tegangan serat

V_f = Fraksi Volume serat

σ'_m = Tegangan dimana matrik mulai mengalami deformasi plastis dan pengerasan – regangan.

Bila sudut orientasi serat θ bertambah mulai dari nol, maka factor orientasi η turun menjadi kurang dari satu.

Untuk menyajikan analisis yang lebih rinci dari variasi kekuatan komposit dengan orientasi serat, lazim diterapkan teori “tegangan maksimum” berdasarkan kenyataan bahwa ada tiga mode kegagalan komposit. Selain sudut orientasi serat θ , terdapat tiga sifat komposit lain : kekuatan parallel dengan serat (σ_{fl}) kekuatan geser matrik parallel dengan serat τ_m dan kekuatan tegak lurus pada serat σ_{ft} . Setiap mode kegagalan dinyatakan dengan persamaan yang menghubungkan kekuatan komposit σ_{ft} dengan tegangan terurai.

Untuk model kegagalan pertama, yang dikendalikan oleh perpatahan serat akibat tegangan tarik, berlaku persamaan :

$$\sigma_{cl} = \sigma_{fl} \sec^2 \emptyset \dots \dots \dots (2.11)$$

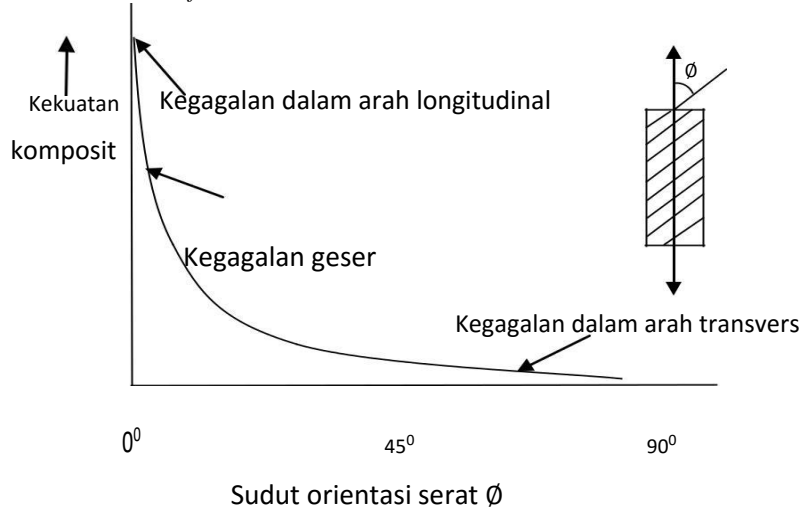
Persamaan kegagalan yang dikendalikan oleh geseran pada bidang parallel dengan serat adalah :

$$\sigma_{cl} = 2\tau_m \operatorname{cosec} 2\emptyset \dots \dots \dots (2.12)$$

Apabila temperature dinaikkan. Mode kegagalan ini lebih mudah terjadi pada komposit “*off-axis*” karena kekuatan geser τ_m turun lebih cepat dari σ_{fl} .

Pada mode kegagalan ketiga, terjadi *rupture transvers*, baik di matrik atau antar muka serat/matrik (*debonding*). Persamaan yang berlaku ialah :

$$\sigma_{cl} = \sigma_{ft} \operatorname{cosec}^2 \emptyset \dots \dots \dots (2.13)$$



Gambar 2.11 Hubungan antara mode kegagalan, kekuatan, dan orientasi serat (diagram skematik untuk komposit serat kontinu satu arah) (Smallman, 2000)

Gambar 2.11 memperlihatkan bentuk karakteristik dari hubungan kekuatan komposit dan orientasi serat. Selain memperlihatkan ciri anisotropic tinggi dari penguatan-kontinu satu arah, juga memperlihatkan manfaat apabila nilai \emptyset rendah. Perkiraan berdasarkan penerapan teori tegangan maksimum, dan hasil eksperimen menunjukkan kesesuaian dan memastikan validasi umum kurva ini. (Untuk

perhitungan ini diperlukan nilai terukur dari $\sigma_{ft,m}$ dan σ_{fl}). Mode kegagalan ditentukan oleh persamaan yang menghasilkan nilai kekuatan komposit σ_{cl} paling rendah, berarti bahwa *rupture transvers* dominan apabila θ besar. Untuk nilai yang relatif rendah, kekuatan komposit turun dengan cepat, hal ini berkaitan dengan transisi dari kegagalan – tarik ke kegagalan geser pada serat. Dengan eliminasi σ_{cl} dari dua persamaan pertama dari ketiga persamaan tadi dihasilkan sudut kritis untuk transisi ini :

$$\theta_{crit} = \tan^{-1}(\tau_m/\sigma_{fl}) . \dots\dots\dots(2.14)$$

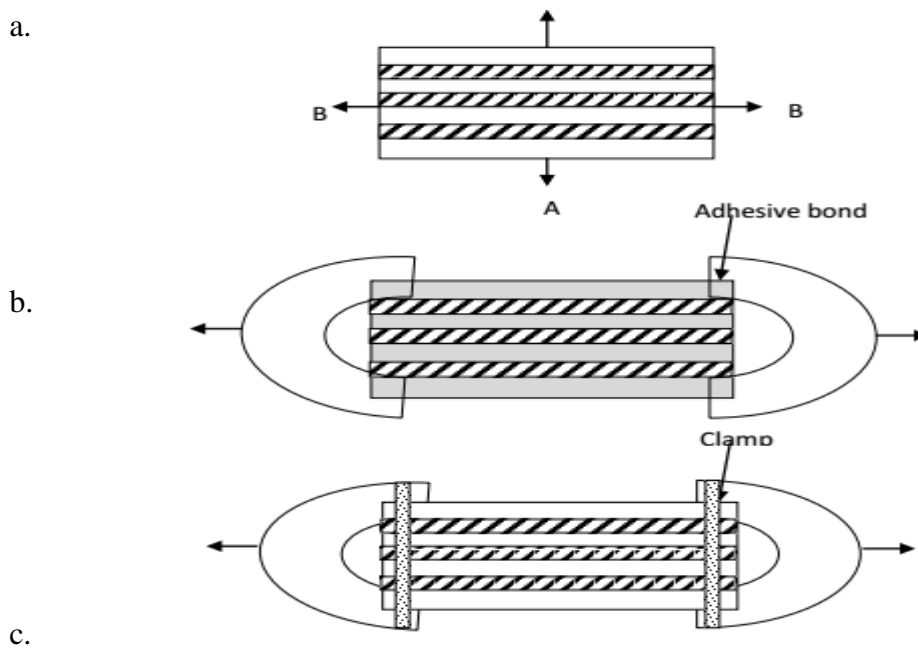
Apabila kekuatan longitudinal sekitar sepuluh kali kekuatan geser matrik, maka sudut kritis ini adalah sekitar 60.

Apabila penerapan meliputi tegangan kerja yang tidak bekerja dalam satu arah, maka masalah anisotropi dapat diselesaikan secara efektif atau diminimalkan dengan penggunaan serat-kontinu dalam bentuk tenunan kain atau laminasi. Meskipun bentuk ini lebih isotropic dibandingkan komposit satu arah, selalu terjadi penurunan kekuatan sedikit tetapi masih wajar dan penurunan kekakuan yang tak terelakkan.

2.6.3. Antar Muka Serat – Matrik

Struktur dan sifat antarmuka serat - matriks memainkan peran utama dalam menentukan sifat fisis dan mekanis dari material komposit. Khususnya, perbedaan besar antara sifat elastis dari matriks dan serat harus diteruskan melalui antarmuka atau, dengan kata lain, tekanan yang bekerja pada matriks ditransmisikan ke serat di seluruh antarmuka. Perhatikan contoh sederhana yang diilustrasikan pada Gambar 2.12a, dimana material komposit diwakili oleh lembaran bahan alternatif dengan perbedaan sifat elastis. Karena tidak adanya ikatan kimia, ikatan fisika atau ikatan mekanis antara lapisan, komposit tidak memiliki kekuatan tarik ke arah normal terhadap bidang lapisan (AA'). Dengan kekuatan dan modulus di arah BB', sejajar dengan lapisan, kekuatan komposit tergantung pada cengkeraman sampel pada pegangan jika tidak ada ikatan

dan ada perekat sederhana dibuat untuk lapisan luar (Gambar 2.7b) kekuatan ini terbatas pada kekuatan dari luar lapisan karena beban yang diterapkan diambil sepenuhnya oleh lapisan ini.



Gambar 2.12 Ilustrasi diagram skematik ikatan antar muka dari lapisan material komposit (a) Ilustrasi arah tarikan pada material komposit (b) ilustrasi ikatan antar muka antara material komposit dan pemegang (c) ilustrasi distribusi beban pada material komposit yang diikat dengan penjepit

Di sisi lain, jika semua lapisan dijepit bersama-sama dalam genggaman (Gambar 2.12c) semua lapisan mengambil beban dan komposit akan lebih kuat dan kaku. maka dari contoh ini bahwa untuk menggunakan kekuatan tinggi dan kekakuan dari serat, mereka harus sangat terikat pada matriks Beberapa hal yang mempengaruhi kekuatan komposit menyangkut antar muka yaitu; (i) matriks dan serat berperilaku sebagai bahan elastis, (ii) antarmuka yang amat sangat tipis, (iii) ikatan akhir antara matriks dan serat sempurna yang menyiratkan bahwa tidak ada diskontinuitas regangan di seluruh antarmuka (iv) bahan yang berada dekat dengan serat memiliki sifat yang

sama sebagai bahan dalam bentuk curah, dan (v) serat tersebut diatur dalam array biasa atau berulang.

Dalam sistem ikatan yang sederhana pada sebuah antarmuka terjadi karena adhesi antara serat dan matriks. Adhesi dapat dikaitkan dengan lima mekanisme utama yang dapat terjadi pada antarmuka baik dalam isolasi atau dalam kombinasi untuk menghasilkan ikatan, lima mekanisme tersebut adalah:

- a. Penyerapan dan pembasahan.
- b. Interdifusi.
- c. Tarikan elektostatis.
- d. Ikatan kimia Adhesi mekanik (Hull, 1981)

2.7. SIFAT- SIFAT MATERIAL KOMPOSIT POLIMER

Sifat mekanik suatu bahan polimer adalah khas dengan kelakuan viskoelastiknya yang dominan, sebagai contoh, pemelaran (*creep*) dan relaksasi mudah terjadi, dan pada pengujian tarik sifat-sifatnya sangat dipengaruhi oleh laju tarikan. Sifat-sifatnya juga berubah karena temperatur, oleh karena itu perlu diperhatikan beberapa hal sebelum bahan polimer digunakan (Surdia, 1995).

Pengujian sampel bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat komposit serat ijuk unidirectional polimer yang dibuat. Adapun pengujian sampel diantaranya berupa baik sifat fisis, sifat mekanik maupun sifat termal. sampel yang diuji akan diketahui kelebihan dan kekurangannya, dan untuk mengetahui kadar kelayakan pemakaian serta kualitasnya. namun dalam hal ini komposit serat ijuk hanya akan di uji secara mekanik. Adapun sifat- sifat pengujian material polimer antara lain :

2.7.1 Sifat-sifat Fisis

a. Kerapatan

Kerapatan merupakan ukuran kepadatan dari suatu material. Ada dua macam densitas yaitu : Bulk Density dan true density. Bulk density adalah densitas dari suatu sampel yang berdasarkan volume bulk atau volume sampel yang termasuk dengan pori – pori atau rongga yang ada pada sampel tersebut. Pengukuran bulk density untuk bentuk yang tidak beraturan dapat ditentukan dengan Metode Archimedes yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (JIS A 5908-2003)

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2.15)$$

ρ = Densitas (gr/cm³)

m = Massa sampel (gram)

v = Volume (cm³)

b. Daya serap air

Pori-pori yang terjadi pada sampel dapat menjadi reservoir air bebas didalam agregat. Presentase berat air yang mampu diserap agregat dan serat didalam air disebut daya serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat dan serat disebut kadar air. Pengujian daya serap air (*Water absorbtion*) pada masing – masing sampel dapat dilakukan dengan cara menimbang massa kering sampel dan massa basah. Massa kering adalah massa pada saat sampel dalam keadaan kering, dan massa basah diperoleh setelah sampel mengalami perendaman selama 24 jam pada suhu kamar. Untuk mendapatkan nilai penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya serap air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.16)$$

dengan:

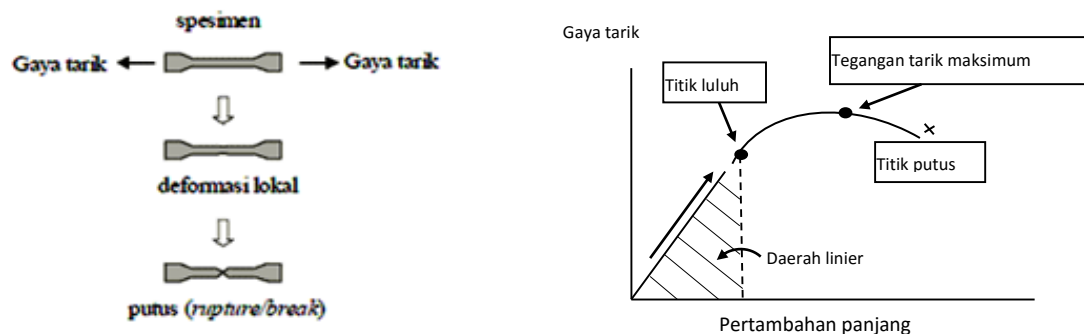
M_b = Massa sampel dalam keadaan basah (gr)

M_k = Massa sampel dalam keadaan kering (gr)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam.

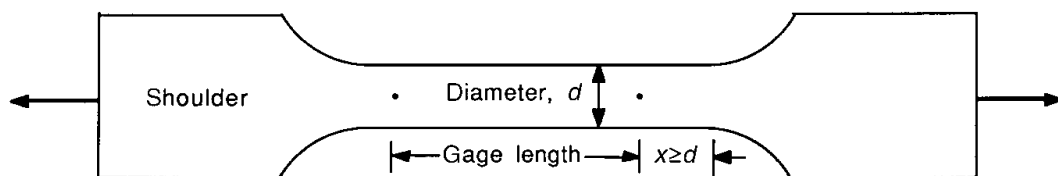
2.7.3 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dengan melakukan uji tarik dapat diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang.



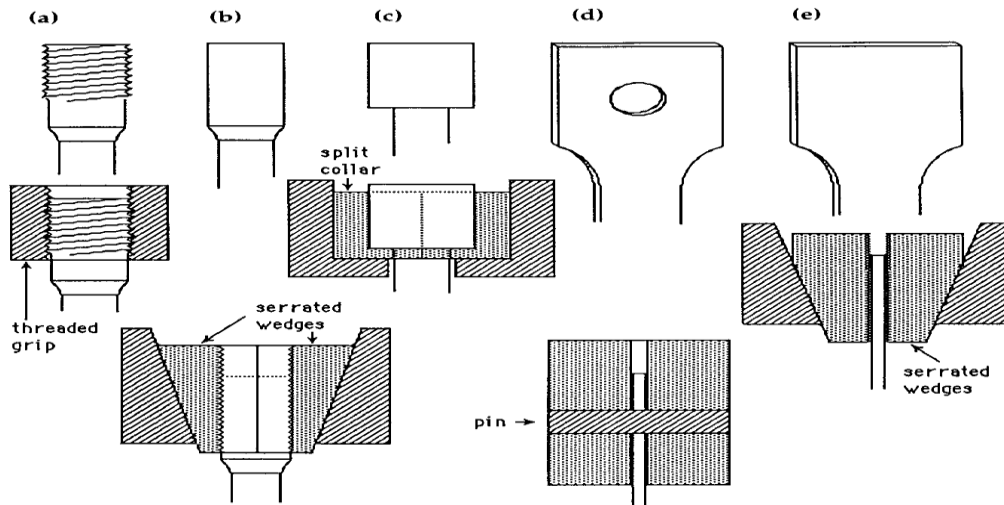
Gambar 2.13. Gaya tarik terhadap pertambahan panjang (suwitri, 2011)

Dalam penelitian ini, spesimen uji tarik dibuat berdasarkan *American Standard Testing Material (ASTM)* seri D638 dengan bentuk spesimen seperti gambar 2.14



Gambar 2.14 Spesimen tarik tanpa tab sesuai standar ASTM D638

Bentuk ujung spesimen (*shoulder*) uji tarik pada gambar 2.8 lebih besar dibandingkan bagian tengahnya (*gauge*), hal ini ditunjukkan sebagai daerah cengkaman mesin uji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2.14 Metode cengkaman spesimen uji berdasarkan jenis material spesimen (ASM, 2004)

2.7.4 Kekuatan Tekan

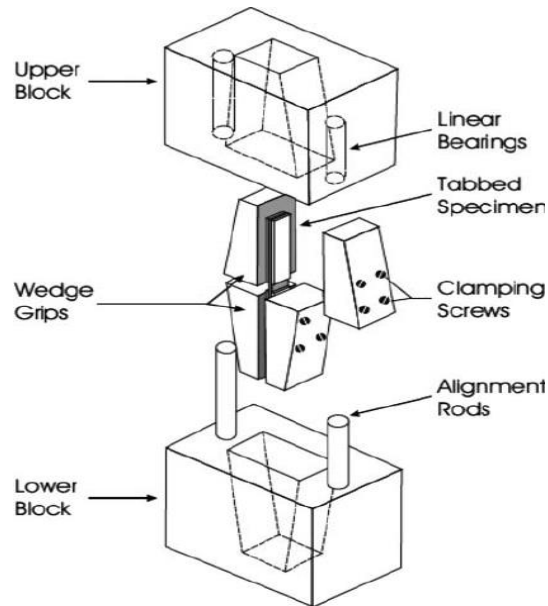
Uji tekan adalah salah satu uji mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tekan. Uji tekan ini memiliki kinerja yang bagus dan berkualitas untuk mengetahui kekuatan benda. Pada uji tekan umumnya kekuatan tekan lebih tinggi dari kekuatan tarik. Suatu material akan ditekan dan saat pengujian ini material akan rusak. Prosesnya material akan ditaruh diatas landasan dan ditekan dari atas. Dengan melakukan uji tekan dapat diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap gaya tekan.

Dalam melakukan pengujian tekan, perlu di ketahui bahwa material komposit dapat menunjukkan hasil modulus tarik dan tekan yang berbeda dan di sebut biomodular. Pengaruh biomodularitas pada teknik analisis dan analisis kerusakan dapat terjadi secara signifikan. Beberapa perbedaan antara perlakuan tarik dan tekan dapat

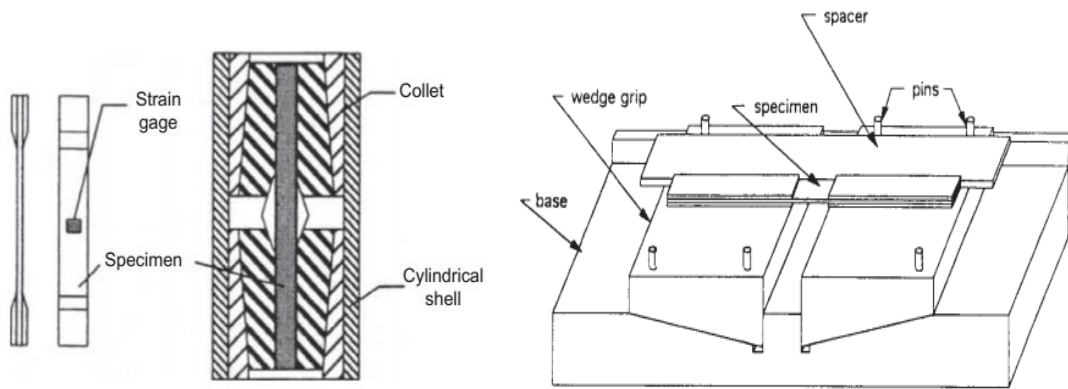
dihubungkan dengan penggunaan tumpuan atau kondisi batas yang digunakan . Berbagai variasi geometris pada specimen dapat menyebabkan ketidak seimbangan beban dan meningkatkan kemungkinan kegagalan karena ketidak stabilan yang yang diakibatkan dengan tegangan.

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 specimen yang relative pendek . Sebagaimana pada pengujian tarik, luasan permukaan kedua ujung yang dijepit harus mencukupi untuk mentransfer gaya tekan melalui proses pembebanan gesar. Disamping itu, kedua permukaan kontak tersebut juga diberi tab seperti pada specimen uji tarik. Dengademikian, 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. Dlam ASTM D- 3410 Dikenal dua model penjepitan specimen, 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 specimen uji yang identik dengan model penjepit dan ditunjukkan pada Gambar 4.16. Strain gage dipasang pada specimen, yaitu Dimuat di antara potongan bergerigi yang dibatasi oleh basis baja padat. Untuk letak model penjepit celanese pada ASTM D-3410 letak geometri specimen di tunjukan pada gambar 4.15. Dari pengujian tekan dapat diperoleh data tentang kuat tekan, modulus elastisitas Young dan angka perbandingan Poisson.



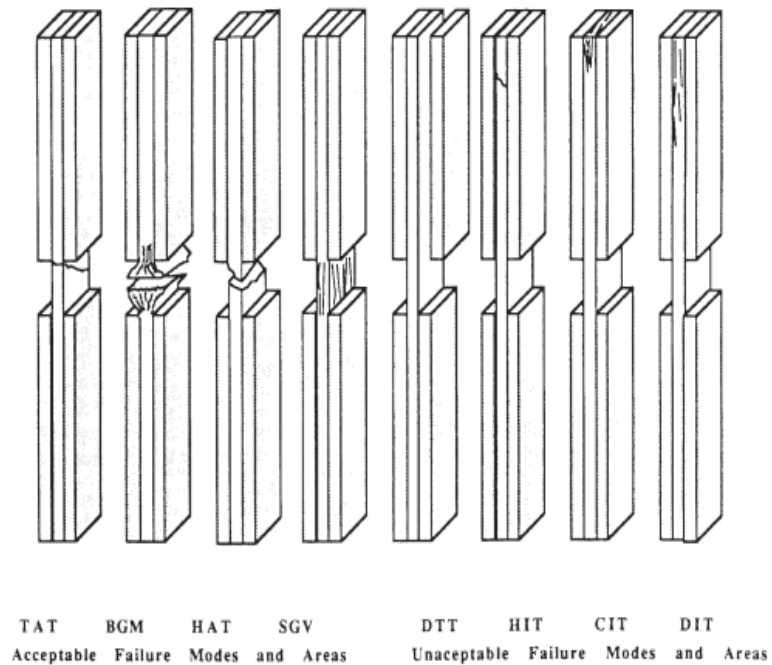
Gambar 2.16. Modifikasi grip untuk uji kompresi IITRI (Stab 1997)



Gambar 2.17. 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).

Besarnya gaya tekan yang diperlukan untuk menghitung besarnya tegangan tekan, dan modulus elastisitas diperoleh dari rekaman mesin uji melalui pendeteksi *load-cell*. Besarnya regangan, modulus elastisitas, dan angka perbandingan Poisson dihitung berdasar pada nilai rata-rata data yang diberikan oleh kedua *strain gage*. Sedangkan moda gagalnya dapat diperoleh dengan menganalisis foto mikro

penampang patahannya. Karena itu, maka penampang patahan yang akan dijadikan sampel harus dijaga agar tidak rusak karena gerakan lanjutan kepala silang setelah kegagalan terjadi. Standar ASTM D3410 juga memberikan kriteria tempat dan moda patahan yang dapat diterima dan yang tak dapat diterima.



Gambar 2.17 Tipe mode kegagalan pada pengujian tekan berdasar ASTM D 3410

First Character	
failure Mode	Code
Angled	A
Brooming	B
end-Crushing	Code
Delam-crushing	D
Euer bucking	E
Hrough-thickness	H
kink bans	K
Laterai	L
Multi- Mode	M(_{xyz})
long- splitting	S
transverse shear	T
eXplosive	X
Other	O

Second Character	
Failure Area	Code
Inside Grip/tab	I
At grip/tab	A
Gage	G
Multiple Areas	M
Tab adhesive	T
Various	V
Unknow	U

Third Character	
Failure Loation	code
Bottom	B
Top	T
Left	L
Right	R
Middle	M
Various	V
Ukknow	U

Pada beberapa pengujian area kegagalan yang sering terjadi pada bagian gage leght di mulai dari area gripping pengaruh pada pemasangan tab pada daerah ini. Karena panjang gage leght yang pendek dari specimen dalam metode penujian ini sangat besar kemungkinan lokasi kegagalan berada pada daerah grip. Jika kegagalan pada daerah grip terjadi lebih dari (> 50 %) dari jumlah sampel specimen uji pada pegangan atau antar muka tab maka perlu dilakuakn pengecekan kembali.beberapa factor yang perlu dilakukan pengecean adalah pada factor tab aligment, bahan pengikat tab, tipe grip, tekanan pada grip, kegagalan apapun pada area tab alignment, tab bahan, perekat tab, tipe grip, dan grip pressure, dan grip tidak dapat di terima . Dalam pengujian perhitungan tegangan di rumuskan sebagai berikut :

2.7.3.1 Tegangan

Besarnya tegangan tarik dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Surdia dan Saito, 1999).

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan : σ = tegangan tarik (MPa)

A = luas penampang (mm²)

P = beban tarik maksimum (N)

2.7.3.2 Regangan

Besarnya regangan tarik dapat dihitung dengan persamaan seperti dibawah ini yang menyatakan ϵ merupakan regangan yang dinyatakan dalam mm/mm, bilangan tak berdimensi atau sering dinyatakan dalam persen (Surdia dan Saito, 1999).

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan: ε = regangan
 Δl = defleksi (mm)
 l_o = panjang awal (mm)

2.7.3.3 Modulus

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan (Surdia dan Saito, 1999):

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan E = modulus elastisitas (GPa)
 $\Delta \sigma$ = perubahan tegangan tarik pada rentang pengamatan (MPa)
 $\Delta \varepsilon$ = perubahan regangan pada rentangan pengamatan (mm/mm)