

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Serat Sisal

Serat sisal adalah salah satu serat alam yang berasal dari daun tanaman *Agave sisalana perrine*. Serat ini dikenal memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi dan tahan terhadap degradasi biologis. Kandungan utama serat sisal adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Adapun kalsifikasi tumbuhan Sisal sebagai berikut :

Jenis	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Devisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>liliopsida</i> (Tumbuhan berkeping satu/monokotil)
Ordo	: <i>Asparagales</i>
Famili	: <i>Agavaceae</i>
Genus	: <i>agave</i>
Spesies	: A. Sisalana
Name	: <i>Agave sisalana perrine</i>

Ciri-ciri tanaman sisal yakni warna daun hijau, tepi daun berduri, berjarak agak renggang dan tahan kering serta produksi serat tinggi. Sisal merupakan tanaman penghasil serat alam yang banyak diminati oleh pengusaha untuk bahan baku industri. Serat alam dari tanaman sudah lama dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan misalnya untuk tekstil, tali temali, sikat, tambalan, tenun, atap, kertas, kerajinan (keranjang/tas, tikar, keset, dan barang kerajinan lainnya), bahan bangunan dan konstruksi, serta bahan pembuatan serat sintetik. Diantara 72 jenis

tanaman penghasil serat alam yang banyak digunakan di dunia, 9 jenis merupakan penghasil serat utama, diantaranya *Agave cantala* (cantala/kantala atau nanas sebrang) dan *Agave sisalana* (sisal) dengan kegunaan utama untuk bahan baku tali temali. Serat sisal bersifat hidrofilik sehingga mudah menyerap air, yang dapat memengaruhi ikatan dengan matriks polimer.

Tabel 2.1 Karakteristik Penting Serat Sisal

Kekuatan tarik	Sekitar 400–700 MPa
Panjang serat	1–1,5 meter
Densitas	Sekitar 1,45 g/cm ³

Sumber : (Fahrurozi, 2013)

Tanaman sisal tidak termasuk jenis tanaman berkayu melainkan tanaman daun, yang dicirikan dengan daun berdaging yang tumbuh dari tunas pusat. Tanaman sisal dapat tumbuh tanpa bergantung pada musim, masa panen 2,5 sampai 3 tahun dan dapat produktif hingga 6 tahun (Hutten, 2016). *Agave sisalana*, yang menghasilkan serat kualitas tinggi adalah yang telah siap dipanen siap dipanen mulai tahun ke-3.



Gambar 2.1 Gambar Tanaman Sisal dan serat sisal

Sumber : (Fahrurozi, 2013)

2.2 Material

2.2.1 Pengertian Material

Material adalah sesuatu yang disusun atau dibuat oleh bahan (Callister & William, 2004). Pengertian material adalah bahan baku yang diolah perusahaan industri dapat diperoleh dari pembelian lokal, impor atau pengolahan yang dilakukan sendiri (Mulyadi, 2000). Dari beberapa pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa material adalah sebagai beberapa bahan yang dijadikan untuk membuat suatu produk atau barang jadi yang lebih bermanfaat.

2.2.2 Sifat-sifat Material

Berikut ini adalah sifat-sifat material (Callister dan Willian, 2004) antara lain:

1. Sifat Listrik (daya hantar atau *conductivity*)
2. Sifat Kimia (segregasi, ketahanan korosi)
3. Sifat fisik (massa jenis, struktur)
4. Sifat teknologi (mampu mesin, mampu keras)
5. Sifat magnetik (*permeabilitas, histeresis*)
6. Sifat thermal (panas jenis pemuaian, konduktifitas)
7. Sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, nilai *impact*)

2.2.3 Material Komposit

1. Pengertian Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya (Nugroho,

2022). Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus Young*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. (Rahmanto dan Palupi, 2019).

- a. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu: Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih *rigid* serta lebih kuat, penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam (serat sisal).
- b. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Komposit terdiri dari dua bagian utama yaitu :

- a. Matriks, berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *Filler* Matriks, (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan *resin*, khususnya *resin termoset* seperti *epoksi*, *poliester*, *vinil ester*, dan *fenolik*.
- b. *Filler* (pengisi), berfungsi sebagai penguat dari matriks. *Filler* yang umum digunakan: *serat alami* dan *sintesis*

2. Klasifikasi Bahan Komposit

Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klasifikasi komposit menurut komposit serat (*fiber-matriks composites*) dibedakan menjadi beberapa macam (Tjahjanti, 2018) antara lain :

- a. *Fiber composite* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matriks;
- b. *Filled composite* adalah gabungan *matriks continous skeletal* dengan matriks yang kedua;

- c. *Flake composite* adalah gabungan serpih rata dengan matriks;
- d. *Particulate composite* adalah gabungan partikel dengan matriks;
- e. *Laminate composite* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina (Schwart, 1984 : 16)

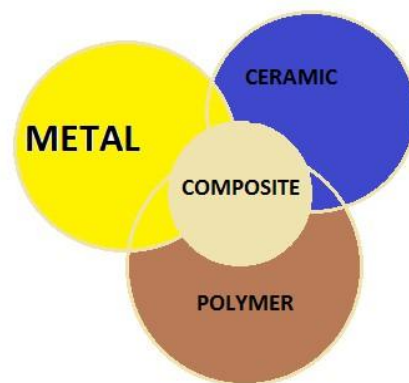
Secara umum bahan komposisi terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particular composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel partikel yang diikat oleh matriks. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matriks. Bentuknya ada dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek.

3. Bahan Komposit Partikel

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel-partikel disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*). Menurut definisinya partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama (Tjahjanti, 2018). Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat komposit keramik (*ceramic matriks composites*). Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat matriks yang baik.

4. Bahan Komposit Serat

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak *dipakai* (Tjahjanti, 2018). Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* dan *whisker*). Dalam laporan ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). 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.



Gambar 2.2 Klasifikasi Bahan Komposit

Sumber : (Schwartz, 1984)

Komposit serat dalam dunia industri mulai dikembangkan dari pada menggunakan bahan partikel. Bahan komposit serat mempunyai keunggulan yang utama yaitu *strong* (kuat), *stiff* (tangguh), dan lebih tahan terhadap panas pada saat didalam matrik (Schwartz, 1984). Dalam pengembangan teknologi pengolahan serat, membuat serat sekarang semakin diunggulkan untuk mengkombinasikan serat berkekuatan tarik tinggi dan bermodulus elastis tinggi dengan matrik yang

bermassa ringan, berkekuatan tarik rendah, serta bermodulus elastisitas rendah makin banyak dikembangkan guna untuk memperoleh hasil yang maksimal. Komposit pada umumnya menggunakan bahan *plastic* yang merupakan material yang paling sering digunakan sebagai bahan pengikat seratnya selain itu plastik mudah didapat dan mudah perlakuannya, dari pada bahan dari logam yang membutuhkan bahan sendiri. Tujuan dibentuknya komposit adalah (Utama dan Zakiyah, 2016:61):

- a. Memperbaiki sifat mekanik dan sifat spesifik tertentu.
- b. Mempermudah design yang sulit pada manufaktur.
- c. Menghemat biaya.
- d. Bahan lebih ringan dan kuat

5. Karakteristik Material Komposit

a. Sifat-sifat Material Komposit

Dalam pembuatan sebuah material komposit, suatu pengkombinasian optimum dari sifat-sifat bahan penyusunnya untuk mendapatkan sifat-sifat tunggal sangat diharapkan. Beberapa material komposit *polymer* diperkuat serbuk yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang ringan, kaku, kuat dan mempunyai nilai kekerasan yang cukup tinggi. Disamping itu juga sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material yang digunakan sebagai bentuk komponen dalam komposit, bentuk geometri dari unsur-unsur pokok dan akibat struktur dari sistem komposit, cara dimana bentuk satu mempengaruhi bentuk lainnya (Rodiawan, 2017))

Menurut Agarwal dan Broutman, yang menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri-ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya (Adriani, 2014). Disamping itu konstituen asal masi kekal dan dihubungkan melalui suatu antara muka. Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang *heterogen* yang terdiri dari fasa yang tersebar dan fasa yang berterusan. Fasa tersebar selalu terdiri dari serat atau bahan pengukuh, terdiri dari matriks.

b. Jenis-jenis Material Komposit

Berdasarkan jenis matriknya komposit dibedakan menjadi 3 macam yaitu Polymer Matix Composite (PMC), Metal Matrix Composite (MMC), Ceramic Matrix Composite (CMC).

a. *Polymer Matrix Composite* (PMC)

Komposit matriks polimer (PMC) terdiri dari fase primernya adalah polimer dan dimana fase sekunder yang dimasukkan berbentuk serat, partikel, atau serpihan. Secara komersial, PMC adalah komposit yang paling penting dari tiga kelas komposit sintesis lainnya. Komposit ini mencakup sebagian besar komponen cetakan plastik, karet diperkuat dengan karbon hitam, dan polimer yang diperkuat serat atau fiber reinforced polymer (FRPs). Pada *polymer matrix composites* (PMC) menggunakan polimer termoset adalah polimer yang paling banyak digunakan. Epoksi dan poliester biasanya dicampur dengan penguat serat, dan fenolat yang dicampur dengan serbuk.

Pada polimer termoplastik sering diperkuat, biasanya dengan serbuk (Groover 2010).

b. *Metal Matrix Composite* (MMC)

Metal Matrix Composite (MMCs) terdiri dari matriks logam yang diperkuat oleh fase kedua. Biasanya penguat terdiri partikel keramik dan serat dari berbagai bahan, termasuk logam jenis lainnya, keramik, karbon, dan boron. *Metal Matrix Composite* (MMCs) meliputi campuran keramik dan logam, seperti karbida yang disemen dan keramik logam lainnya, serta aluminium atau magnesium yang diperkuat dengan serat yang kuat dan memiliki kekakuan tinggi.

c. *Ceramic Matrix Composite* (CMC)

Ceramic Matrix Composite (CMC) adalah kategori yang paling umum. Aluminium oksida dan silikon karbida adalah bahan yang dapat tertanam dengan serat untuk memperbaiki sifat, terutama untuk diaplikasikan pada suhu tinggi. Keramik memiliki sifat menarik yaitu : kekakuan tinggi, kekerasan, kekerasan panas, kekuatan tekan; dan kerapatannya relatif rendah. Keramik juga memiliki beberapa kelemahan yaitu: ketangguhan rendah dan kekuatan tarik luar biasa, dan kerentanan terhadap retak termal. *Ceramic Matrix Composite* (CMC) adalah salah satu cara untuk mempertahankan sifat keramik yang diinginkan dengan mengurangi kelemahannya.

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam. Material ini memiliki kekuatan *tailorability* yang tinggi, memiliki kekuatan *fatigue* yang baik, memiliki kekuatan jenis dan kekakuan jenis yang

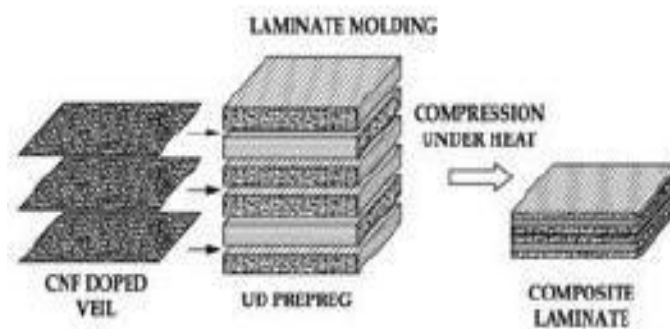
lebih tinggi daripada logam. Berikut ini jenis-jenis komposit berdasarkan penguat

1. Material Komposit Serat

Material komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang diproduksi secara fabrikasi, misalnya serat tambah resin sebagai bahan perekat, sebagai contoh adalah FRP (*Fiber Reinforce Plastic*) plastik diperkuat dengan serat dan banyak digunakan, yang sering disebut fiber glass.

2. Komposit Lapis (*Laminated Composite*)

Komposit lapis yaitu komposit yang terdiri dari lapisan dan bahan penguat, contohnya *polywood*, *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

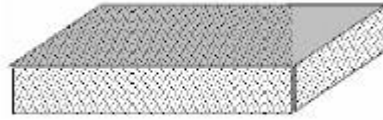


Gambar 2.3 *Laminated Composites*

Sumber : (Gibson, 1994)

3. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit partikel yaitu komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton.

Gambar 2.4 *Particulate Composite**Sumber : (Gibson, 1994)*

2.3 Sifat-Sifat Mekanik Material

2.3.1 Kekuatan Tarik (*Tensile Test*)

Kekuatan tarik diartikan sebagai besarnya beban maksimum (F_{maks}) yang dibutuhkan untuk memutuskan spesimen bahan, dibagi dengan luas penampang bahan. Karena selama dibawah pengaruh tegangan, spesimen mengalami perubahan bentuk maka definisi kekuatan tarik dinyatakan dengan luas penampang semula (A_0) :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

σ = Kekuatan tarik (N/mm^2)

F = Beban tarik (N)

A = Luas penampang (mm^2)

Regangan adalah suatu beban yang diberikan kepada material dimana material tersebut akan mengalami perpanjangan ukuran. Regangan adalah pertambahan panjang dibagi dengan panjang mula-mula

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana:

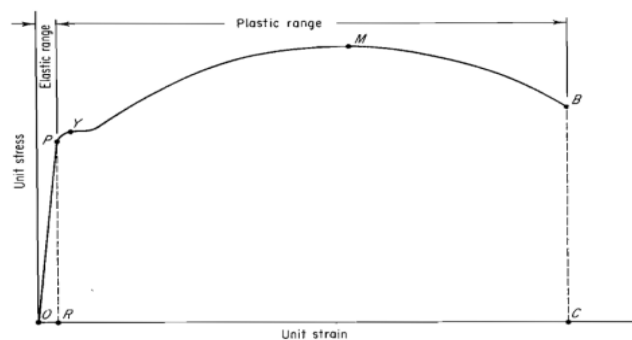
ε = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan Panjang (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

L = Panjang setelah pengujian (mm)

Hubungan antara regangan dan tegangan juga dapat diketahui dengan jelas dari grafik tegangan–regangan yang berdasarkan hasil uji tarik sebagai berikut:



Gambar 2.5 Hubungan tegangan dengan regangan

Sumber: Avner S.H., *Introduction to Physical Metallurgy* (1974)

Modulus elastisitas adalah kekuatan tarik dibagi Regangan satuan pada modulus elastisitas adalah Giga pascal (GPa). Dalam hukum Hooke dinyatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, perbandingan ini disebut modulus elastisitas atau *modulus young* (Mohammad Irfan, 2021).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (Gpa)

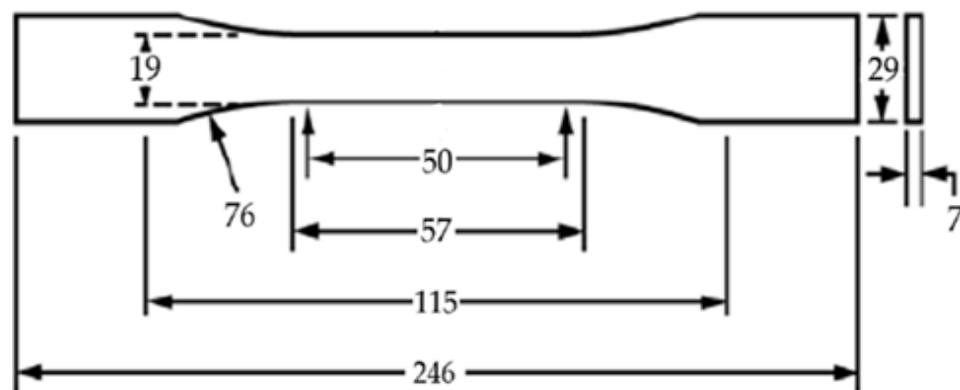
σ = Tegangan Tarik (Mpa)

ε = Regangan (%)

2.3.2 Pengujian Tarik

Pada uji tarik, benda diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinu bersamaan dengan bertambahnya besar perpanjangan yang dialami benda yang di uji. Berdasarkan ASTM D-638, Bentuk spesimen (tipe

III) dibutuhkan untuk hasil uji kekuatan komposit. Detail bentuk ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.6 Bentuk Spesimen uji tarik ASTM D-638-2 Type III

Dalam pelaksanaan pengambilan data pengujian tarik dilakukan prosedur- prosedur sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampel komosit spesimen uji tarik.
2. Mengukur spesimen uji tarik sesuai dengan standar yang telah ditentukan yaitu ASTM D638-2 Tipe III.
3. Pastikan ukuran dan bentuk sampel sesuai dengan spesifikasi pengujian.
4. Pasang sampel pada grip UTM dengan aman dan teratur, memastikan bahwa sampel sejajar dan tidak tergelincir.
5. Periksa dan kalibrasi UTM untuk memsastikan pengukran gaya dan perpanjangan yang akurat.

6. Atur kecepatan pemberian gaya tarik (laju perpindahan pada UTM.
7. Atur jenis pengujian (misalnya uji tarik konstan atau uji tarik dengan konstan).
8. Aktifkan UTM untuk memberikan gaya tarik secara terkontrol pada sampel.
9. UTM akan mencatat gaya yang diberikan dan perpanjangan atau deformasi yang terjadi pada sampel.
10. Pengujian dihentikan ketika sampel mencapai titik patah.
11. Data yang dicatat oleh UTM di analisis untuk menentukan kekuatan tarik maksimum, tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

2.4 Resin

2.4.1 Resin *Polyester*

Di dalam pembuatan komposit tentunya dibutuhkan bahan-bahan untuk pembuatan komposit diantaranya adalah serat yang akan digunakan untuk menguatkan komposit dan juga resin yang akan digunakan sebagai matriks atau pengikat dari serat tersebut, berikut ini berbagai resin yang biasa digunakan untuk pembuatan komposit. Berbagai macam resin secara umum yang digunakan yaitu resin feno, resin amino, resin epoxy, dan resin polyester.

Resin poliyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk material komposit. Walaupun secara mekanik, sifat mekanik yang dimiliki oleh poliester tidaklah terlalu baik atau hanya sedang – sedang saja.

Hal ini karena resin ini mudah didapat, harga relatif terjangkau serta yang terpenting adalah mudah dalam proses pabrikasinya.

Jenis dari resin polyester yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe polister jenuh (*saturated polyester*) seperti Terylene, yang tidak bisa mengalami curing dengan cara seperti ini. Oleh karena itu merupakan hal yang biasa untuk menyebut resin poliester tidak jenuh (*unsaturated polyester*) dengan hanya menyebutnya sebagai resin poliester.

Unsaturated polyesters (polyester tidak jenuh) adalah kondensasi dari polymer yang terbentuk dari reaksi antara poliols dan asam polycarboxylic dengan ketidak jenuhan olefinik yang disebabkan oleh salah satu reaktan, biasanya asam Poliols dan asam *polycarboxylic* biasanya merupakan difunctional alcohol (*glycol*) dan difungsional asam seperti phthalic dan maleic fumaric. Selama ini asam maleic (dalam bentuk *maleic anhydride*) lebih sering digunakan untuk resin untuk tujuan umum (Firmansyah, 2019)

Maleic anhydride diperoleh dengan cara melakukan pencampuran uap benzene dengan udara menggunakan katalis (*e.g. vanadium*) pada temperature tinggi (450°C). Sedangkan fumaric, yang merupakan trans - isomer dari maleic, dapat diperoleh dengan memberikan perlakuan panas terhadap asam maleic, dengan atau tanpa katalis. Asam fumaric terkadang lebih dipilih sebagai material pembentuk *unsaturated polyester* karena penggunaannya menyebabkan resin

menjadi 7 lebih tahan korosi, lebih terang dan ketahanan panas meningkat cukup signifikan (Muhni 2021)

Polyesterifikasi adalah reaksi yang paling penting dalam mempersiapkan *unsaturated polyester*, disamping reaksi lain yang juga memiliki pengaruh. Hal ini telah disebutkan oleh Parker, 1959) sebagai :

1. *Isomerization* dari *maleate* menjadi *fumarate*.
2. Penambahan *glycol* kepada ikatan rangkap *maleate* dan *fumarate*
3. Oksidasi untuk memutuskan ikatan rangkap
4. Hilangnya *glycol*

Selain dari hasil sintesis diatas, poliester juga dapat disintesis dari berbagai macam glikol dan asam lainnya,



Gambar 2.7 Resin *Polyester*
Sumber : (Elvha, 2025)

Kecepatan dari polyesterifikasi dapat ditingkatkan dengan berbagai macam cara, dimana cara yang paling efektif dan efisien adalah memindahkan air hasil produksi sampingan dari reaksi. Polyester tidak boleh direaksikan di bawah selimut gas inert untuk meminimalisasi degradasi yang disebabkan oleh

oksidasi pada temperature reaksi. Gas inert juga dapat berinteraksi dengan lapisan dibawah permukaan reaksi (*sparging*) untuk meningkatkan area antar muka dari gas / cairan sehingga dapat menyebabkan perpindahan air dari reaksi. Meningkatkan sparge dari gas inert atau kecepatan reaksi dapat dilakukan dengan cara meningkatkan area perpindahan massa, meningkatkan kecepatan pemindahan. Penggunaan vakum juga dapat meningkatkan kecepatan reaksi dengan cara meningkatkan tekanan parsial dari air hasil reaksi sampingan. Kecepatan reaksi juga dapat dilakukan dengan cara menggunakan katalis. Diantara katalis yang digunakan adalah asam dari mineral seperti sulfuric, asam *aryl sulfonic* seperti asam *p-toluene sulfonic*, senyawa tin seperti *dibutyl tin oxide* dan *titanates* seperti *tetrabutyl titanate*.

Tabel 2.4 Sifat Mekanik Poliester

Item	Satuan	Nilai
Kekuatan Tarik	MPa	20-100
Modulus Tarik	GPa	2,1-4,1
Regangan Maksimum	%	1-6
Kerapatan (<i>Density</i>)	g/cm ³	1,0-1,45
CTE (Koefisien Muai Panas)	10 ⁻⁶ /°C	55-100
<i>Cure Shrinkage</i> (Penyusutan)	%	5-12

Sumber : (Nusyirwan et al., 2019)

Sebagian besar katalis memiliki kekurangan, seperti menjadikan warna resin menjadi gelap, *haze* pada resin dan perlunya memindahkan endapan pada katalis pada saat reaksi telah selesai. Untuk poliester tidak jenuh, penggunaan senyawa tin seperti *dibutyl tin oxide* dan asam *butyl stannic* merupakan katalis yang sampai saat paling baik dalam meningkatkan kecepatan dan juga mengurangi efek samping yang tidak diinginkan.

Kemudian mempermudah proses pengerjaan lanjutan (molding) resin poliester dilarutkan dengan crosslinking monomer dengan penambahan inhibitor (*hydroquinone*) untuk mencegah crosslinking. Kemudian larutan resin dapat juga ditambahkan additif seperti *Chlorendic Anhydride* untuk ketahanan terhadap panas. Asam isophthalic untuk ketahanan kimia juga neopentyl glycol untuk ketahanan terhadap perubahan cuaca (*Firmansyah, 2019*)

2.4.2 Alkalisasi NaOH

Sifat alami serat adalah Hydrophilic, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang hidrophilic. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami hidrophobic serat dapat memberikan ikatan interfecial dengan matrik secara optimal (*Bismarck, 2018*). Alkalisasi adalah proses perlakuan kimia dengan menggunakan senyawa basa, seperti NaOH. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat kedalam basa alkali. NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin.

Perendaman NaOH pada serat alam bertujuan untuk membersihkan permukaan serat dari kotoran, getah dan mereduksi kandungan air pada serat sehingga ikatan interfacial antara serat dan matrik menjadi lebih baik. Pengaruh perlakuan alkali NaOH pada serat alam menunjukkan peningkatan mutu permukaan serat alami hydrophilic. (*Eichron, dkk, 2011*). Alkalisasi merupakan salah satu metode modifikasi permukaan serat yang dilakukan untuk memperoleh ikatan

yang baik antara permukaan matriks dan serat (*Maryanti & Wahyudi, 2011*). Proses alkalisasi menggunakan NaOH sering kali digunakan dalam berbagai bidang, seperti pengolahan serat, produksi sabun dan pembersih, serta dalam industri kimia. NaOH adalah hidroksida natrium yang larut dalam air dan membebaskan ion hidroksida (OH^-), yang merupakan penyebab sifat basanya

2.5 Struktur Makro

Struktur makro adalah struktur yang dapat dilihat dengan mata telanjang atau dengan bantuan alat pengamatan sederhana seperti kaca pembesar. Struktur makro sangat penting untuk menentukan fungsi, kinerja, dan keamanan suatu objek atau bagian. Struktur makro komposit mengacu pada tampilan fisik dan susunan komponen penyusun material komposit yang dapat diamati secara langsung dengan mata atau menggunakan alat bantu seperti kaca pembesar atau kamera digital beresolusi tinggi. Peranan Struktur Makro dalam Teknik Mesin

1. Menentukan kualitas hasil pengecoran, pengelasan, maupun deformasi plastis.
2. Membantu dalam analisis kegagalan material.
3. Dasar untuk memutuskan apakah material layak diproses lebih lanjut atau harus diperbaiki.
4. Berpengaruh langsung terhadap sifat mekanik seperti kekuatan tarik, ketangguhan, dan ketahanan kelelahan.

Struktur makro komposit serat sisal bermatriks polyester diamati untuk mengetahui pengaruh lama perendaman serat terhadap keseragaman, kerapatan, dan integrasi antara serat dan matriks. struktur makro dapat diamati menggunakan

mikroskop digital portabel dan struktur mikro diamati menggunakan mikroskop optik dan *mikroskop elektron scanning* (SEM)

Perendaman serat sisal dilakukan dengan tujuan untuk memodifikasi permukaan serat sehingga memiliki ikatan yang lebih baik dengan matriks poliester. Waktu perendaman yang berbeda-beda dapat menyebabkan perbedaan signifikan dalam struktur makro komposit yang dihasilkan.

2.6 Hand Lay Up

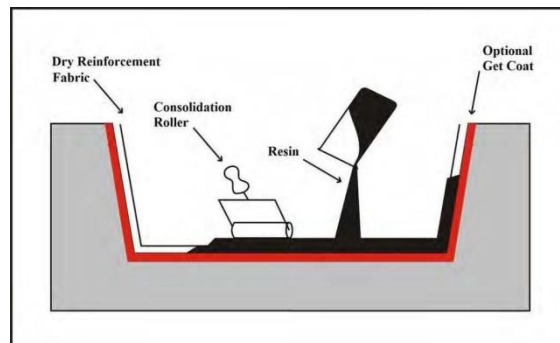
Hand Lay Up metode sederhana dan manual di mana lapisan bahan penguat (seperti serat kaca atau serat karbon) ditempatkan secara manual pada cetakan terbuka dan kemudian diaplikasikan dengan resin menggunakan kuas atau rol.

Keunggulan *Hand Lay Up* :

- a. Peralatan sedikit dan harga murah
- b. Kemudahan dalam bentuk dan desain produk
- c. Variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur dengan mudah.

Kelemahan *Hand Lay Up* :

- a. Ketebalan yang tidak konsisten
- b. Distribusi resin yang tidak merata
- c. Lebih boros resin



Gambar 2.8 Proses Metode *Hand Lay Up*
Sumber : (Smith, 1996)

2.8 Kerusakan Komposit

Dalam hal ini kerusakan internal mikroskopik (yang tidak dapat diamati mata) dapat terjadi jauh sebelum kerusakan nyata terlihat. Kerusakan mikroskopik ini terjadi dalam beberapa bentuk, seperti:

1. Patah pada serat (fiber breaking)

Patah pada serat terjadi ketika tegangan yang diberikan pada komposit melebihi kekuatan tarik maksimum dari serat penguat, sehingga serat mengalami kerusakan secara mekanis (putus). Ciri-cirinya : Terlihat sebagai potongan atau ujung serat yang patah di dalam atau pada permukaan komposit.

2. Retak mikro pada matriks (matrix microcrack)

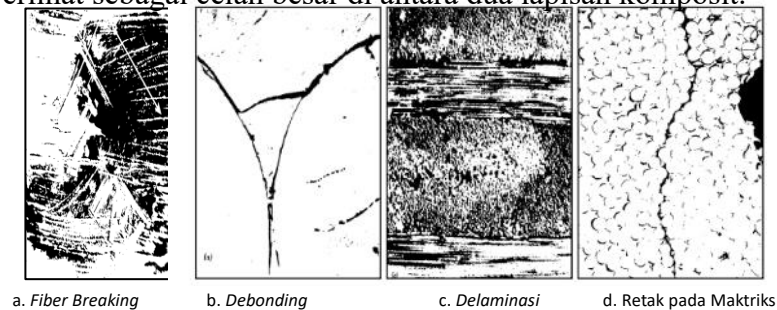
Retak mikro adalah celah kecil yang terbentuk di dalam matriks polimer akibat tegangan atau deformasi termal berulang. Biasanya tidak langsung terlihat dengan mata telanjang. Ciri-cirinya : Umumnya berbentuk garis-garis halus yang menyebar dari pusat tegangan tinggi.

3. Terkelupasnya serat matriks (debonding)

Debonding adalah kegagalan ikatan antara permukaan serat dan matriks, sehingga serat terlepas atau tidak lagi terikat kuat pada resin. Ciri-cirinya Tampak sebagai rongga kecil atau celah di sekitar permukaan serat.

4. Terpisahnya lamina satu sama lain (delamination)

Delaminasi adalah pemisahan antar lapisan (lamina) dalam struktur komposit berlapis, biasanya akibat tegangan antar muka, kelelahan, atau dampak mekanis. Ciri-cirinya Terlihat sebagai celah besar di antara dua lapisan komposit.



Gambar 2.9 Modus Kerusakan Struktur Komposit

Sumber : (Tjahjanti, 2018)

2.8 Jurnal Rujukan

Beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dengan dengan judul penelitian ini sebagai berikut :

Penelitian yang dilakukan oleh Nesimnasi, Boimau & Pell (2015) dengan judul “Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) pada SeratAgave Cantula terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester” . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik komposit yang diperkuat serat *agave cantula* dengan matriks poliester. Metode penelitian yang digunakan seperti : 1) Variasi perendaman dalam larutan alkali (NaOH 2% dan 5%) selama 2, 4, dan 6 jam. 2) Komposit dibuat dengan metode press molding , dan 3) Pengujian tarik memakai standar ASTM D-638 (American Standard for Testing Materials. Hasil

penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan alkali 5% selama 2 jam dengan nilai 36,866 MPa, sedangkan tegangan tarik terendah diperoleh pada perlakuan alkali 2% selama 2 jam dengan nilai 22,707 MPa

Penelitian dari Yudhanto & Wisnujati (2016) dengan judul “Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Wettability Serat Alam *Agave Sisalana Perrine*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik dan wettability serat alam *Agave Sisalana Perrine*. Metode penelitian yang digunakan seperti : 1) Lama perendaman dalam larutan alkali (NaOH) selama 0 jam, 2, 4, dan 6 jam., 2) Pengujian tarik serat tunggal sesuai dengan standar ASTM D3379-75, 3) Pengujian mekanis menggunakan Universal Testing Machine. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil peningkatan kekuatan tarik (tensile strength) dan modulus elastisitas akibat naiknya indeks kristalinitas selulosa di dalam serat sisal pada perlakuan alkali selama 4 jam