

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

**Agustinus P. I, dkk.(2013)** Melakukan penelitian tentang kekuatan tekan dan flexural material pada komposit serat bambu dengan matrik epoksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memperoleh karakteristik mekanik komposit berpenguat serat bambu dengan matriks epoksi yang akan diimplementasi-kan pada produk *socket prosthesis*. 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. Berdasarkan 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)

**Fellipe H dkk.(2012)** meneliti tentang orientasi serat nanas dan serat kaca terhadap sifat mekanik komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan penggunaan serat alami dengan membandingkan sifat isoftalat komposit polyester matriks yang diperkuat dengan serat nanas dan serat kaca. Komposit ini didesain dengan berbagai sudut serat diantaranya  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ . Komposit juga didesain dengan berbagai fraksi volume serat diantaranya adalah 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Persentase alkali yang digunakan adalah 5% NaOH. Metode pengujian yang dilakukan untuk melihat sifat mekanik pada komposit antara lain : Uji Tarik, Uji Flexural dan uji tekan. Hasil dari penelitian ini adalah perlakuan alkali pada serat nanas menghasilkan hasil kekuatan tarik komposit yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat nanas tanpa perlakuan alkali. Semakin besar sudut orientasi pada serat maka kekuatan tarik dan modulus elastisitas pada komposit akan mengalami penurunan. Komposit serat kaca menunjukkan ketergantungan arah orientasi serat, hal ini dikarenakan lamina serat kaca menunjukkan sifat mekanik yang terbaik dengan hasil orientasi serat nanas dengan sudut yang lebih besar dari  $45^{\circ}$

**Arif N, dkk.(2011)** Melakukan penelitian yang memiliki tujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit berpenguat serat kulit kayu waru (*Hibiscus Tiliaceus*) bermatriks *polyester* dengan perlakuan alkali dan variasi orientasi arah serat. Hal ini untuk mendapatkan manfaat terhadap sifat mekanik/ *properties* serta serat kulit kayu waru (*Hibiscus Tiliaceus*) ini dapat menggantikan serat gelas (*fiberglass*) yang memiliki harga lebih mahal sebagai material penguat pada proses pembuatan lambung atau badan kapal. Metode dalam penelitian ini adalah melakukan perendaman alkalisasi serat kulit waru dengan larutan NaOH 5% dalam waktu perendaman 2 jam spesimen dalam pengujian ini menggunakan enam layer/ lapis serat dengan variasi arah orientasi sudut serat yaitu  $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$  ;  $0^0/45^0/0^0/0^0/-45^0/0^0$ ;  $0^0/45^0/0^0/-45^0/0^0/0^0$ , spesimen dibuat dengan metode *hand lay up* yang ditambahkan dengan penekanan secara manual menggunakan cetakan dan penekan, Matrik yang digunakan adalah resin *polyester* tipe 157 BTQN dan katalis MEKPO dengan konsentrasi 1%. Pengujian untuk mendapatkan sifat mekanis adalah uji tarik, uji bending dan patahan spesimen diamati dengan pengamatan foto makro. Hasil pada penelitian ini adalah perlakuan perendaman alkali NaOH 5% memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending pada komposit serat kulit pohon waru. Hasil dari uji tarik pada masing-masing variasi orientasi setiap layer  $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$  ;  $0^0/45^0/0^0/0^0/-45^0/0^0$  ;  $0^0/45^0/0^0/-45^0/0^0/0^0$  adalah 86,14 N/mm<sup>2</sup> ; 86,46 N/mm<sup>2</sup>; 86,78 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada komposit tanpa perlakuan alkali yaitu sebesar 69,13 N/mm<sup>2</sup> dengan arah orientasi serat  $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$ . Hasil uji bending tertinggi terdapat pada komposit serat kulit pohon waru dengan arah orientasi sudut serat  $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$  dengan perlakuan alkali NaOH 5% yaitu sebesar 189,78 N/mm<sup>2</sup> sedangkan kekuatan bending terendah terdapat pada arah orientasi sudut serat  $0^0/45^0/0^0/0^0/-45^0/0^0$  tanpa perlakuan alkali yaitu sebesar 144,43 N/mm<sup>2</sup>.

**K. Senthilkumar, dkk.(2015)** Penelitian ini membahas tentang pengaruh orientasi serat eceng gondok terhadap sifat tarik dan lentur pada komposit poliester. Variasi orientasi serat antara lain :  $0^0/45^0/0^0$ ,  $0^0/90^0/0^0$ , dan random (acak). Metode pada penelitian ini adalah pencetakan spesimen menggunakan mesin *compression moulding*, Uji tarik menggunakan standar ASTM D3039-08, dan uji kelenturan menggunakan ASTM D790-10. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pada kekuatan tarik tertinggi adalah komposit dengan orientasi  $0^0/90^0/0^0$ , sedangkan pada kekuatan lentur tertinggi adalah komposit dengan orientasi  $0^0/45^0/0^0$  dan komposit dengan serat berorientasi memiliki

kekuatan tarik dan kekuatan lentur yang lebih baik dibandingkan dengan komposit dengan serat orientasi random (acak) .

## 2.2 Material Komposit

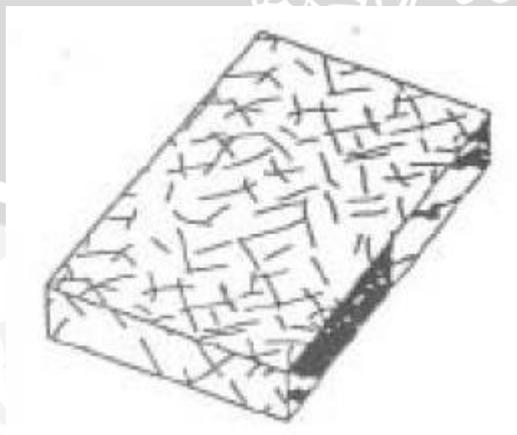
Material komposit atau yang biasa di sebut Komposit dapat didefinisikan sebagai dua macam atau lebih material yang di gabungkan atau di kombinasikan dalam skala makroskopis sehingga dapat menjadi material baru yang berguna. Skala makroskopis mempunyai arti sendiri adalah komponen penyusun komposit, baik material pengikat dan pengisi, dapat diidentifikasi dengan kasat mata (Briyan, 1999 ) sedangkan penggabungan material lebih dari satu dengan menggunakan material pengisi dengan bahan alam adalah biokomposit. Keuntungan dari material komposit adalah jika dapat di disain dengan baik akan dapat menghasilkan kualitas dan akan di dapat sifat baru yang tidak dapat di miliki oleh material komposit lain.

## 2.3 Klasifikasi Komposit

Komposit secara garis besar dapat dikelompokkan dalam beberapa jenis, tergantung pada geometri dan jenis seratnya (Schwartz, 1992) :

### 1. Komposit berpengisi (*filler composites*)

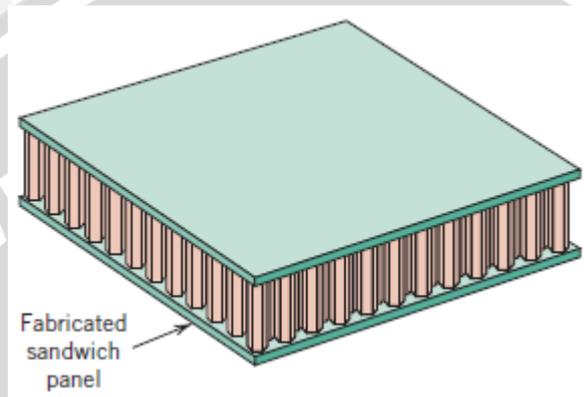
Komposit berpengisi atau *filler composite* ini terdiri dari struktur sambungan tiga dimensi, pada struktur dimensi atau impregnasi dengan dua fase material pengisi. Pengisi pada komposit berpengisi mempunyai bentuk tiga dimensi sama dengan matriknya. Pada komposit berpengisi, *filler* atau penguat ditentukan oleh kekosongan di dalam matrik.



Gambar 2.1 Komposit pengisi (*filler composites*)  
Sumber : Gibson : 1994

## 2. Komposit laminat (*laminated composite*)

Komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari penggabungan dua lapis material atau lebih menjadi satu dan setiap lapisannya mempunyai sifat mekanik dan karakteristik khusus. Pada umumnya sifat-sifat yang ditekankan pada komposit laminat adalah ketahanan korosi, kekuatan, kekakuan, ketahanan aus, isolasi termal, dan isolasi listrik. Komposit laminat terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hibrid.

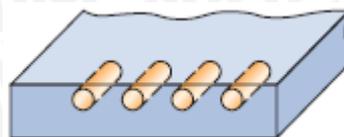


Gambar 2.2 Komposit laminat (*laminated composite*)

Sumber : Callister : 2007

## 3. Komposit serat (*fiber composite*)

*Fiber composite* merupakan komposit yang diperkuat oleh serat. Serat komposit dari komposit serat berbentuk serat pendek (*short fiber composite*) atau serat panjang (*long fiber composite*). Serat umumnya anisotropik seperti karbon dan aramid, pengertian dari anisotropik itu sendiri adalah sifat permeabilitas suatu material yang tidak seragam pada arah rembesan atau serapan yang berbeda. Serat ini bisa disusun secara acak dengan orientasi tertentu ataupun bisa juga dalam bentuk yang lebih tersusun seperti anyaman. Komposit serat atau *fiber composite* ini hanya terdiri dari satu lamina atau lapisan menggunakan serat sebagai penguat. *Fiber composite* yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu:



Gambar 2.3 Komposit serat (*fiber composite*)

Sumber : Callister : 2007

## 2.4 Matrik

Menurut Jones (1999 : 5) Fungsi utama matrik didalam komposit adalah sebagai :

- a. Bahan pengikat dan pendukung serat penguat.
- b. Pelindung permukaan serat.
- c. Media pentransfer tegangan pada serat.

Karakteristik dari matriks biasanya memiliki densitas kekakuan dan kekuatan yang lebih rendah dari serat penguat. kemudian dengan penggabungan antar serat dan matriks akan di dapatkan ke kakuan dan kekuatan yang lebih tinggi tetapi masih mempunyai densitas yang rendah. matriks yang digunakan dapat berupa polimer, logam, keramik dan karbon.

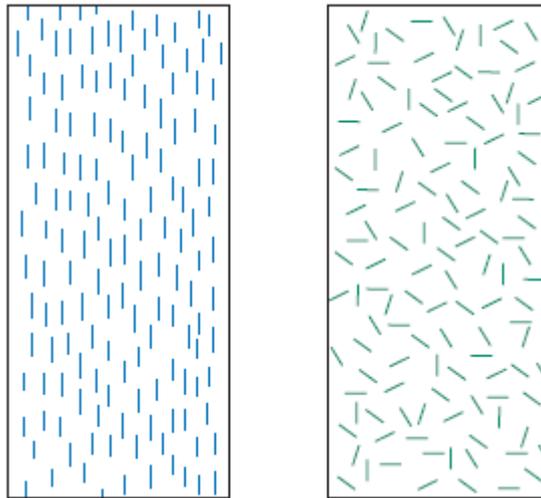
Banyak komposit yang menggunakan matriks polimer, yang lebih dikenal dengan *Polymer Matrix Composites (PMCs)* karena kegunaannya dapat digunakan dan diaplikasikan secara lebih luas, untuk produksinya juga lebih mudah dalam jumlah besar. Polimer dibangun oleh satuan struktur monomer di susun secara berulang dan di ikat dengan gaya tarik menarik yang di sebut ikatan kovalen (Tata Surdia, 1995 : 171)

## 2.5 Serat Sebagai Pengisi (*Filler*)

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

- a. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (*interfacial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).
- b. Kelangsingan (*aspect 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 semakin cermat penataannya, semakin banyak penguat dapat dimasukkan. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum (Surdia, 2003).



Gambar 2.4 Susunan serat acak (kanan) dan teratur (kiri)  
Sumber : Callister : 2007

Serat acak dan teratur memiliki perbedaan pada *short fiber reinforced* adalah pada reaksi serat saat menahan beban, jika serat teratur dia lebih kuat menahan beban yang tegak lurus dengan arah seratnya dibandingkan dengan serat acak, tetapi lebih lemah jika mendapat beban yang searah dengan arah seratnya. Keuntungan pada serat acak yaitu serat acak memiliki kemampuan menahan beban dari arah manapun karena penempatan seratnya yang acak.

## 2.6 Serat Sebagai *Reinforcement* (penguat)

Fungsi serat adalah untuk membuat komposit lebih kokoh dan tangguh dan lebih kaku di bandingkan tanpa adanya serat penguat. dan juga penggunaan serat dapat untuk menghemat 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 dampak.

Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matriks antara lain :

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

## 2.7 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). 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.



Gambar 2.5 Daun dan Bunga Pohon Waru *Hibiscus tiliaceus*

Sumber : **Cancer Chemoprevention Research Center UGM**

Pohon waru memiliki beberapa ciri fisik pada beberapa bagian pohon, antara lain :

1. Batang : ciri fisik pada batang memiliki ketinggian  $\pm$  5-15 meter, panjang garis tengah batang  $\pm$  40-50 cm, batang bercabang dan batang pohon memiliki warna coklat.
2. Daun : ciri fisik pada daun tunggal, daun tersusun berangkai, daun memiliki bentuk jantung, lingkaran lebar/bulat telur, tidak berlekuk dengan diameter kurang dari 19 cm. Daun menjari, sebagian dari tulang daun utama dengan kelenjar berbentuk celah pada sisi bawah dan sisi pangkal. Sisi bawah daun berambut abu-abu rapat. Daun penumpu bulat telur memanjang, panjang 2.5 cm, meninggalkan tanda bekas berbentuk cincin.
3. Bunga waru merupakan bunga tunggal, bertaju 8-11. Panjang kelopak 2.5 cm beraturan bercangap 5. Daun mahkota berbentuk kipas, panjang 5-7 cm, berwarna kuning dengan noda ungu pada pangkal, bagian dalam oranye dan akhirnya berubah menjadi kemerah-merahan. Tabung benang sari keseluruhan ditempati oleh kepala sari kuning. Bakal buah beruang 5, tiap rumah dibagi dua oleh sekat semu, dengan banyak bakal biji. Buah berbentuk telur berparuh pendek, panjang 3 cm, beruang 5 tidak sempurna, membuka dengan 5 katup.
4. Buahnya bulat telur, mempunyai rambut lebat, beruang lima, dengan panjang sekitar 3 cm, serta berwarna coklat. Bijinya kecil, berwarna coklat muda. Daun

mudanya dapat dimakan sebagai sayuran. Sementara kulit kayunya yang berserat, bisa dimanfaatkan untuk membuat tali. Waru dapat diperbanyak dengan biji, dan setek.

## 2.8 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

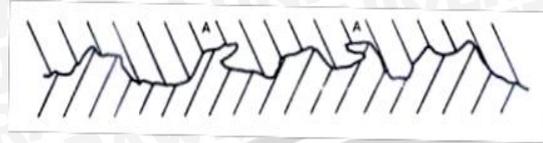
- Sifat kekuatan yang lebih rendah.
- Kualitas serat alam tergantung pada pengaruh hal-hal yang tak terduga seperti cuaca.
- Penyerapan kelembaban yang menyebabkan pembusukan pada serat.
- Terbatas pada proses perlakuan temperatur maksimum.
- Daya tahan serat alam sangat rendah.
- Tidak tahan api.
- Harga dapat berfluktuasi dengan hasil panen.

## 2.9 Teori ikatan metriks 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*)

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

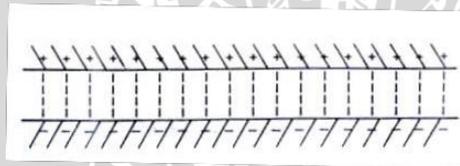


Gambar : 2.6 Ikatan mekanik

Sumber : Matthew and Rawling, 1994 : 62

b. Ikatan elektrostatik (*elektostatic bonding*)

Ikatan elektrostatik seperti yang di tunjukkan 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.

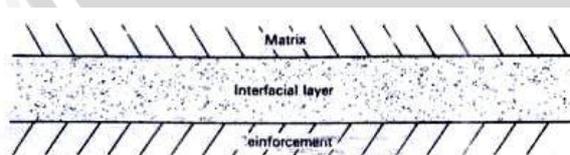


Gambar : 2.7 ikatan elektrostatik

Sumber : Matthew and Rawling, 1994 : 62

c. Ikatan reaksi (*Reaction bonding*)

Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaan sehingga terjadi ikatan reaksi. Ikatan ini 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 : 2.8 Ikatan reaksi

Sumber : Matthew and Rawling, 1994 : 62

## 2.10 Uji 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.

### 2.10.1 Hubungan Tegangan Dan Regangan

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

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

dengan :

$\sigma_T$  = Tegangan tarik

F = Gaya tarik

A = Luas penampang

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

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

dengan :

$\varepsilon$  = 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. Di daerah ini kurva pertambahan panjang terhadap beban sebagai berikut:

“Rasio tegangan dan regangan adalah konstan”

Sehingga hubungan antara tegangan dan regangan di rumuskan :

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

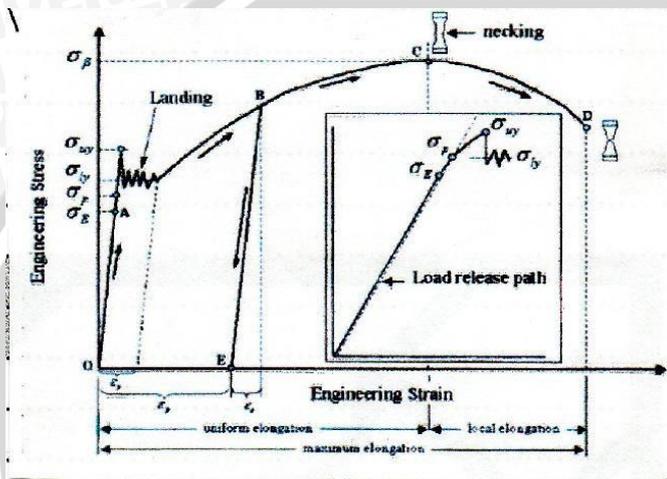
dengan :

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 2.9 : Grafik tegangan –regangan

Sumber : Dieter 1993

-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.

-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.

-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.

-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 proposional dan mencapai daerah landing

-Tegangan luluh atas (*Upper Yield Stress*)

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

-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.

-Regangan luluh  $\epsilon_y$  (*Yield Strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

-Regangan elastis  $\epsilon_e$  (*Elastic Strain*)

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

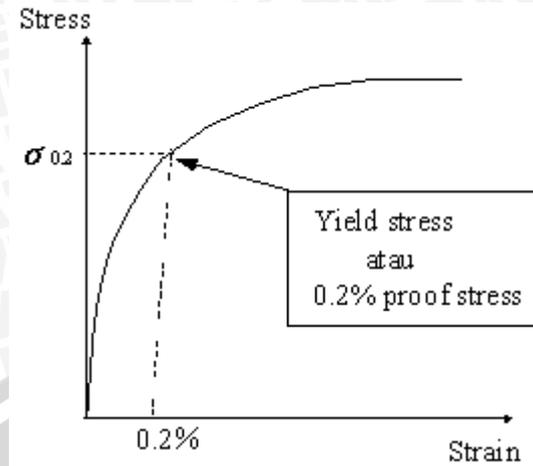
-Regangan plastis  $\epsilon_p$  (*Plastic Strain*)

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

-Tegangan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strenght*)

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

-Kekuatan patah (*Breaking Strenght*)



Gambar 2.10 : Grafik Metode *Offset*  
 Sumber : Tata Surdia, 1995

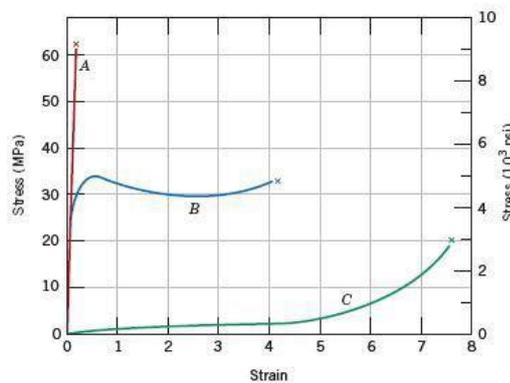
Pada gambar diatas, ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan dimana bahan yang di uji putus atau patah.

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.

### 2.10.2 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*.

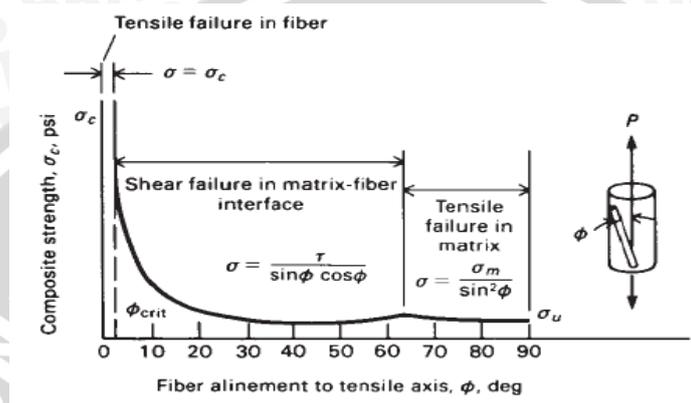


Gambar : 2.11 Tegangan regangan Polimer a) getas b) elastis c) elastomer

Sumber : Surdia, 1995

## 2.11 Orientasi Serat

Orientasi serat pada komposit memiliki peranan pada kekuatan dan ketangguhan material komposit, hal ini menyebabkan orientasi mempengaruhi sifat mekanik komposit. Pada gambar 2.12 dijelaskan tentang mekanisme *failure* material komposit pada orientasi serat secara mikroskopis. Pada gambar dibawah ini dapat dilihat bahwa kekuatan komposit sangat lah dipengaruhi oleh orientasi serat .



Gambar 2.12 *Failure* material komposit berdasarkan orientasi serat

Sumber : Reinhard, ASM Engineers composite material 1987

Dari gambar 2.9, maka didapatkan persamaan *kriteria kegagalan serat* sebagai berikut :

$$\sigma_c = \sigma \quad (2.5.7a)$$

Kekuatan tarik komposit

$$\sigma_c = \sigma \sin \Phi \quad (2.5.7b)$$

dengan :

$\sigma_c$  : Tegangan pada komposit (MPa)       $\Phi$  : Sudut serat ( $^\circ$ )

$\Sigma$  : Tegangan (MPa)

## 2.12 Metode Manufaktur Komposit

Metode manufaktur dalam material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu : proses cetakan terbuka / *open-mold process* dan proses cetakan tertutup / *closed mold processes*.

### 2.12.1 Proses Cetakan Terbuka / *Open-Mold Process*

#### A. *Hand Lay Up / Contact Molding*

*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.

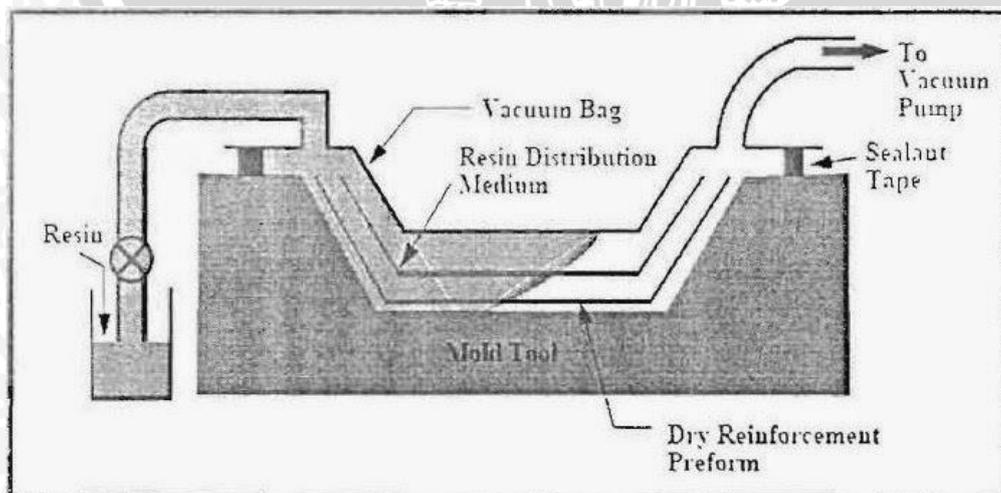


Gambar 2.13 *Hand Lay Up*

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

### B. *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.

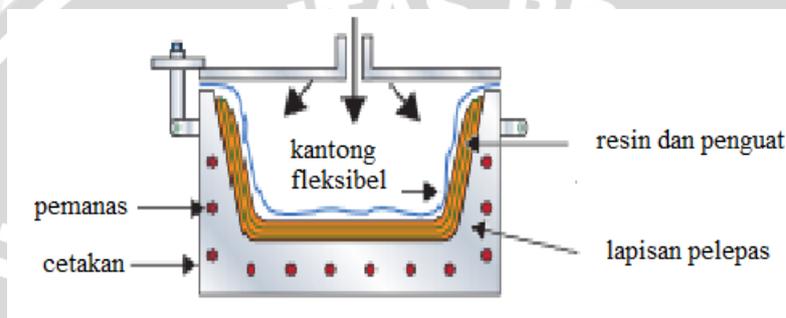


Gambar 2.14 *Vacuum bag*

Sumber : Kevra oy : 2016

### C. Pressure bag

*Pressure bag* memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, cara pada metode ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastic. Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Tekanan yang di berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi.

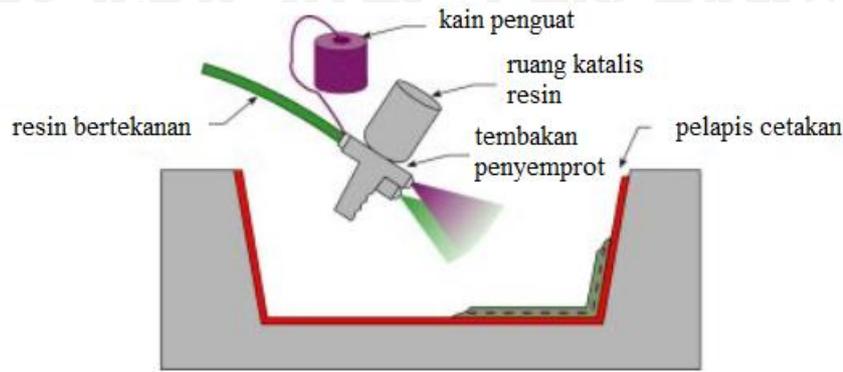


Gambar 2.15 Pressure bag

Sumber : Kendall L. : 2015

### D. Spray-up

*Spray-up* merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks dan lebih ekonomis dari *hand lay-up*. Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fibre*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan *spray-up* telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Teknologi ini menghasilkan struktur kekuatan yang rendah, yang biasanya tidak termasuk pada produk akhir. *Spray-up* ini juga digunakan secara terbatas untuk mendapatkan *fiberglass splash* dari alat transfer.

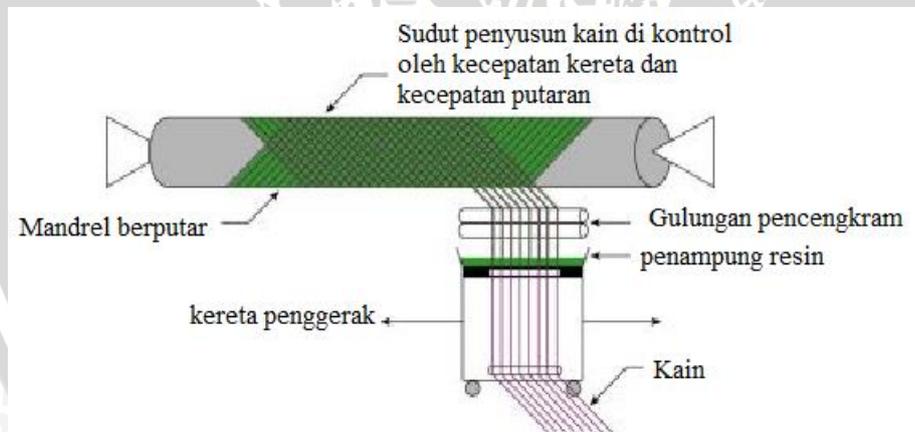


Gambar 2.16 *Spray up*

Sumber : *Home Made Composite*

**E. Filament winding**

*Fiber tipe roving* atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.17 *Filament winding*

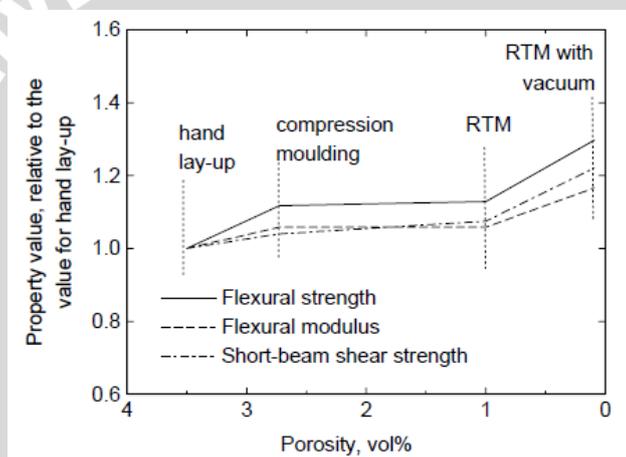
Sumber : R. Hari Setyanto, Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya

**2.12.2 Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Terhadap Material Cacat**

Komposit dengan material polimer sebagai penguat atau reinforced akan menghasilkan beberapa kecacatan pada material komposit, hal ini dikarenakan dengan



metode manufaktur atau metode pembuatan material komposit yang digunakan. Salah satu cacat yang sering terjadi pada metode manufaktur adalah porosity. Metode manufaktur dalam pembentukan material komposit akan mempengaruhi porosity yang terdapat di dalam material komposit. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.18. Dari grafik di atas maka dapat dilihat bahwa metode RTMV memiliki porosity yang sangat kecil dibandingkan metode hand lay-up. Dari grafik di atas maka dapat dilihat bahwa metode RTMV memiliki porosity yang sangat kecil dibandingkan metode hand lay-up. Metode RTM dapat mengurangi tekanan udara di dalam rongga cetakan, sehingga memiliki tingkat porosity yang rendah.



Gambar 2.18 Variasi metode manufaktur komposit terhadap *porosity*

Sumber : Bryan Harris, 1999

### 2.13 Hipotesa

Kekuatan tarik material dipengaruhi oleh arah orientasi serat. Untuk kekuatan tarik dari yang paling tinggi sampai yang paling rendah adalah (0,90) (0,60) (45,45). Hal ini dikarenakan arah gaya yang tegak lurus terhadap gaya tarik material dipengaruhi dari orientasi serat.