

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

**Nurudin, 2011.** Melakukan penelitian tentang karakterisasi kekuatan mekanik komposit dengan serat kulit pohon waru bermatrik polyester dengan perlakuan alkali dan variasi dari arah orientasi serat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah serat memiliki empat layer serat dengan variasi arah orientasi ( $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ ); ( $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$ ); ( $45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ ) dan proses alkalisasi. Proses preparasi alkalisasi meliputi pembuatan larutan NaOH yaitu dengan menghitung perbandingan volume. Konsentrasi NaOH yang digunakan adalah larutan NaOH 5%. Hasil dari penelitian ini adalah variasi dari arah orientasi pada serat tidak berpengaruh banyak pada kekuatan tarik 66,14 MPa pada orientasi arah sudut serat ( $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ ), pada orientasi sudut serat ( $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$ ) sebesar 66,46 MPa dan pada orientasi arah sudut serat ( $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ ) sebesar 66,78 MPa, akan tetapi pada perlakuan alkalisasi serat dengan menggunakan NaOH 5% selama 2 jam memberikan pengaruh terhadap peningkatannya bending yaitu nilai tertinggi yang didapatkan sebesar 179,78 pada orientasi sudut serat ( $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ );

**Djamil, 2014.** Meneliti tentang kekuatan tarik komposit menggunakan serat bambu dengan variasi jenis anyaman *diamond braid* dan *plain weave* dengan matrik polimer dengan standar spesimen ASTM D3039. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil dari *yield strength* dan *ultimate strength* dimana Nilai kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dari spesimen *plain weave* dengan orientasi ( $0^{\circ}/90^{\circ}$ ) sebesar 4,2 MPa, sedangkan spesimen *diamond braid* dengan orientasi  $45^{\circ}$  sebesar 2,387 MPa. Nilai kekuatan luluh (*yield strength*) dari spesimen *plain weave* dengan sudut orientasi ( $0^{\circ}/90^{\circ}$ ) adalah sebesar 2,888 MPa, sedangkan spesimen *diamond braid* dengan orientasi  $45^{\circ}$  sebesar 2,212 MPa. Nilai tertinggi kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dan kekuatan luluh (*yield strength*) pada anyaman tipe *plain weave*.

## 2.2 Komposit dan Klasifikasi Komposit

### 2.2.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik ini yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional pada umumnya dari proses pembuatannya melalui pencampuran yang tidak homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matrik atau pengikat dengan penguat / *Fiber*. (Matthews, 1994).

Komposit sendiri terbagi menjadi dua penyusun utama, yaitu

#### A. Matrik

Fungsi serat adalah sebagai penguat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kokoh, tangguh dan lebih kaku dibandingkan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Kaku adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu dalam daerah elastis pada pengujian tarik. Tangguh adalah bila pemberian gaya atau beban yang menyebabkan bahan-bahan tersebut menjadi patah pada pengujian tiga titik lentur. Kokoh adalah kondisi yang diperoleh akibat benturan atau pukulan serta proses kerja yang mengubah struktur komposit sehingga dapat lebih menyerap beban kejut pada pengujian *impact*.

Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matrik antara lain :

1. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi
2. Mampu menerima perubahan gaya dari matrik dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.
3. Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama
4. Kekuatan lentur yang tinggi

### B. Fiber

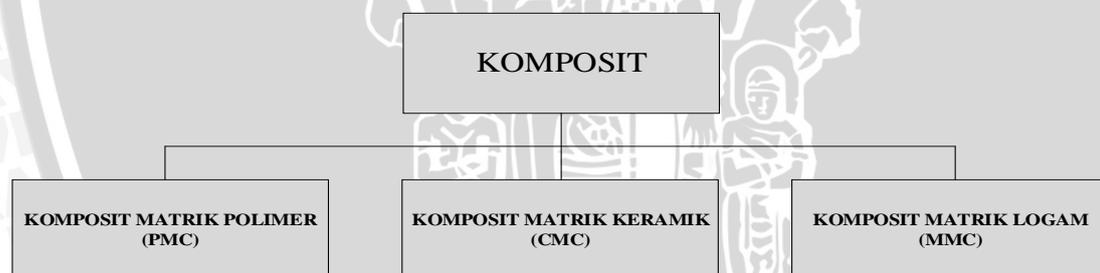
Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu :

1. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matrik (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matrik (*debonding*).
2. Kelangsingan (*aspec ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat cukup besar.

Arah serat penguat menentukan kekutan komposit dan mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matrik. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum (Surdia, 1999).

#### 2.2.2 Klasifikasi Komposit

Secara umum komposit dapat dibagi menjadi 3 kelompok utama berdasarkan matrik, seperti pada gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit Secara Umum

Sumber : Teknologi Material Komposit, Nurun Nayiroh

#### 1. Komposit Matrik Polimer (PMC)

Polimer merupakan matrik yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matrik polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoplastik adalah polimer yang apabila didinginkan akan menjadi keras dan akan meleleh pada suhu tertentu serta mempunyai sifat reversibel (dapat kembali sifat awalnya), Sedangkan polimer termoset adalah polimer yang memiliki sifat

irreversibel (tidak dapat mengikuti perubahan suhu), apabila polimer tersebut telah dikeraskan maka polimer tidak dapat dilunakkan kembali. Dapat disimpulkan bahwa polimer termoplastik dapat didaur ulang sedangkan polimer termoset tidak dapat didaur ulang. (Nayiroh).

Aplikasi PMC, yaitu sebagai berikut :

- 1) Matrik berbasis poliester dengan serat gelas
  - a) Alat-alat rumah tangga
  - b) Panel pintu kendaraan
  - c) Lemari perkantoran
  - d) Peralatan elektronika.
- 2) Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas = Kotak air radiator
- 3) Matrik berbasis termoset dengan serat carbon
  - a) Rotor helikopter
  - b) Komponen ruang angkasa
  - c) Rantai pesawat terbang

## 2. Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites – MMC)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continous Filamen MMC yang digunakan dalam aplikasi aerospace. (Nayiroh).

Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC :

- 1) Transfer tegangan dan regangan yang baik.
- 2) Ketahanan terhadap temperature tinggi
- 3) Tidak menyerap kelembapan.
- 4) Tidak mudah terbakar.
- 5) Kekuatan tekan dan geser yang baik.
- 6) Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik

Kekurangan MMC :

- 1) Biayanya mahal
- 2) Standarisasi material dan proses yang sedikit

### 3. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites – CMC*)

CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai reinforcement dan 1 fasa sebagai matrik, dimana matriknya terbuat dari keramik. Reinforcement yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matrik keramik disekeliling daerah filler (penguat).

Matrik yang sering digunakan pada CMC adalah :

- 1) Gelas anorganic.
- 2) Keramik gelas
- 3) Alumina
- 4) Silikon Nitrida

Keuntungan dari CMC :

- 1) Dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam
- 2) Sangat tangguh , bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari cast iron
- 3) Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
- 4) Unsur kimianya stabil pada temperature tinggi
- 5) Tahan pada temperatur tinggi
- 6) Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi tinggi.

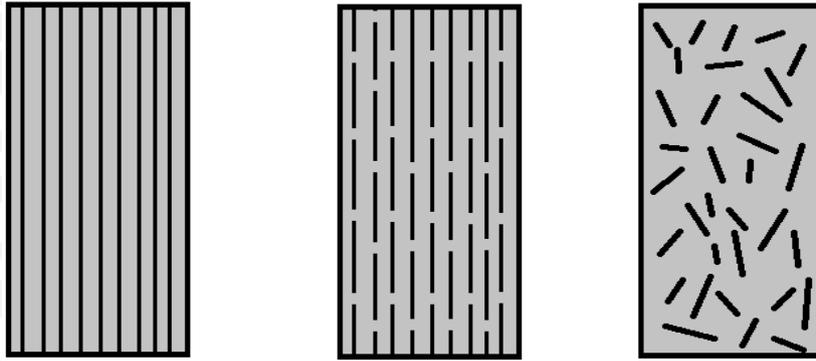
Kerugian dari CMC

- 1) Sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar
- 2) Relative mahal dan non-cot effective
- 3) Hanya untuk aplikasi tertentu

Sedangkan klasifikasi dari komposit, dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

#### 1. Material Serat Komposit (*Fibrous composites materials*)

Terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matrik dan serat. Komposit serat berorientasi adalah dimana serat yang berfungsi sebagai penguat tersusun secara rapi dan terarah. Skema penyusunan serat dapat dibagi menjadi tiga.



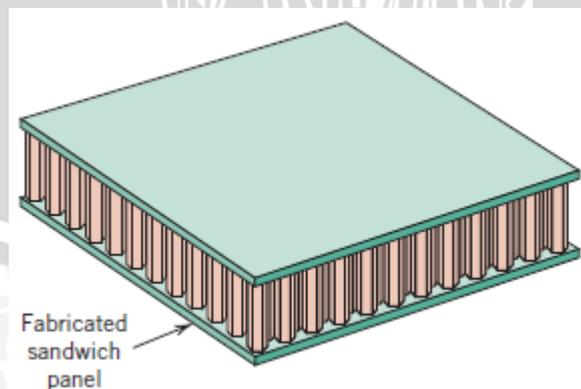
Gambar 2.2 Skema Penyusunan Serat. (a) serat berturut, (b) serat terputus, (c) serat acak terputus

Sumber : Dokumen Pribadi

## 2. Material Komposit berlapis

Terdiri dari dua atau lebih lapisan material yang berbeda dan digabung secara bersama-sama. *Laminated composite* dibentuk dari berbagai lapisan-lapisan dengan berbagai macam arah penyusunan serat yang ditentukan disebut lamina. Yang termasuk komposit berlapis yaitu:

- a. *Bimetals*
- b. *Cladmetlas*
- c. *Laminated Glass*
- d. *Plastic-Based Laminates*



Gambar 2.3 Komposit laminat(*laminated composite*)

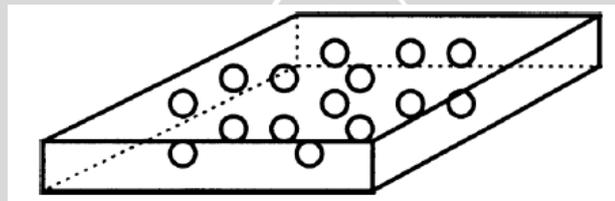
Sumber : Callister, W. D., *Material Science and Engineering, 7nd edition* (2007)

### 3. Material Komposit Partikel

Terdiri dari satu atau lebih partikel yang tersuspensi di dalam matrik dari matrik lainnya. Partikel logam dan non-logam dapat digunakan sebagai matrik.

Empat kombinasi yang digunakan sebagai matrik komposit partikel :

- \* Material komposit partikel non-logam di dalam matrik non-logam
- \* Material komposit partikel logam di dalam matrik non-logam
- \* Material komposit partikel non-logam di dalam matrik logam
- \* Material komposit partikel logam di dalam matrik logam



Gambar 2.4 Komposit Partikel

Sumber : Autar K. Kaw, *Mechanics of Composites Material* (2006)

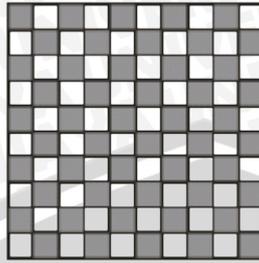
### 2.3 Anyaman Serat

Dalam ilmu komposit, terdapat ilmu baru yang berupa komposit tekstil (Lukkassen dan Meidell, 2007). Material ini dibuat dengan cara mengolah serat menjadi lembaran kain yang disebut mats. Kemudian mats tersebut dipadukan dengan resin untuk memperoleh komposit yang diperkuat serat dengan dimensi dan kriteria yang diinginkan.

Anyaman merupakan hasil perpaduan silangan antara benang lusi arah vertikal dan benang pakan arah horizontal. Persilangan antara benang lusi dan benang pakan yang diatur polanya akan membentuk macam-macam jenis anyaman, seperti anyaman polos, anyaman *satin*, dan anyaman *basket*. Anyaman pada tekstil di golongan menjadi 5 bagian :

## 1. Anyaman dasar

### A. Anyaman Polos

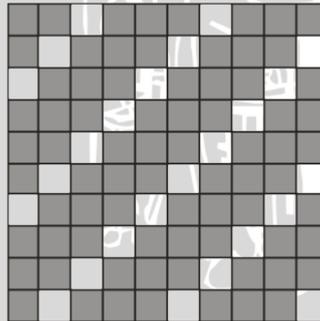


Gambar 2.5 Anyaman Polos/*Plain*

Sumber: [http://www .teknologitekstil.com/](http://www.teknologitekstil.com/) (diakses pada tanggal 1 Oktober 2016)

Setiap serat lusi lewat bergantian bawah dan di atas setiap serat pakan. Kain simetris, dengan stabilitas yang baik dan porositas yang wajar. Karena sifat yang mudah keriting berakibat sifat mekanik yang relatif rendah dibandingkan dengan gaya anyaman lainnya.

### B. Anyaman *Twill*

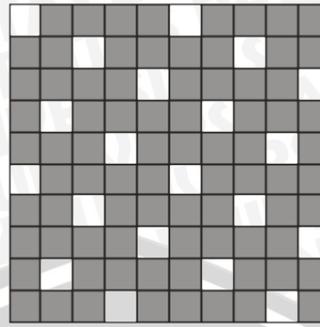


Gambar 2.6 Anyaman *Twill*

Sumber: [http://www .teknologitekstil.com/](http://www.teknologitekstil.com/) (diakses pada tanggal 1 Oktober 2016)

Dengan gaya anyaman 2x1 atau 3x1, sifat dari anyaman twill tidak jauh berbeda dengan anyaman plain dengan pengurangan pada stabilitas dan kerutan kain ini juga lebih unggul pada sifat mekanik jika dibandingkan dengan anyaman polos

### C. Anyaman *Satin*



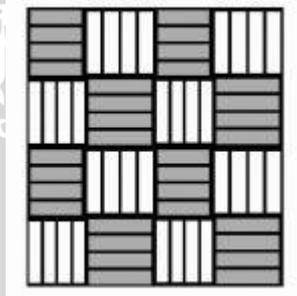
Gambar 2.7 Anyaman *Satin*

Sumber: [http://www .teknologitekstil.com/](http://www.teknologitekstil.com/) (diakses pada tanggal 1 Oktober 2016)

Anyaman satin pada dasarnya adalah hasil modifikasi pada anyaman twill untuk menghasilkan jumlah silangan antara benang lusi dan pakan lebih sedikit. Contohnya pada silangan 3x1, hasil silangan yang lebih sedikit menyebabkan stabilitas yang rendah dan kesimetrisan yang perlu ditimbangkan. Karena anyaman satin memiliki bentuk yang kurang simetris menyebabkan salah satu bagian permukaan lebih dominan. Ketika proses menganyam, satin harus diperhatikan untuk mengurangi efek asimetris.

## 2. Anyaman turunan

### A. Anyaman Basket



Gambar 2.8 Anyaman *Basket*

Sumber <http://www .teknologitekstil.com/> (diakses pada tanggal 1 Oktober 2016)

Anyaman *basket* dasarnya sama dengan anyaman *plain*, akan tetapi pada anyaman basket serat yang bersilangan lebih dari satu. Jika silangan basket 2x2 sifat anyaman tidak jauh berbeda dengan anyaman *plain*. Susunan

dua kain yang bersilangan sekaligus ditunjukkan dengan hitungan basket 2x2, namun susunan serat tidak perlu simetris. Karena itu untuk anyaman basket memungkinkan untuk memiliki 8x2, 5x4, dan lain lain. Anyaman *basket* di anyam secara datar, dan lebih kuat dari tenunan polos, tapi kurang stabil.

### Perbandingan Jenis Anyaman

Tabel 2.1 Perbandingan sifat dari anyaman

Sifat	Anyaman Polos (1x1)	Anyaman Twill (2x1)	Anyaman Satin (3x1)	Anyaman Basket (2x2)
Stabilitas	Sempurna	Baik	Buruk	Buruk
Porositas	Baik	Sangat Baik	Sempurna	Buruk
Permukaan yang halus	Buruk	Baik	Sempurna	Buruk
Keseimbangan	Sempurna	Sempurna	Buruk	Baik
Simetris	Sempurna	Baik	Sangat Buruk	Baik

Sumber : Dillip Tambyrajah, *Indulge and Explore Natural Fiber Composites* (2015)

### 2.4 Polimer Dan Polimerisasi

Polimer (*poly* = banyak dan *mer* = bagian) adalah suatu molekul besar atau makromolekul yang dibentuk atas susunan ulang dari molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia. Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu molekul kecil atau monomer saling berikatan dalam suatu rantai polimer atau membentuk tiga dimensi jaringan. Jika monomer memiliki jenis yang sama disebut homopolimer, dan jika monomer memiliki jenis yang berbeda akan menghasilkan kopolimer.

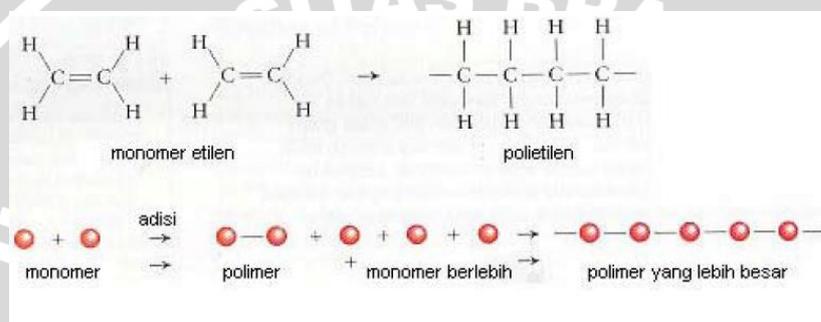
Polimer merupakan gabungan dari beberapa monomer yang membentuk sebuah rantai polimer. Bila rantai tersebut dikelompokkan bersama-sama dalam suatu pola dan orientasi yang acak disebut amorf, jika penggabungannya teratur disebut kristalin. Sifat-sifat umum yang dimiliki bahan-bahan polimer adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan cetaknya cukup baik, artinya pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan berbagai cara, diantaranya : dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi.
2. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat.
3. Baik sekali ketahanannya terhadap air dan zat kimia.
4. Banyak diantaranya polimer bersifat isolasi listrik yang baik dan mudah termuati listrik secara elektrostatik.
5. Kurang tahan terhadap panas.
6. Kekerasan permukaannya sangat kurang.

Pada polimer terjadi proses reaksi kimia monomer untuk membentuk rantai polimer, dan proses ini disebut polimerisasi. Ada dua jenis reaksi polimer, yaitu :

### 1. Polimer Adisi

Reaksi pembentukan polimer dari monomer-monomernya tetrafluoroetilen inilah yang disebut polimerisasi adisi. Perhatikan pada gambar 2.9 menunjukkan pada monomer etilena memiliki ikatan rangkap dua, sedangkan setelah terjadi proses pembentukan menjadi polietilen tidak ada ikatan rangkap dua.



Gambar 2.9 Struktur monomer etilen dan polietilen

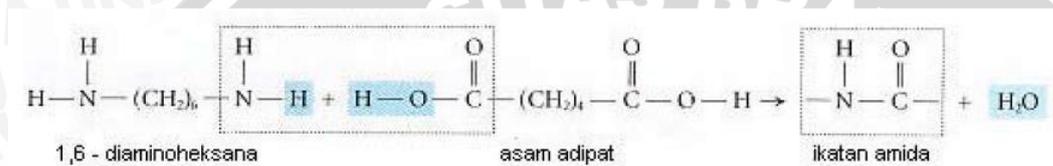
Sumber : Arifatun Anifah, Kimia Dasar (2009)

Monomer etilen mengalami reaksi polimerisasi adisi dan membentuk polietilen yang biasa digunakan sebagai tas plastik, pembungkus makanan, dan botol. Pasangan elektron yang lebih dari ikatan rangkap dua pada monomer etilen dipakai untuk membentuk ikatan baru agar dapat menjadi monomer yang lain.

Menurut reaksi ini, monomer-monomer yang mempunyai ikatan rangkap dua akan membentuk ikatan baru dengan monomer yang lain, sehingga akan terbentuk rantai polimer. Produk yang terbentuk dari reaksi polimerisasi adisi ini mengandung semua atom dari monomer awal. Dari gambar 2.9, dapat terlihat polimerisasi adisi terjadi saat polimer yang terbentuk karena reaksi polimerisasi disertai dengan pemutusan ikatan rangkap monomer yang diikuti oleh adisi monomer-monomernya, sehingga membentuk ikatan tunggal. Dalam reaksi polimer adisi ini tidak disertai terbentuknya molekul kecil seperti H<sub>2</sub>O atau NH<sub>3</sub>.

## 2. Polimer Kondensasi

Polimer kondensasi terjadi akibat dari reaksi antara gugus fungsi monomer yang sama jenis atau monomer yang beda jenisnya. Dalam polimerisasi kondensasi terkadang disertai terbentuknya molekul kecil seperti  $H_2O$  atau  $NH_3$ . Dalam reaksi ini, monomer-monomer bereaksi secara adisi untuk membentuk rantai, tapi setiap ikatan baru akan terbentuk bersamaan dengan terbentuknya molekul kecil dari atom-atom monomer. Pada reaksi semacam ini, tiap monomer harus mempunyai dua gugus fungsional agar bisa menambahkan ikatan baru pada unit monomer lainnya untuk menjadi rantai polimer.



Gambar 2.10 Polimerisasi kondensasi pada ikatan amida

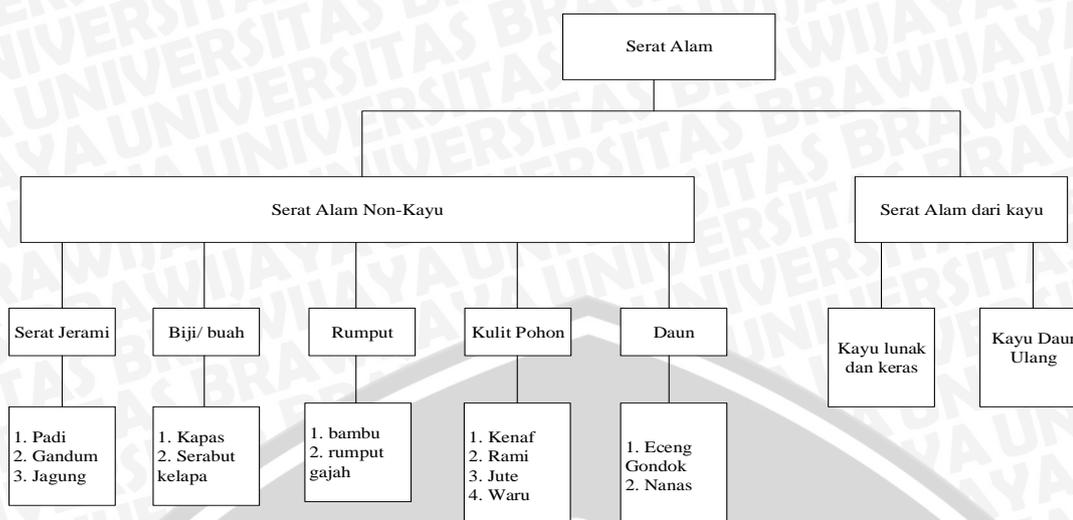
Sumber : Arifatun Anifah, Kimia Dasar (2009)

Proses kondensasi suatu atom hidrogen dari ujung monomer bergabung dengan gugus OH dari ujung monomer yang lain dan membentuk air. Pada gambar 2.10, terjadi kondensasi pada dua monomer yang berbeda yaitu 1,6-diaminoheksana dan asam adipat yang umum digunakan untuk membuat jenis nylon. Nylon diberi nama menurut jumlah atom karbon pada unit monomer. Dalam gambar 2.10, ada enam karbon pada tiap monomer, maka jenis nylon ini disebut nylon 66.

## 2.5 Serat Kulit Pohon Waru

Serat alam (*natural fibre*) adalah jenis-jenis serat sebagai bahan baku industri tekstil atau lainnya, yang diperoleh langsung dari alam. Berdasarkan asal usulnya, serat alam dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu serat yang berasal dari hewan, bahan tambang, dan tumbuhan.

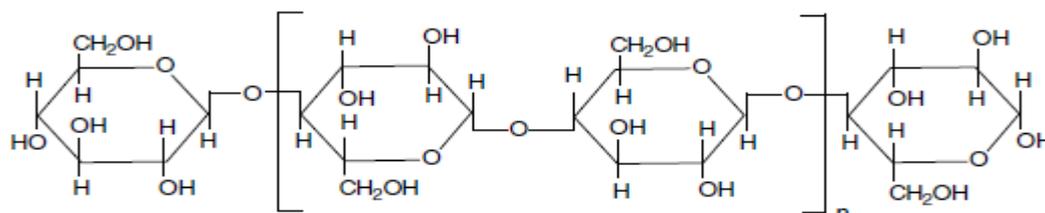
Serat alam yang berasal dari tumbuhan memiliki beberapa klasifikasi serat alam yang dijelaskan pada gambar 2.11 dibawah ini :



Gambar 2.11 Klasifikasi Serat Alam

Sumber : Amar K. M, *Natural fibers, Biopolymers, and Biocomposites*, , 2005

Serat alam yang tergolong dalam kayu atau non kayu jenis memiliki komposisi utama selulosa dan lignin. Jumlah selulosa dalam sistem lignoselulosa dapat bervariasi, hal tersebut tergantung pada spesies dan umur tanaman. Selulosa adalah *hydrophilic glucan polymer* yang terdiri dari rantai linear unit *1,4-β anhydroglucose*, yang mengandung gugus *alcoholic hydroxyl*. Kelompok hidroksil akan membentuk ikatan hidrogen antar molekul dan intramolekul dengan makromolekul atau dengan makromolekul selulosa atau molekul polar. Secara kimia, maka struktur dari selulosa dapat dijelaskan pada gambar 2.12 dibawah ini :

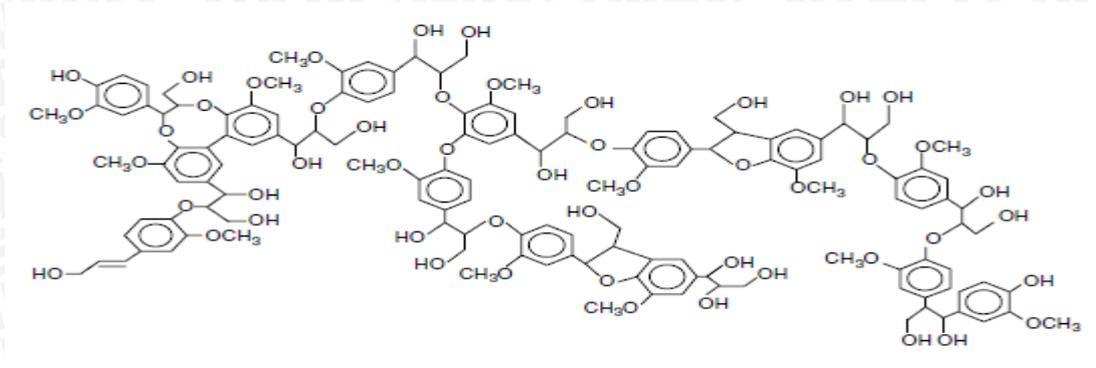


Gambar 2.12 Struktur Selulosa

Sumber : Amar K. M, *Natural fibers, Biopolymers, and Biocomposites*, 2005

Komposisi lignin atau zat kayu pada setiap jenis tumbuhan memiliki jumlah yang berbeda-beda tergantung pada jenis tumbuhannya. Lignin memiliki fungsi sebagai pengikat komponen lainnya dalam tumbuhan terutama pada bagian batang, sehingga menyebabkan batang sebuah pohon dapat berdiri tegak. Struktur kimia pada lignin memiliki pola yang tidak sama dan sangat kompleks. Lignin termasuk kedalam gugus

aromatik, hal ini yang saling menghubungkan dengan rantai alifatik dan terdiri dari 2-3 karbon. Hasil dari proses pirolisis pada lignin menghasilkan senyawa berupa fenol dan kresol yang termasuk kedalam senyawa kimia aromatis.



Gambar 2.13 Struktur Lignin

Sumber : Amar K. M, *Natural fibers, Biopolymers, and Biocomposites*, 2005

### 2.5.1 Deskripsi Pohon Waru

Pohon Waru yang memiliki nama ilmiah *Hibiscus tiliaceus* termasuk tumbuhan pada suku kapas-kapasan atau Malvaceae. Pohon tersebut juga dikenal sebagai Waru laut, atau Dadap laut (Pontianak). Pohon waru memiliki kesamaan marga dengan kembang sepatu yang merupakan tumbuhan asli dari daerah tropika di daerah Pasifik barat. Pada saat ini pohon waru telah tersebar luas di seluruh wilayah Pasifik dan dikenal dengan berbagai nama: *hau* (bahasa Hawaii), *purau* (bahasa Tahiti), *beach Hibiscus*, *Tewalpin*, *Sea Hibiscus*, atau *Coastal Cottonwood* dalam bahasa Inggris. Tumbuhan daerah tropis berbatang sedang ini dapat tumbuh pada berbagai kondisi tanah, di daerah yang subur, batangnya lurus, namun pada tanah yang kurang subur batangnya cenderung tumbuh membengkok, serta percabangan dan daun-daunnya lebih lebar.



Gambar 2.14 Daun dan Bunga Pohon Waru *Hibiscus tiliaceus*

Sumber : *Cancer Chemoprevention Research Center UGM*

### 2.5.2 Klasifikasi Ilmiah

Pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) memiliki klasifikasi ilmiah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Ilmiah Pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*)

Kingdom	<i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	<i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan Berpembulu)
Super Divisi	<i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan Biji)
Divisi	<i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan Berbunga)
Kelas	<i>Magnoliopsida</i> (Berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	<i>Dillniidae</i>
Ordo	<i>Malvales</i>
Famili	<i>Malvaceae</i> (Suku Kapas-Kapasan)
Genus	<i>Hibiscus</i>
Spesies	<i>Hibiscus tiliaceus L.</i>

Sumber : Biologi online info

### 2.5.3 Keuntungan dan kerugian Serat Alam

Penggunaan serat alam untuk material komposit memiliki beberapa keunggulan dan kerugian:

#### A. Keuntungan

- Berat jenis rendah
- Serat alam merupakan material alternatif yang termasuk sumber daya terbarukan, produksi hanya membutuhkan sedikit energi.
- Investasi rendah dengan biaya rendah.
- Pengolahan yang ramah lingkungan.
- Serat alam memungkinkan untuk di daur ulang
- Kuat terhadap panas dan memiliki sifat sebagai isolasi

#### B. Kerugian

- Sifat kekuatan yang lebih rendah.
- Kualitas serat alam tergantung pada pengaruh hal-hal yang tak terduga seperti cuaca.
- Penyerapan kelembaban yang menyebabkan pembusukan pada serat.
- Terbatas pada proses perlakuan temperatur maksimum.

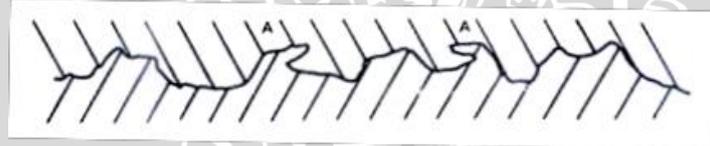
- Daya tahan serat alam sangat rendah.
- Tidak tahan api.
- Harga dapat berfluktuasi dengan hasil panen.

## 2.6 Teori ikatan matrik dan serat penguat

Ketika matriks melapisi dan melekat pada serat penguat, terjadi ikatan antar serat dengan matriks. Ada beberapa macam ikatan yang terbentuk antara lain

### a. Ikatan mekanik (*Mechanical bonding*)

Matriks cair akan menyebarkan ke seluruh permukaan serat penguat dan mengisi setiap lekuk dan permukaan serat penguat yang kasar akan saling mengunci dan semakin kasar permukaan serat maka ikatan yang terjadi akan semakin kuat

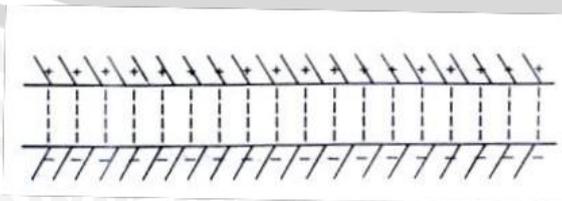


Gambar 2.15 Ikatan Mekanis

Sumber : I Nyoman Pasek Nugraha (2015)

### b. Ikatan elektrostatik (*elektostatic bonding*)

Ikatan elektrostatik seperti yang ditunjukkan terjadi antara matriks dan serat penguat ketika salah satu permukaan yang mempunyai muatan positif dan permukaan lain mempunyai muatan negatif, sehingga terjadi Tarik menarik antara dua permukaan tersebut

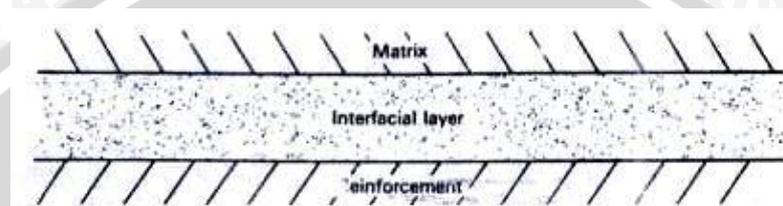


Gambar 2.16 Ikatan Elektrostatik

Sumber : I Nyoman Pasek Nugraha (2015)

c. Ikatan reaksi (*Reaction bonding*)

Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaan sehingga terjadi ikatan reaksi. ikatan ini akan membentuk lapisan permukaan yang mempunyai sifat yang berbeda dari kedua komponen tersebut. ikatan ini dapat terjadi karena adanya difusi atom-atom permukaan dari komponen komposit



Gambar 2.17 Ikatan Reaksi

Sumber : I Nyoman Pasek Nugraha (2015)

## 2.7 Pengujian Tarik

Uji tarik digunakan untuk memperoleh informasi dari kekuatan bahan dan sebagai uji spesifikasi bahan. Pada uji tarik spesimen dibebani gaya tarik searah sumbu secara kontinyu.

### 2.7.1 Hubungan Tegangan Dan Regangan

Tegangan tarik merupakan distribusi gaya tarik persatuan luas bahan, dirumuskan:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

Dimana :

$\sigma_T$  = Tegangan tarik

F = Gaya tarik

A = Luas penampang

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang awal, dirumuskan:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Dimana :

$\epsilon$  = Regangan (%)

$l_0$  = Panjang awal (mm)

$\Delta l$  = Pertambahan panjang (mm)

Untuk hampir semua bahan material tahap uji tarik hubungan antara beban atau gaya yang diberikan pada bahan percobaan berbanding lurus terhadap perubahan panjang bahan tersebut, ini disebut daerah linier. Didaerah ini kurva pertambahan panjang terhadap beban sebagai berikut:

“Rasio tegangan dan regangan adalah konstan”

Sehingga hubungan antara tegangan dan regangan di rumuskan :

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

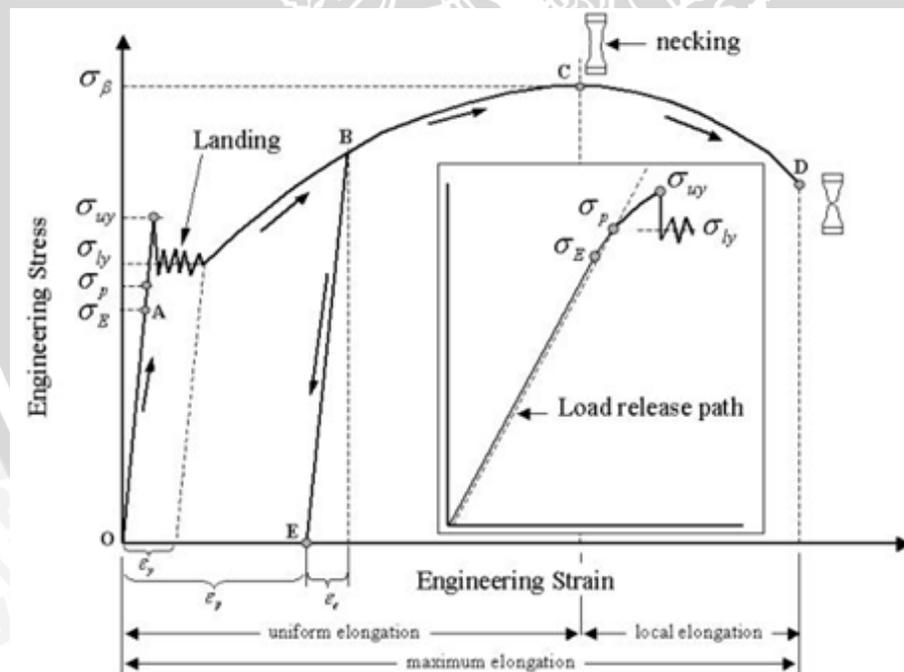
Dimana :

$E$  = Modulus elastisitas

$\sigma$  = Tegangan

$\varepsilon$  = Regangan

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



Gambar 2.18 : Grafik tegangan –regangan  
Sumber : Imaniah, Pengujian Bahan (2013)

Istilah mengenai sifat-sifat mekanik bahan dengan melihat hasil uji tarik diatas. Asumsikan bahwa kita melakukan uji tarik mulai titik 0 sampai D sesuai dengan arah panah dalam gambar.

a. Batas elastisitas  $\sigma E$  (*Elastis limit*)

Dalam gambar diatas dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan maka beban itu akan kembali ke kondisi semula yaitu regangan nol pada titik 0. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan.

b. Batas proporsional  $\sigma P$  (*Proporsional limit*)

Titik sampai dimana penerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek biasanya, batas proporsional sama dengan batas elastis, yang mana merupakan keseimbangan antara penambahan tegangan dan regangan.

c. Deformasi plastis (*Plastic deformation*)

Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula ketika material dikenai gaya. Pada gambar diatas, material di tarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing

d. Tegangan luluh atas (*Upper Yield Stress*)

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing, peralihan deformasi elastis ke plastis.

e. Tegangan luluh bawah (*Lower Yield Stress*)

Tegangan rata-rata daerah landing sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila yang dimaksud tegangan luluh (*yield Stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini, yang ditandai dengan penambahan regangan tanpa penambahan tegangan.

f. Regangan luluh  $\epsilon_y$  (*Yield Strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

g. Regangan elastis  $\epsilon_e$  (*Elastic Strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.

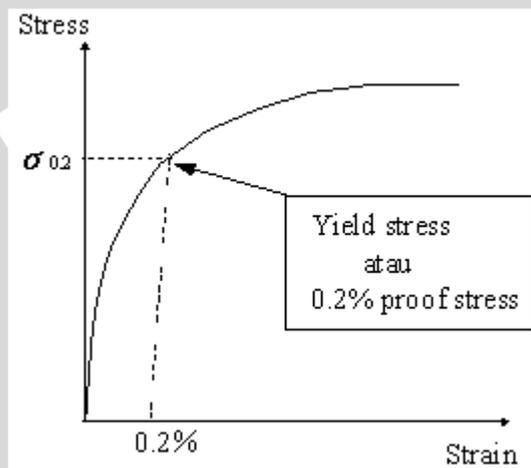
h. Regangan plastis  $\epsilon_p$  (*Plastic Strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan plastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan

i. Tegangan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*)

Pada gambar diatas, ditunjukkan dengan titik C ( $\sigma_B$ ) merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

j. Kekuatan patah (*Breaking Strength*)



Gambar 2.19 : Grafik Metode *Offset*  
Sumber : Imaniah, Pengujian Bahan (2013)

Pada gambar diatas, ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan dimana bahan yang di uji putus atau patah.

Apabila suatu proses material dihasilkan dengan tegangan-regangan yang tidak memperlihatkan titik luluh/*yield*, maka mencarinya dengan metode *offset*, yaitu menarik garis lurus sejajar dengan diagram tegangan dimulai dari titik 0 regangan yang digunakan sebagai acuan dengan jarak 0,2% dari regangan maksimum. Perpotongan garis *offset* dengan kurva tegangan regangan itulah tegangan *yield* dari bahan tersebut.

### 2.7.2 Elastisitas Dan Plastisitas

Elastisitas

Kemampuan suatu material untuk kembali ke bentuk atau ukuran semula saat tegangan yang diberika dihilangkan.

Sifat mekanis daerah elastis pada diagram tegangan-regangan:

Tegangan *Elastic* + *modulus young*

Merupakan kemampuan untuk menerima beban tanpa terjadi deformasi plastis (ditunjukkan oleh titik luluh) dan digunakan sebagai harga batas beban bila digunakan dalam suatu perencanaan. Sedangkan *modulus young* dapat diartikan secara sederhana, yaitu adalah hubungan besaran tegangan dan regangan tarik. Rumus *modulus young*

$$E = \frac{\text{Tensile Stress}}{\text{Tensile Strain}} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta l/l_0} = \frac{F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l}$$

Dimana :

$E$  = *Modulus young*

$F$  = Gaya yang diberikan (N)

$A_0$  = Luas penampang beban mula-mula (mm<sup>2</sup>)

$\Delta l$  = Pertambahan panjang bahan (mm)

$l_0$  = Panjang mula-mula bahan (mm)

#### Kekakuan

Merupakan kemampuan bahan menerima beban atau ketegangan tanpa menyebabkan perubahan bentuk (deformasi atau defleksi).

#### Resilient

Merupakan kemampuan menyerap energi tanpa terjadi deformasi plastis. Biasanya dinyatakan dalam *modulus resilient* (energi yang diserap untuk meregangkan satu satuan volume bahan sampai batas plastis).

$$U_r = \frac{\sigma_y^2}{2E}$$

Dimana :

$U_r$  = *Modulus Resilience*

$\sigma_y^2$  = *Yield point*

$E$  = *Modulus elastisitas*

#### Plastisitas

Kemampuan suatu material untuk mengalami sejumlah deformasi plastis (permanen) tanpa mengalami patah dan dinyatakan dalam presentase perpanjangan atau presentase pengurangan luas penampang. Keuletan menunjukkan kemampuan logam untuk dibentuk tanpa mengalami patah, sehingga penting untuk proses pembentukan logam. Di samping itu untuk logam yang memiliki kualitas tinggi, kerusakan dapat diketahui secara dini dengan melihat deformasi yang mendahului bahan tersebut patah. Sifat mekanik daerah plastis :

### Keuletan

Merupakan kemampuan suatu material untuk berdeformasi plastis tanpa mengalami patah dan dinyatakan dalam presentase perpanjangan atau presentase pengurangan luas penampang. Keuletan menunjukkan kemampuan logam untuk dibentuk tanpa mengalami patah/retak, sehingga penting untuk proses pembentukan logam. Di samping itu untuk logam yang memiliki kualitas tinggi, kerusakan dapat diketahui secara dini dengan melihat deformasi yang mendahului bahan tersebut retak/patah.

### Ketangguhan

Ketangguhan dinyatakan dalam *modulus* ketangguhan (banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan bahan persatuan volume) dan sangat sulit untuk diukur karena dipengaruhi oleh cacat, bentuk, ukuran bahan, dan kondisi pembebanan.

$$HI = \frac{E}{A}$$

Dimana:

HI = Harga *Impact*

E = Energi yang diserap

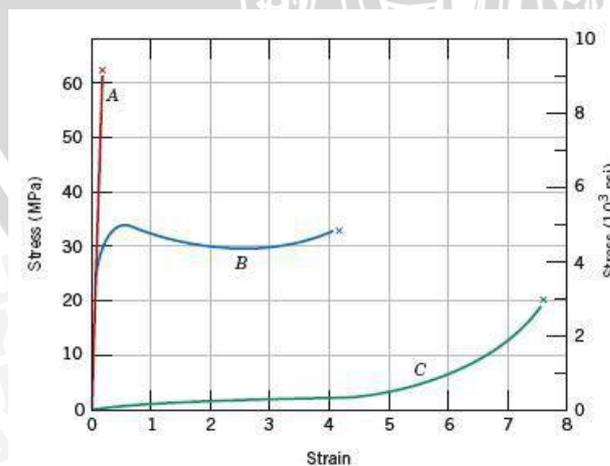
A = Luas penampang

### Kekuatan tarik

Kekuatan tarik merupakan kekuatan untuk menerima beban tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum bahan sebelum patah.

## 2.7.3 Tegangan regangan bahan polimer

Sifat mekanik polimer mempunyai parameter yang hampir sama dengan yang dimiliki oleh logam, di antaranya modulus *elastisitas*, *tensile strength* dan *fatigue*.



Gambar 2.20 Kurva tegangan-regangan untuk polimer a) getas (*brittle*); b) plastis; dan c) elastomer (*highly elastic*)

Sumber : Imaniah, Pengujian Bahan (2013)

## 2.8 Metode Manufaktur Komposit

Dalam pembuatan komposit diperlukan suatu cetakan dimana cetakan tersebut harus bersih dari kotoran dan permukaannya halus. Cetakan dapat terbuat dari logam, kayu, gips, plastik, dan kaca. Metode manufaktur dalam material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

### A. Proses Cetakan Terbuka/ *Open-mold Process*

Proses cetakan terbuka adalah proses sederhana pembuatan komposit yang dilakukan pada ruangan terbuka tanpa adanya penghalang antara komposit dan udara luar. Contoh dari proses cetakan terbuka adalah *hand lay-up*.

#### Metode *Hand lay-up*

*Hand lay-up* adalah metode yang paling sederhana dengan cara menuangkan resin kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.



Gambar 2.21 *Hand Lay Up*

Sumber : R. Hari Setyanto, Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya

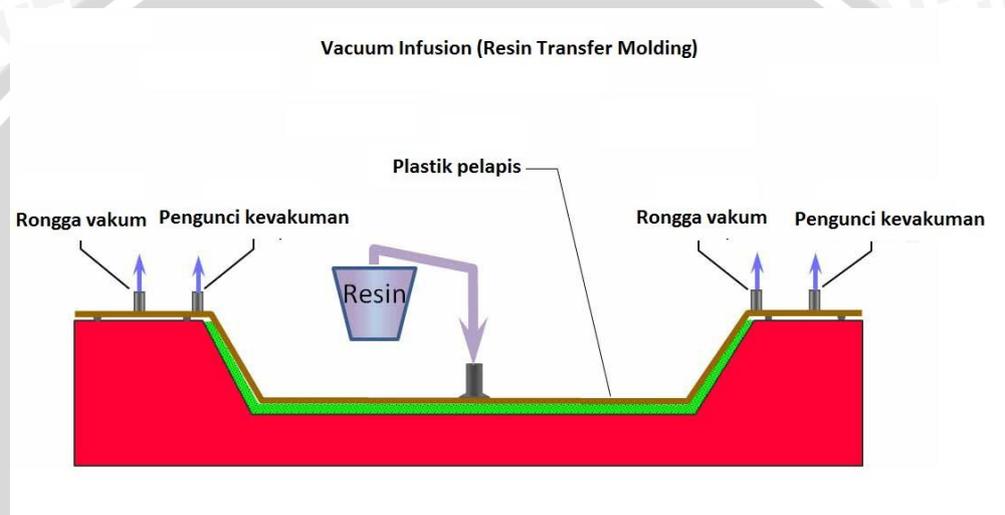
### B. Proses Cetakan Tertutup/ *Closed-mold Process*

Proses cetakan tertutup adalah proses yang pembuatan komposit yang dilakukan pada ruangan tertutup untuk mencegah terjadi kontak pada udara luar. Contoh dari proses cetakan tertutup adalah *Vacuum Infusion*

#### Metode *Vacuum Infusion*

Proses *vacuum infusion* merupakan penyempurnaan dari *hand lay-up*, penggunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan

udara yang terperangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini digunakan pompa vakum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah/tempat dimana komposit akan dilakukan proses pencetakan. Dengan divakumkan udara dalam wadah maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan. Metode vakum memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih terhadap rasio resin.

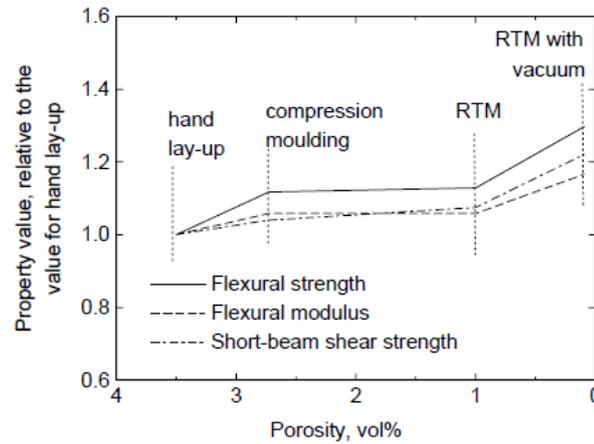


Gambar 2.22 *Vacuum Infusion Resin*

Sumber : Kevra oy, *Vacuum Infusion Resin* (2016)

### 2.8.1 Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Terhadap Material Cacat

Komposit dengan material polimer sebagai penguat atau *reinforced* akan menghasilkan beberapa kecacatan pada material komposit, hal ini disebabkan prosedur pada metode manufaktur pembuatan material komposit yang digunakan. Salah satu cacat yang sering terjadi pada metode manufaktur adalah porositas. Metode manufaktur dalam pembentukan material komposit akan mempengaruhi porositas yang terdapat di dalam material komposit hal ini dapat dilihat pada gambar 2.22. Dari grafik diatas maka dapat dilihat bahwa metode RTMV memiliki porositas yang sangat kecil dibandingkan metode *hand lay-up*. Metode RTM dapat mengurangi tekanan udara di dalam rongga cetakan, sehingga menghasilkan tingkat porositas yang rendah.

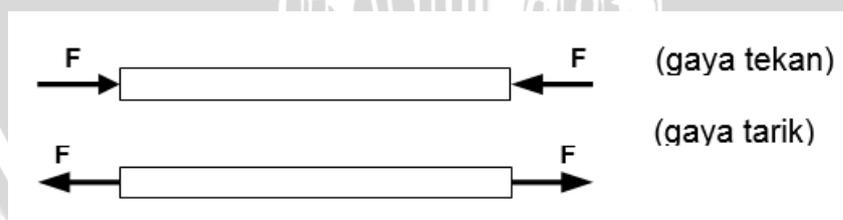


Gambar 2.23 Variasi metode manufaktur komposit terhadap porositas  
 Sumber : Bryan Harris, *Engineering composites* (1999)

### 2.9 Konstruksi Rangka Batang

Rangka batang (Truss)

- Konstruksi yang dirancang untuk menumpu beban dan biasanya berupa struktur yang dikekang/disambung jepit penuh dan stasioner.
- Rangka batang terdiri dari batang-batang lurus yang berhubungan pada titik-titik kumpul (SIMPUL) yang terletak di setiap ujung batang.
- Oleh karena itu batang-batang ini merupakan batang dengan 2 gaya : yaitu batang yang mengalami dua gaya sama besar dan berlawanan arah.
- Dua gaya tersebut merupakan gaya aksial yaitu berupa gaya tarik atau gaya tekan.



Gambar 2.23 Hukum III Newton : AKSI = REAKSI

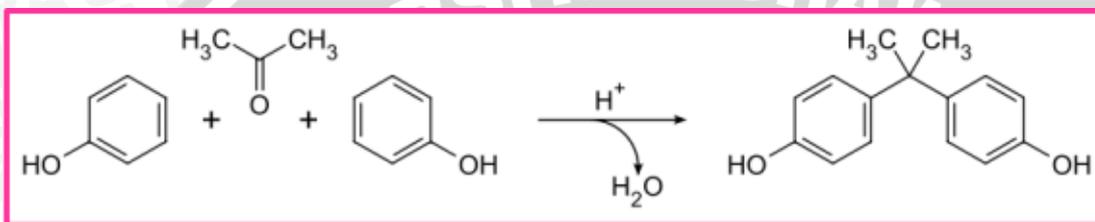
#### Syarat rangka batang sederhana

1. Sumbu batang berimpit dengan garis penghubung antara kedua ujung sendi / simpul. Titik pertemuan disebut : **titik simpul**. Garis yang menghubungkan semua simpul pada rangka batang disebut : **Garis Sistem**.
2. Muatan/beban yang bekerja pada rangka batang harus ditangkap / diteruskan pada simpul.

3. Garis sistem dan gaya luar harus terletak pada satu bidang datar.
4. Rangka batang ini harus merupakan rangka batang statis tertentu, baik ditinjau dari keseimbangan luar dan keseimbangan dalam.

## 2.10 Bisphenol A

Bisphenol A tidak di temukan secara natural di alam namun direkayasa oleh manusia. Dibuat pertama kali oleh Alexander Dianin. 4, 4'-(propane-2, 2'-diyl) diphenol, atau biasa disebut bisphenol A (BPA). Didapat dari proses penyatuan secara kondensasi antara aseton dan 2 phenol yang setara yang membutuhkan reaksi asam tinggi sebagai katalis. Sangat efisien dan produk sisanya adalah air.



Gambar 2.24 Kondensasi Bisphenol A  
Sumber : Mia Monte (2013)

## 2.11 Hipotesa

Sesuai dengan dasar teori variasi anyaman yang memiliki kekuatan tarik dari yang paling tinggi sampai terendah adalah anyaman, *twill*, *basket*, *plain*, dan *satın*. Hal ini dipertimbangkan dari stabilitas anyaman, porositas yang terjadi antar serat yang bersilangan, simetris bentuk anyaman pada lembaran, dan juga tidak mengeritingnya anyaman.