

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Jorge L. D (1990) meneliti tentang pengaruh *pretension* terhadap kekuatan tarik komposit. Untuk membuat komposit digunakan serat *E-Glass* dan resin *epoxy* sebagai matriksnya. Metode yang digunakan untuk memberi *pretension* adalah *dead weight pretension*. Dalam eksperimennya, beban *pretension* diberikan dengan menggunakan bobot dan katrol di ujung serat anyaman. Dari hasil eksperimennya didapatkan peningkatan yang cukup baik pada nilai kekuatan tarik. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa ketika nilai *pre-tension* pada *fiber* ditingkatkan maka sifat mekanik pada komposit juga akan meningkat sampai pada titik maksimum lalu cenderung stabil.

2.2 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Dikarenakan karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya (Schwartz, 1984).

2.2.1 Kegunaan Bahan Komposit

Kegunaan bahan komposit sangat luas yaitu :

1. Angkasa luar seperti komponen pesawat terbang dan komponen helikopter.
2. *Automobile* seperti komponen mesin, badan kereta.
3. Olah raga dan rekreasi seperti sepeda, *stick golf*, raket tenis, sepatu olah raga.
4. Industri pertahanan seperti komponen jet tempur, peluru, komponen kapal selam.
5. Industri pembinaan seperti jembatan, terowongan, rumah.
6. Kesehatan seperti kaki palsu, sambungan sendi pada pinggang.
7. Kelautan seperti kapal layar. (Emma, 1992)

2.2.2 Klasifikasi Komposit

Secara garis besar ada tiga jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan (Schwartz, 1984) :

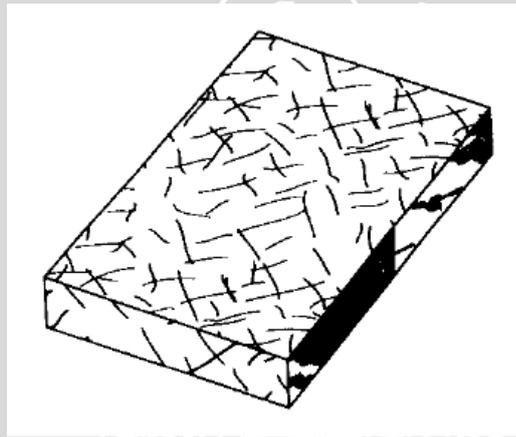
1. Komposit serat (*fiber composite*)

Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan menggunakan serat penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu:

a. Komposit serat pendek (*short fiber composite*)

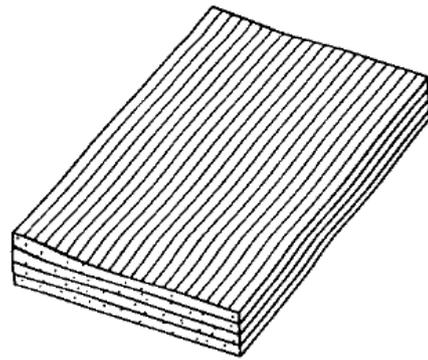
Komposit yang diperkuat dengan serat pendek umumnya ada yang mengandung orientasi serat acak dan ada yang sejajar. Tujuan pemakaian serat pendek adalah memungkinkan pengolahan yang mudah, lebih cepat, produksi lebih murah dan lebih beraneka ragam (Emma,1992).



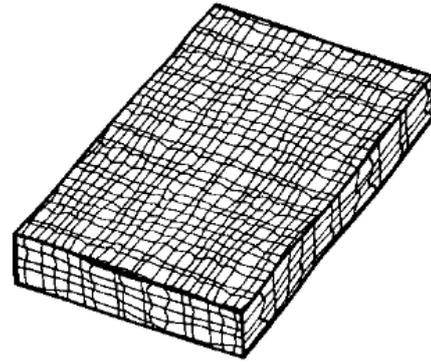
Gambar 2.1 Komposit serat pendek.
Sumber : Gibson Ronald, F. (1994)

b. Komposit serat panjang (*long fiber composite*)

Keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Bentuk serat panjang memiliki kemampuan yang tinggi, disamping itu kita tidak perlu memotong-motong serat.



(a) Continuous fiber composite



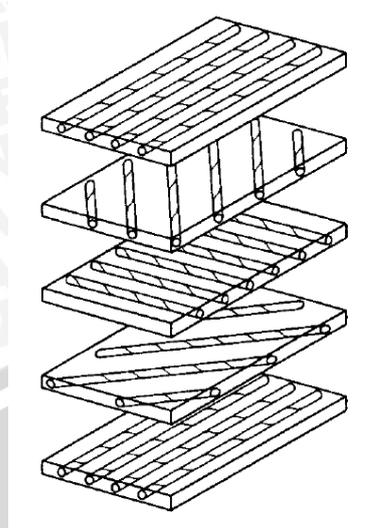
(b) Woven fiber composite

Gambar 2.2 Komposit Serat Panjang
Sumber : Gibson Ronald, F. (1994)

Fungsi penggunaan serat sebagai penguat secara umum adalah sebagai bahan yang dimaksudkan untuk memperkuat komposit, disamping itu penggunaan serat juga mengurangi pemakaian resin sehingga akan diperoleh suatu komposit yang lebih kuat, kokoh dan tangguh jika dibandingkan produk bahan komposit yang tidak menggunakan serat penguat (Emma, 1992).

2. Komposit laminat (*laminated composite*)

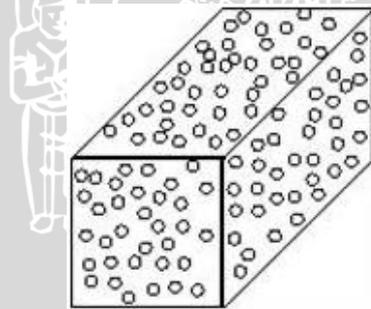
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hybrid.



Gambar 2.3 Komposit laminat.
Sumber : Jones, R.M. (1998)

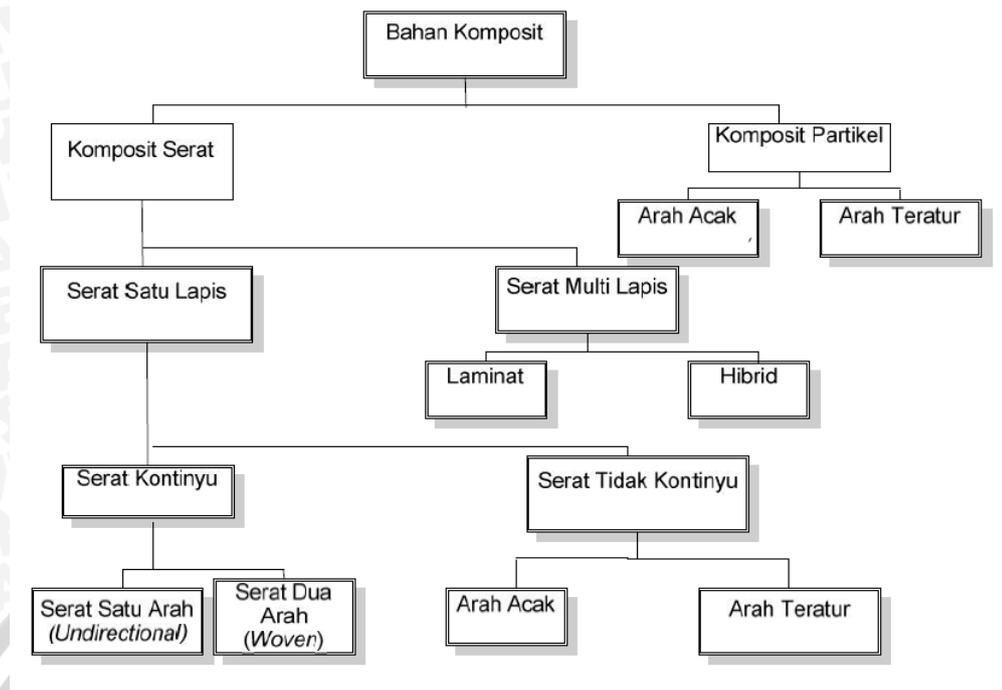
3. Komposit partikel (*particulated composite*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks.



Gambar 2.4 Komposit partikel.
Sumber : Jones, R.M. (1998)

Berikut adalah gambar dari klasifikasi komposit :



Gambar 2.5 Diagram klasifikasi bahan komposit yang umum dikenal
Sumber : Schwartz, 1984

2.3 Polimer

Dalam kehidupan sehari-hari kita banyak menggunakan plastik dan serat, baik serat alam maupun serat buatan. Plastik maupun serat yang biasa kita gunakan tersebut disebut polimer. Polimer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu : *poly* berarti banyak dan *meros* berarti bagian-bagian atau unit-unit dasar. Istilah polimer dapat pula diartikan sebagai molekul besar yang terbentuk dengan pengulangan unit-unit molekul yang disebut monomer.

Sifat-sifat umum yang dimiliki bahan-bahan polimer adalah sebagai berikut :

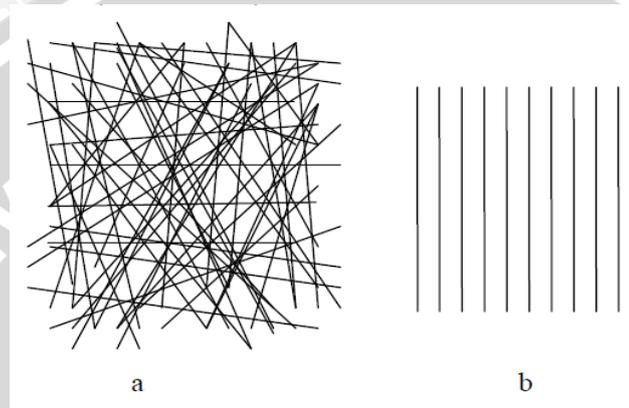
1. Kemampuan cetaknya cukup baik, artinya pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan berbagai cara, diantaranya : dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi.
2. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat.
3. Baik sekali ketahanannya terhadap air dan zat kimia.
4. Kurang tahan terhadap panas. (Charles, 1975).

2.4 Serat

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 matriks (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).
2. 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 matriks. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum (Surdia, 1995).



Gambar 2.6 Susunan serat a). Susunan arah serat acak, b). Susunan arah serat teratur
Sumber : Surdia, 1995

2.4.1 Serat Sebagai Penguat (*Fiber reinforcement*)

Secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh dan lebih kokoh dibandingkan dengan 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 menjadi keras pada pengujian impak (Nurdin B, 1988).

Beberapa syarat serat sebagai penguat antara lain :

1. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi
2. Kekuatan lentur yang tinggi
3. Mampu menerima perubahan gaya dari matriks dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.

Fiber reinforced composite (FRC) merupakan material yang tersusun dari matriks polimer yang diperkuat oleh *fiber* tipis halus. Kombinasi dari matriks dan *fiber* menghasilkan konstruksi yang lebih kuat dan relatif ringan. Material *fiber* bisa berasal dari bahan *glass*, *ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE)*, atau *carbon*. *Fiber* berbahan *glass* sering digunakan di laboratorium sedangkan *fiber* dengan bahan *polyethylene* sering digunakan di klinik gigi (Faltermeier et al., 2007).

2.4.2 Serat Gelas

Serat gelas (*glass fiber*) adalah bahan yang tidak mudah terbakar. Serat jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat matrik jenis polimer. Komposisi kimia serat gelas sebagian besar adalah SiO dan sisanya adalah oksida-oksida *aluminium (Al)*, *kalsium (Ca)*, *magnesium (Mg)*, *natrium (Na)*, dan unsur-unsur lainnya. Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Santoso, 2002).

1. *Roving*

Berupa benang panjang yang digulung mengelilingi silinder.

2. *Woven Roving (WR)*

Serat gelas jenis anyaman (*woven roving*) mempunyai bentuk seperti anyaman tikar, serat gelas yang teranyam dibuat saling bertindih secara selang seling ke arah vertikal dan horisontal (0° dan 90°).



Gambar 2.7 Serat gelas anyaman

Kumpulan anyaman adalah seperti tali; anyaman ini memberikan penguatan ke arah vertikal dan horisontal. *Woven roving* ini sedikit kaku, sehingga agak sulit dibentuk terutama bila digunakan untuk bagian berlekuk tajam. Bentuk serat gelas *woven roving* adalah merupakan gulungan serat gelas bentuk serat gelas ini sangat baik dipergunakan

dalam bidang industri misalnya: pembuatan bak mandi, pembuatan kapal dan lain – lain.

3. *Chop Strand Mat (CSM)*

Serat gelas acak (*Chop Strand Mat*) mempunyai bentuk seperti acak (*random*), serat gelas yang teranyam dibuat bertindih secara tidak teratur ke segala arah (*undirectional*). Pemakaian *CSM* ini lebih fleksibel, sehingga mudah dibentuk dan mudah digunakan untuk bagian berlekuk tajam.



Gambar 2.8 Serat gelas acak
Sumber : AMT Composites (1990)

4. *Yarn*

Berupa bentuk benang yang lekat dihubungkan pada filament.

Berdasarkan jenisnya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain:

1. Serat *E-Glass*

Serat *E-Glass* adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik.

Tabel 2.1 Sifat Mekanik dari serat E-glass (Sumber : J.M Barthelot, 1999)

Sifat Mekanis	Satuan	Nilai
Densitas	Kg/m ³	2530-2600
Modulus Elastisitas	GPa	7,3
Kekuatan Tarik	MPa	350
Elongation	%	4,8

2. Serat *C-Glass*

Serat *C-Glass* adalah jenis serat yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap korosi.

3. Serat *S-Glass*

Serat *S-Glass* adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan yang tinggi.

Tabel 2.2 Sifat-sifat serat gelas (Antonia, 2006).

No	Jenis serat		
	<i>E-Glass</i>	<i>C-Glass</i>	<i>S-Glass</i>
1	Isolator listrik yang baik	Tahan korosi	Modulus lebih tinggi
2	Kekakuan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari <i>E-Glass</i>	Lebih tahan pada suhu tinggi
3	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari <i>E-Glass</i>	Harga lebih mahal dari <i>E-Glass</i>

2.5 Matriks

2.5.1 Defenisi, Fungsi, dan Klasifikasi Matriks

Matriks adalah bahan atau material yang digunakan untuk mengikat atau menyatukan bahan pengisi tanpa bereaksi secara kimia dengan bahan pengisi tersebut. Persyaratan di bawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan matriks untuk pencetakan bahan komposit :

1. Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah.
2. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
3. Memiliki daya rekat yang baik dengan bahan penguat (Surdia,2003).

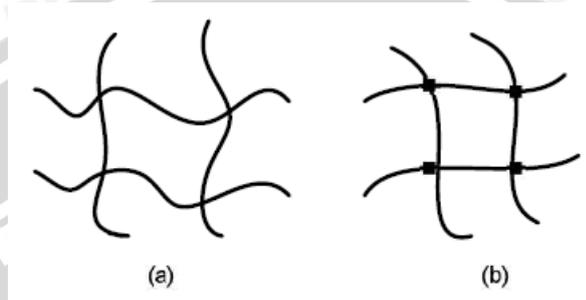
Pada umumnya matriks berfungsi sebagai:

1. Untuk melindungi material komposit dari kerusakan-kerusakan secara mekanik maupun kimiawi.
2. Untuk mengalihkan atau meneruskan beban dari luar ke serat.
3. Sebagai pengikat.

Secara umum matriks terbagi atas dua kelompok yaitu:

1. Termoset merupakan bahan yang sulit mencair atau lunak apabila dipanaskan karena harus membutuhkan temperatur yang sangat tinggi. Hal ini diakibatkan karena

molekul-molekulnya mengalami ikatan silang (*cross linking*) sehingga bahan tersebut sulit dan bahkan jarang didaur ulang kembali, contohnya resin epoksi, *polyester*, urea *formaldehyde*, *phenol-formaldehyde*, *melamine formaldehyde* dan lain-lain. Gambar 2.9 memperlihatkan bahwa pemanasan bahan termoset akan mengakibatkan terjadinya *cross linking* antara molekul-molekul sehingga jika bahan termoset telah mengeras maka sulit untuk dilunakan kembali dengan pemanasan.



Gambar 2.9 Molekul pada polimer termoset mengalami *cross linking* (a) Sebelum dipanaskan dan (b) Sesudah dipanaskan.

Sumber : Hartomo, 1992

1. Termoplastik merupakan bahan yang mudah menjadi lunak kembali apabila dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan sehingga pembentukan dapat dilakukan berulang-ulang. Contoh termoplastik adalah PVC (*poli vinil clorida*), bFE (*polietilen*), nilon 66, poliamida, poliasetal dan lain-lain.

2.5.2 Matriks *Polyester*

Resin *polyester* sebelum dicampur dengan zat pengeras/katalis, akan tetap dalam keadaan cair dan akan mengeras setelah pencampuran dengan katalisnya setelah beberapa menit, sesuai dengan jenis dan banyaknya katalis yang digunakan dalam pencampuran seperti ditunjukkan pada tabel 2.4. Semakin banyak penggunaan katalis tersebut maka waktu pengerasan cairan matrik (*curing time*) akan semakin cepat. (Emma, 1992).

Tabel 2.3 Hubungan persentase (%) katalis dengan *potlife* pada *polyester* BQTN 157 – ex (Emma, 1992).

Katalis (%)	Potlife (menit)
1	46
2	30
3	22
4	21
5	20

Curing merupakan suatu proses pengeringan untuk merubah material pengikat dari keadaan cair menjadi padat. *Curing* ini terjadi melalui reaksi yang timbul karena dipicu oleh katalis yang ada. Standar yang dianjurkan untuk penggunaan katalis adalah 1% pada suhu kamar.

Kemampuan *polyester* terhadap cuaca sangat baik, tahan terhadap kelembaban dan sinar U.V bila dibiarkan diluar. Berdasarkan karakteristik ini, bahan ini dikembangkan secara luas sebagai penguat serat dengan menggunakan serat gelas. Banyaknya penggunaan resin ini juga didasarkan pada pertimbangan harga relatif murah, *curing* cepat, dan mudah penanganannya. *Polyester* adalah jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai matrik pada serat gelas untuk badan kapal, mobil, tandon air dan sebagainya (Hartomo, 1992).

Tabel 2.4 Spesifikasi resin *Polyester* yukalac 157 BQTN (Sumber : Justus Kimia Raya, 2001)

Sifat Mekanis	Satuan	Nilai
Densitas	Kg/m ³	1,215
Modulus Elastisitas	GPa	0,03
Kekuatan Tarik	MPa	55
Elongation	%	1,6

2.6 Metode Pembuatan 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. Ada 3 metode pembuatan komposit yang sering digunakan, yaitu :

- *Spray Up*
- *Hand Lay Up*
- *Injection Molding*

1. *Spray Up*

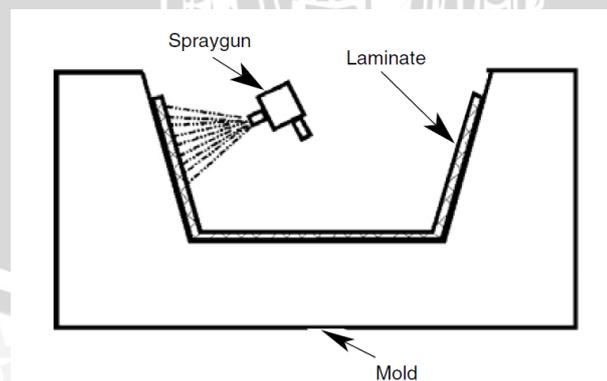
Dalam pembuatan komposit dengan menggunakan metode *spray up* ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot tersebut berisi resin, katalis, dan potongan serat yang secara bersamaan disemprotkan ke dalam cetakan.

Kelebihan :

- Hemat dalam penggunaan resin dan *filler*
- Peralatan yang dipakai murah

Kekurangan :

- Karena proses penyemprotan maka mesin yang dipakai harus mempunyai viskositas yang rendah
- Hanya dapat dipakai untuk *filler* berbentuk partikel dan serat pendek acak
- Dapat membahayakan kesehatan karena adanya kemungkinan partikel-partikel resin yang terhirup selama proses penyemprotan.



Gambar 2.10 Metode *spray up*
 Sumber : Mazumdar, S.K. (2002)

2. *Hand Lay Up*

Proses pembuatan komposit dengan metode ini merupakan cara yang paling sederhana karena dilakukan secara manual. Pada metode ini biasanya digunakan resin termoset sebagai matriksnya.

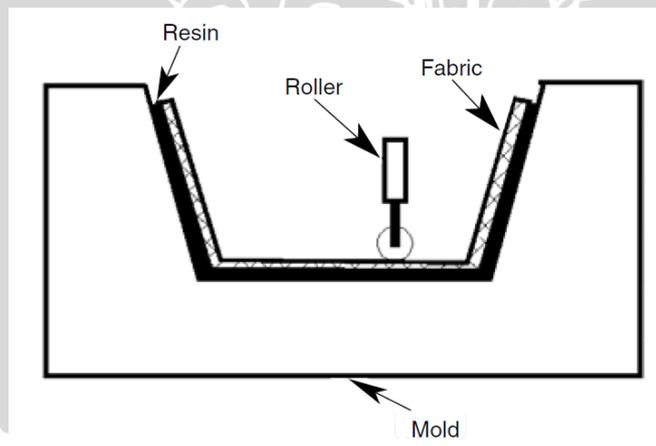
Dalam metode ini dilakukan pengerjaan lapisan sehingga diperoleh ketebalan yang diinginkan. Setelah mencapai ketebalan diinginkan, proses selanjutnya adalah meratakan permukaan dengan *roller*. *Roller* ini digunakan sampai permukaan menjadi rata dan tidak ada udara yang terjebak di dalamnya.

Kelebihan :

- Biayanya murah
- Dapat digunakan untuk benda besar maupun kecil
- Alat yang digunakan sederhana
- Bisa digunakan untuk serat pendek / panjang
- Mudah mengerjakannya

Kekurangan :

- Kekuatan lapisan tergantung oleh pengerjaan tangan yang melapisi
- Keseragaman produk kurang
- Pengerjaan lama



Gambar 2.11 Metode *hand lay up*

Sumber : Mazumdar, S.K. (2002)

3. *Injection molding*

Injection molding dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi (*injection pressure*) dengan besar tertentu pada material plastik yang telah dilelehkan oleh sejumlah energi panas untuk dimasukkan ke dalam cetakan sehingga didapatkan bentuk

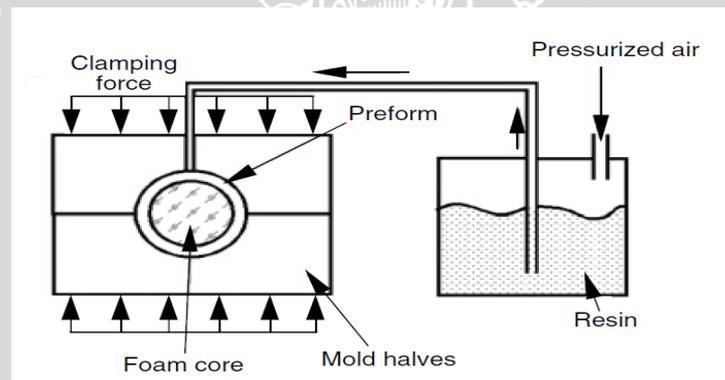
yang diinginkan. Pada metode ini biasanya digunakan resin termoplastik sebagai matriksnya.

Kelebihan :

- Produk dapat dibuat dengan toleransi ukuran kecil
- Komponen dapat dihasilkan dengan tingkat produksi tinggi
- Dapat mencetak produk yang sama dengan bahan baku yang berbeda tanpa merubah mesin dan cetakan

Kekurangan :

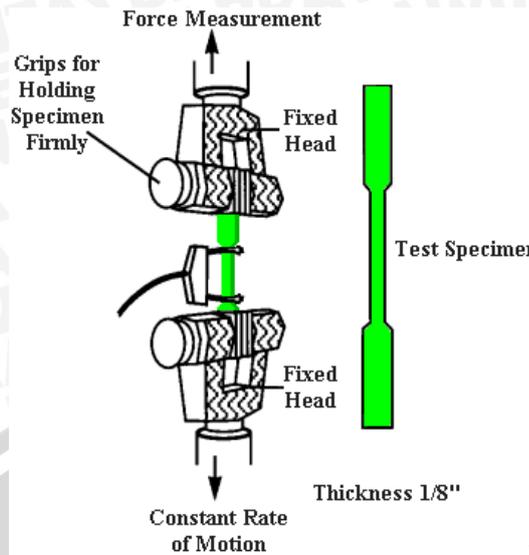
- Digunakan untuk serat pendek acak dan partikel namun sulit apabila digunakan untuk serat *continour*
- Apabila resin yang digunakan mempunyai titik leleh tinggi maka energi yang dibutuhkan untuk pemanasan juga lebih tinggi maka energi yang dibutuhkan untuk pemanasan juga lebih besar sehingga biaya pengerjaan bisa lebih tinggi.



Gambar 2.12 Metode *injection molding*
Sumber : Mazumdar, S.K. (2002)

2.7 Pengujian kekuatan tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai patah. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing machine* (standar ASTM D 3039).



Gambar 2.13 Pengujian kekuatan tarik
 Sumber : Matweb (2011)

Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain : (Surdia, 1995).

- a. Temperatur
 Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun.
- b. Kelembaban
 Pengaruh kelembaban ini akan mengakibatkan bertambahnya absorbs air, akibatnya akan menaikkan regangan patah sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.
- c. Laju tegangan
 Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan jika laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{A_u} \tag{2-1}$$

(sumber : Khurmi, R.S. *Strength of Material*, 2002)

Keterangan :

- P_{max} = beban tarik maksimum (N)
- A_u = luas penampang saat patah (mm²)
- σ_u = kekuatan tarik *ultimate* (MPa)



Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang awal.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-2)$$

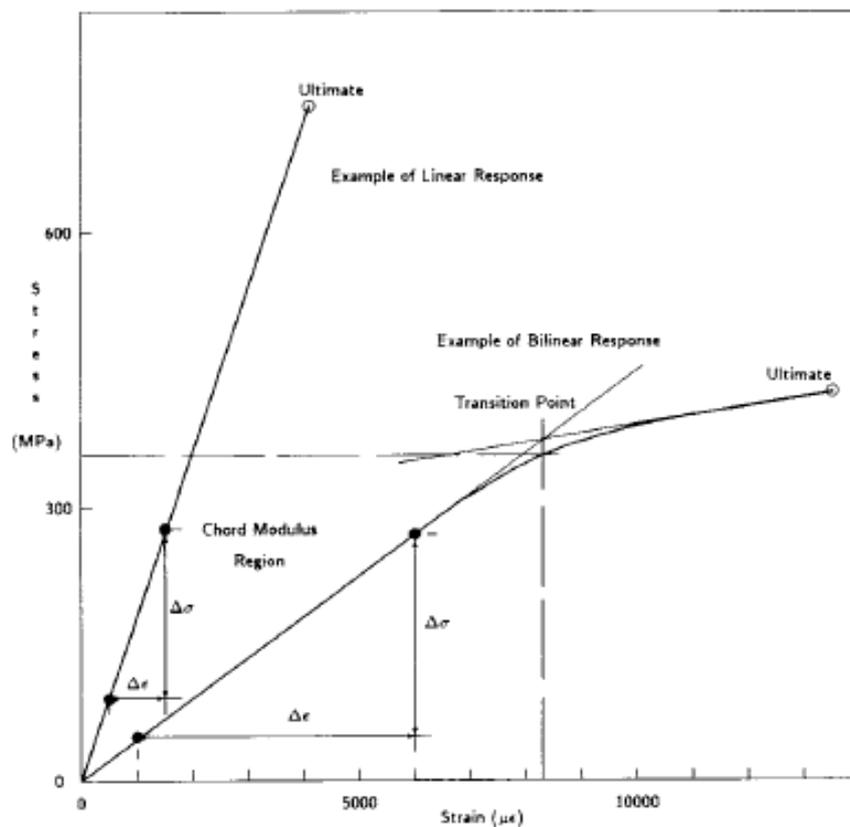
(sumber : Khurmi, R.S. *Strength of Material*, 2002)

Keterangan :

ε = regangan (mm/mm)

ΔL = pertambahan panjang (mm)

L_0 = panjang awal (mm)



Gambar 2.14 *Tensile stress-strain curves*

Sumber : *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials ASTM D 3039/ D 3039 M*

Hubungan tegangan regangan pada tarikan memberi nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, temperatur, lembaban, dan seterusnya. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tarik sesumbu pada batang uji standar yang dijepit kedua ujungnya secara perlahan-lahan sampai patah.

2.8 Hipotesis

Dengan memvariasikan tarikan satu arah (*one direction tension*) pada *reinforcement fiber* maka dapat diketahui perbandingan pemberian *tension* yang dapat menghasilkan kekuatan tarik yang maksimal dalam batas elastis serat. Oleh karena itu, dapat dibuat hipotesis bahwa dengan pemberian tarikan satu arah (*one direction tension*) pada *reinforcement fiber* akan meningkatkan nilai kekuatan tarik.

