

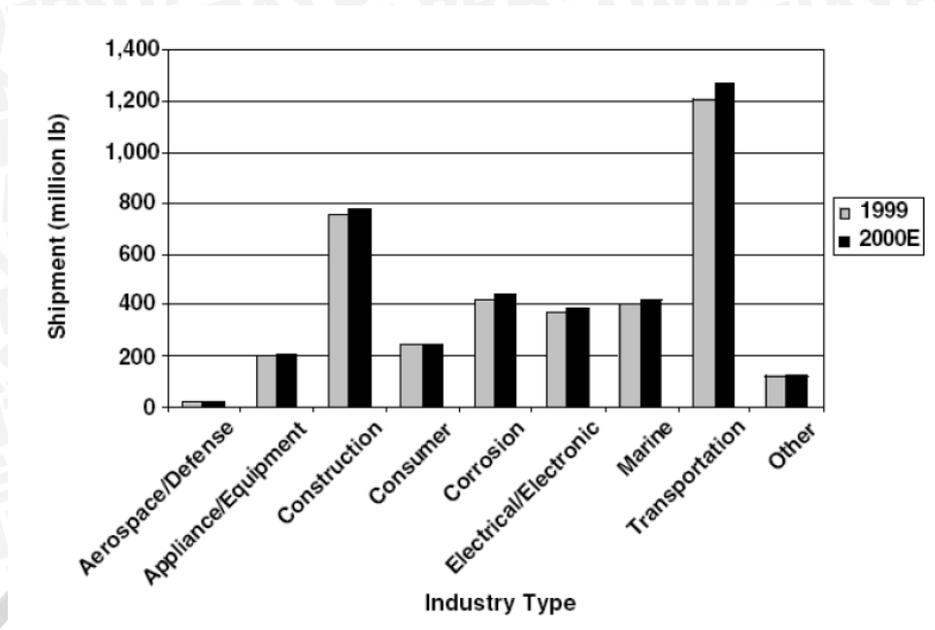
## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan rekayasa, produksi maupun pemanfaatan material berbasis komposit di Indonesia belum begitu populer, dan belum banyak industri di Indonesia yang mengembangkan teknologi ini.

Awalnya penerapan komersial skala besar material komposit dimulai selama perang dunia II (akhir 1940 dan awal 1950) dengan penerapan pada kapal militer, tetapi saat ini komposit diproduksi oleh peringkat industri yang berbeda, meliputi *aerospace*, *automotive*, kapal laut, *boat*, peralatan olah raga, infrastruktur, dan banyak lagi.

Pengguna terbesar dari material komposit saat ini adalah industri transportasi, di Amerika mengkonsumsi 1,3 milyar pound komposit pada tahun 2000 (Mazumdar, 2002). Sementara di Indonesia belum diperoleh data tentang jumlah penggunaan komposit. Pembicaraan luas, pasar komposit dibagi menjadi kelompok industri seperti: *aerospace*, otomotif, konstruksi, kapal laut, peralatan tahan korosi, produk konsumen, perlengkapan rumah tangga dan peralatan kantor, dan lain-lain. Data pada Gambar 1.1 menunjukkan gambaran tentang penggunaan komposit di Amerika Serikat untuk tahun 1999 dan proyeksi tahun 2000 jumlah penggunaan komposit di Amerika, sementara di Indonesia meskipun banyak komponen-komponen industri otomotif menggunakan komposit, tetapi belum ada data jumlah besaran penggunaan komposit secara keseluruhan.



Gambar 1.1 Penggunaan komposit dalam bermacam industri pada tahun 1999 dan proyeksi tahun 2000.

Sumber : Mazumdar(2002).

Zang and Cameron(1992) meneliti mengenai pengaruh sistem pra *tension* terhadap fiber. Pada penelitian ini yang digunakan adalah matriks yang berbasis *epoxy*. Pembuatan dengan cara *hand lay up*. Hasil pengujian didapatkan terjadi peningkatan pada modulus lentur dan kekuatan impak sebesar 52% untuk modulus lentur dan 44% untuk kekuatan impak.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem pra *tension* memiliki pengaruh dalam sifat mekanik material. Pada penelitian ini, peneliti menerapkan metode pra *tension* pada komposit *E-glass-polyester* dan diharapkan dapat diketahui pengaruhnya terhadap kekuatan lentur dan impak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan yang akan diteliti adalah “bagaimanakah pengaruh variasi kekencangan satu arah pada *reinforcement fiber* panel komposit terhadap kekuatan lentur dan impak”.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas dan pembahasan menjadi lebih terarah maka perlu dilakukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pengujian lentur yang dilakukan adalah pengujian dengan metode *three point bending* dengan standard ASTM D 7264M-07.

2. Pengujian dampak yang dilakukan adalah pengujian dengan metode dengan standard *ASTM D 6110-04*.
3. Metode manufaktur menggunakan metode prategang.
4. Jenis serat yang digunakan adalah *E-glass (Woven roving)*.
5. Jenis polyester resin *BQTN 157-EX*.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kekencangan satu arah (*one direction tension*) pada *reinforcement fiber* panel komposit terhadap kekuatan lentur dan dampak.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat di dalam menganalisis metode manufaktur yang berpengaruh pada kekuatan lentur dan dampak komposit sehingga dapat memperoleh kekuatan lentur dan dampak komposit yang lebih maksimal.

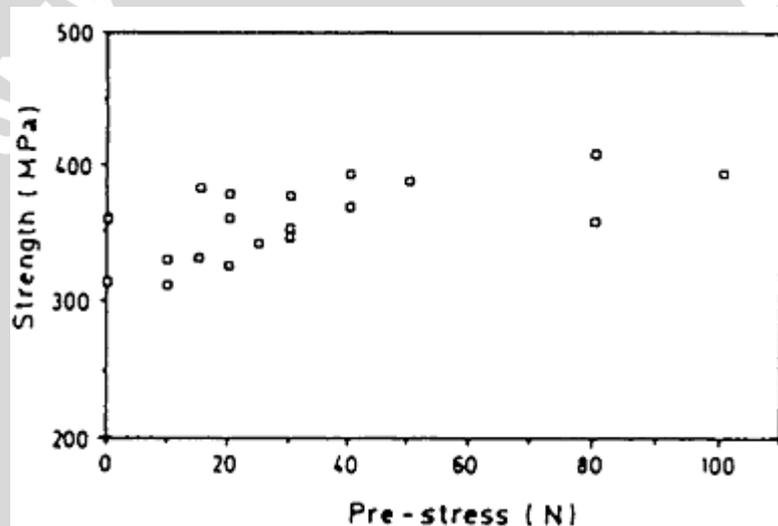


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

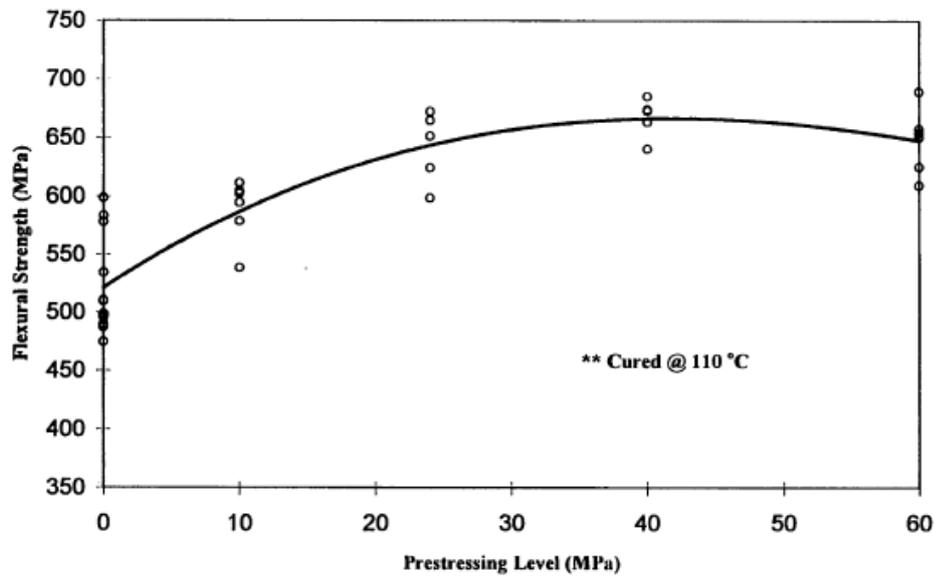
#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Jorge (1990) dalam penelitiannya yang berjudul *The Influence of Prestressing on the Mechanical Behavior of Unidirectional Composites* menunjukkan pengaruh *prestressed* terhadap sifat mekanik komposit. Untuk membuat komposit digunakan serat *E-Glass* jenis *woven roving* dan resin *polyester* sebagai matriksnya. Dalam eksperimennya, beban *prestressed* diberikan dengan menggunakan bobot dan katrol di ujung serat anyaman. Hasilnya ditunjukkan bahwa ketika nilai *pre-tension* pada fiber ditingkatkan maka kekuatan pada komposit juga akan meningkat.



Gambar 2.1 Pengaruh prestressed terhadap kekuatan Lentur.  
Sumber : Jorge (1998).

Motahhari (1998) dalam penelitiannya yang berjudul *Fibre Prestressed Composites* menunjukkan pengaruh *prestressed* terhadap sifat mekanik komposit. Untuk membuat komposit digunakan serat *E-Glass* jenis *woven roving* dan resin *Epoxy* sebagai matriksnya. Hasilnya ditunjukkan bahwa ketika nilai *pre-tension* pada fiber ditingkatkan maka kekuatan pada komposit juga akan meningkat.



Gambar 2.2 Pengaruh prestressed terhadap kekuatan Lentur  
 Sumber : Motahhari (1998)

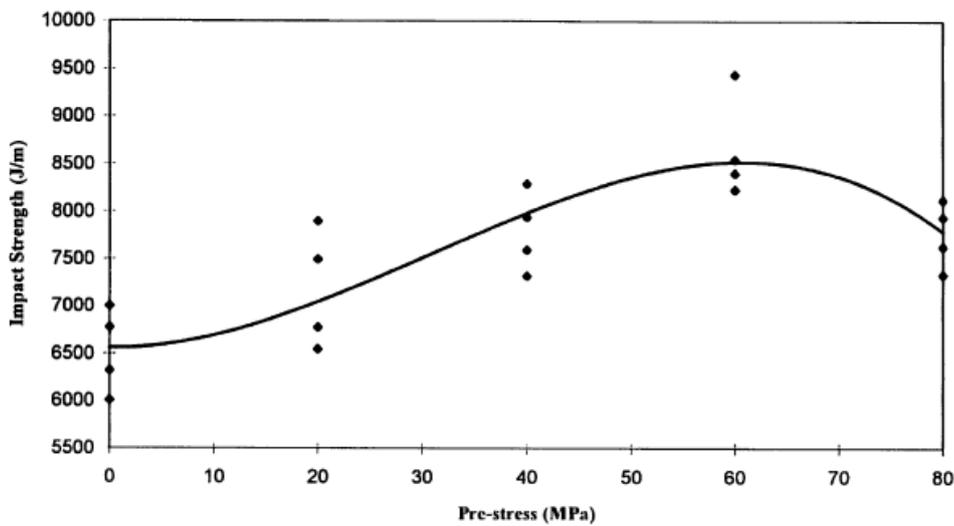


Fig. 5-18: Impact strength of glass-epoxy composites as a function of prestressing level.  
 Samples cured at 150 °C for four hours.

Gambar 2.3 Pengaruh prestressed terhadap kekuatan Impak.  
 Sumber : Motahhari (1998).

## 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 untuk (Emma, 1992):

1. Angkasa luar seperti komponen kapal terbang, komponen helikopter, komponen satelit.
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.

### 2.2.2 Klasifikasi Komposit

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

#### 1. Komposit serat (*fiber komposite*)

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*)



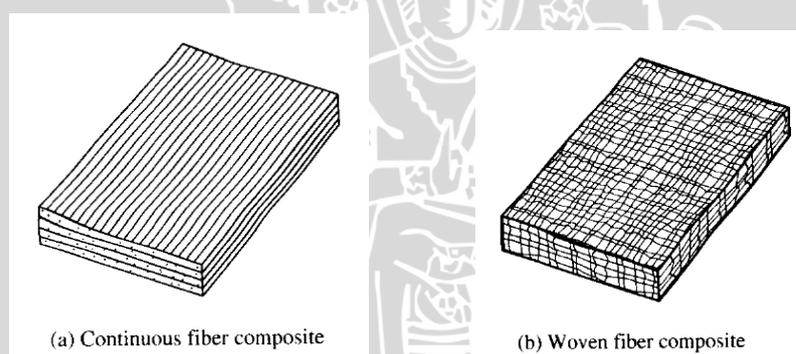
Gambar 2.4 Komposit serat pendek.  
Sumber : Gibson (1994).

Komposit yang diperkuat dengan serat pendek umumnya sebagai matriknya adalah resin termoset yang amorf atau semikristalin. Material komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Material komposit yang diperkuat dengan serat pendek yang mengandung orientasi secara acak (*inplane random orientasi*). Secara acak biasanya derajat orientasi dapat terjadi dari suatu bagian ke bagian lain. Akibat langsung dari distribusi acak serat ini adalah nilai fraksi volume lebih rendah dalam material yang menyebabkan bagian resin lebih besar. Fraksi berat yang lebih rendah berhubungan dengan ketidakefisienan balutan dan batasan – batasan dalam proses pencetakan.
2. Material komposit yang diperkuat dengan serat pendek yang terorientasi atau sejajar satu dengan yang lain.

Tujuan pemakaian serat pendek adalah memungkinkan pengolahan yang mudah, lebih cepat, produksi lebih murah dan lebih beraneka ragam (Emma,1992).

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



Gambar 2.5 Komposit Serat Panjang  
Sumber : Gibson (1994).

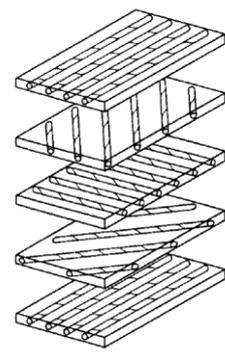
Keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Walaupun demikian serat pendek memiliki rancangan lebih banyak. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya. Pada prakteknya, hal ini tidak mungkin karena variabel pembuatan komposit serat panjang tidak mungkin memperoleh kekuatan tarik melampaui panjangnya. Perbedaan serat panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matriks akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang

terdapat pada serat panjang. Bentuk serat panjang memiliki kemampuan yang tinggi, disamping itu kita tidak perlu memotong-motong serat.

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).

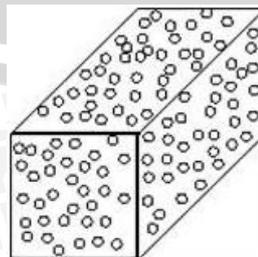
## 2. Komposit laminat (*laminated composite*)

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 kontinu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hibrid. Komposit yang terdiri dari lapisan yang diperkuat oleh matrik sebagai contoh adalah plywood yang sering digunakan bahan bangunan dan kelengkapannya. Pada umumnya manipulasi makroskopis yang dilakukan yang tahan terhadap korosi, kuat dan tahan terhadap temperatur.



Gambar 2.6 Komposit laminat.  
Sumber : Jones (1998).

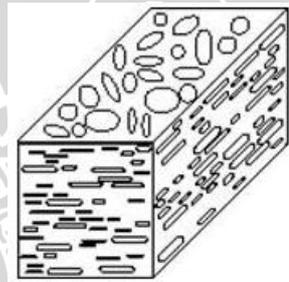
## 3. Komposit partikel (*particulated composite*)



Gambar 2.7 Komposit partikel.  
Sumber : Jones (1998).

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, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lainlain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren di antara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik.

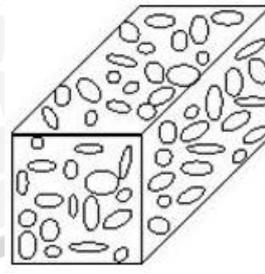
#### 4. Komposit serpihan (flake composites)



Gambar 2.8 Komposit serpihan.  
Sumber : Jones (1998).

Pengertian dari serpihan adalah partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya. Suatu komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan ke dalam matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan datar sehingga dapat disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya serpihan-serpihan saling tumpang tindih pada suatu komposit sehingga dapat membentuk lintasan fluida ataupun uap yang dapat mengurangi kerusakan mekanis karena penetrasi atau perembesan.

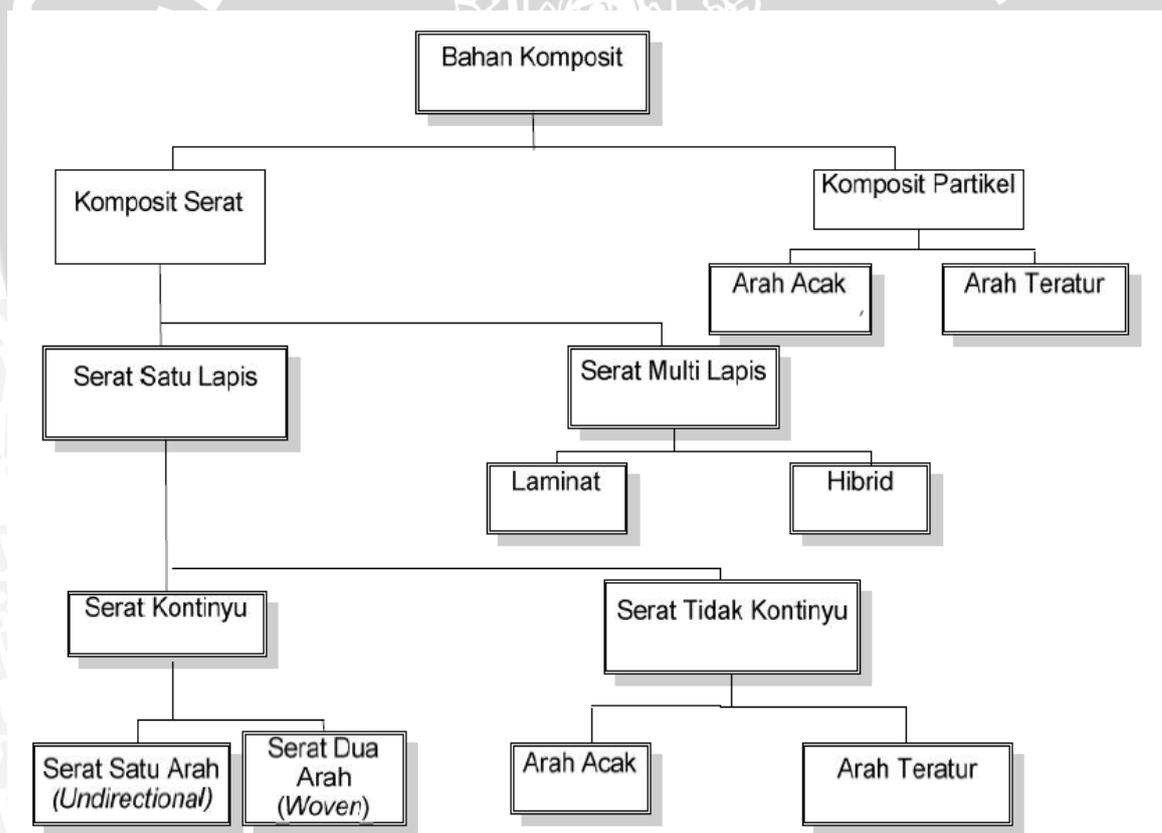
5. Komposit pengisi (filler composites)



Gambar 2.9 Komposit pengisi.  
 Sumber : Jones (1998).

Komposit ini terdiri dari struktur sambungan tiga dimensi yang menerobos struktur dimensi atau impregnasi dengan dua – phase material pengisi. Pengisi juga mempunyai bentuk tiga dimensi yang ditentukan oleh kekosongan di dalam matrik.

Berikut adalah gambar dari klasifikasi komposit (Schwartz, 1984):



Gambar 2.10 Diagram klasifikasi bahan komposit  
 Sumber : Mazumdar. (2002).

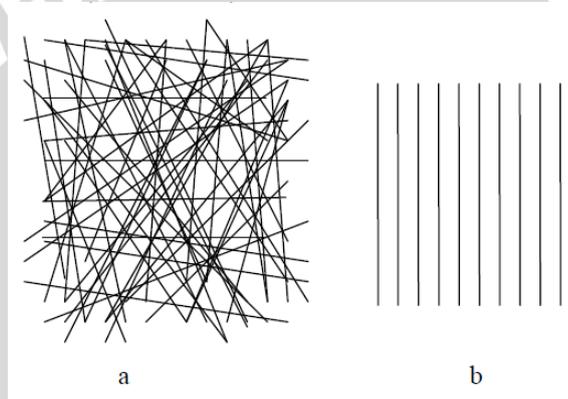


## 2.3 Serat

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

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

Arah serat penguat menentukan kekuatan 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).



Gambar 2.11 susunan serat a). Susunan arah serat acak b). Susunan arah serat teratur

### 2.3.1 Serat Sebagai Penguat

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 untuk dapat memperkuat matriks antara lain :

1. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi
2. Kekuatan lentur yang tinggi

3. Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama
4. Mampu menerima perubahan gaya dari matriks dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.

### 2.3.2 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).

#### a. Roving

Berupa benang panjang yang digulung mengelilingi silinder.

#### b. 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 ( $0^\circ$  dan  $90^\circ$ ).



Gambar 2.12 Woven Roving.

Kumpulan anyaman adalah seperti tali; anyaman ini memberikan penguatan ke arah vertikal dan horisontal. Pemakaiannya dalam konstruksi terutama pada bagian frame. WR ini sedikit kaku, sehingga agak sulit dibentuk terutama bila digunakan untuk bagian berlekuk tajam. Bentuk serat gelas woven roving adalah gulungan serat gelas bentuk serat gelas ini sangat baik dipergunakan dalam bidang industri misalnya: pembuatan bak mandi, pembuatan kapal dan lain – lain.

#### c. 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*). Serat gelas yang teranyam mempunyai panjang serat yang relatif

lebih pendek dari panjang serat WR. Pemakaiannya dalam konstruksi. CSM ini lebih fleksibel, sehingga mudah dibentuk dan mudah digunakan untuk bagian berlekuk tajam.



Gambar 2.13 Serat acak.

d. *Yarn*

Berupa bentuk benang yang lekat dihubungkan pada filamen.

e. *Reinforcing Mat*

Berupa lembaran *chopped strand* dan *continuous strand* yang tersusun secara acak.

f. *Woven Fabric*

Berupa serat yang dianyam seperti kain tenun.

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

a. 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.

b. Serat C-Glass

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

c. Serat S-Glass

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

Serat gelas mempunyai banyak macam keuntungan, sebagai bahan penguat karena :

1. Mudah ditarik menjadi serat berkekuatan tinggi dari keadaan lunak.
2. Mudah didapat dan dipabrikasi menjadi plastik yang diperkuat dengan serat gelas
3. Sebagai serat ia kuat, dan bila disatukan dengan matriks plastik akan memberikan komposit yang mempunyai kekuatan tinggi
4. Sangat berguna pada lingkungan yang korosif.

## 2.4 Matriks

### 2.4.1 Defenisi Dan Fungsi Matrik

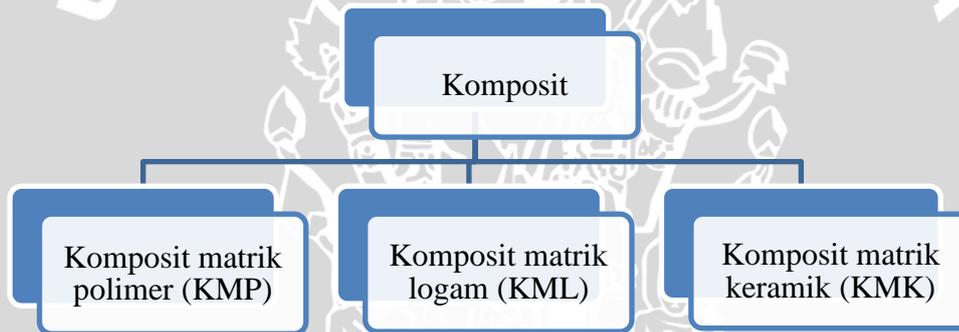
Matriks adalah bahan atau material yang digunakan untuk mengikat atau menyatukan bahan pengisi tanpa bereaksi secara kimia dengan bahan pengisi tersebut.

Pada umumnya matriks berfungsi :

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.

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

- a. Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik
- b. Komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik
- c. Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik



Gambar 2.14 Diagram klasifikasi komposit

Sumber : Mazumdar. (2002).

### 2.4.2 Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites – PMC)

Keuntungan komposit ini adalah :

- 1) Biaya pembuatan lebih rendah
- 2) Dapat dibuat dengan produksi massal
- 3) Ketangguhan baik
- 4) Tahan simpan
- 5) Siklus pabrikasi dapat dipersingkat
- 6) Kemampuan mengikuti bentuk
- 7) Lebih ringan.

### 2.4.3 Matrik Berbasis Poliester

Matrik berbasis poliester ditandai dengan permukaan yang halus mengkilat, titik leleh yang relatif tinggi, oleh karena itu bahan ini unggul dalam kestabilan dimensi karena serapan airnya dan koefisien ekspansi termalnya rendah. Bahan mempunyai kekakuan tinggi, kekuatan mekanik yang unggul, tinggi dalam: ketahanan impak, ketahanan abrasi, koefisien gesek, ketahanan melar, ketahanan retak tegangan, ketahanan cuaca juga baik. Sifat-sifat tersebut di atas tampaknya seimbang dengan baik. (Surdia, 2005).

Tabel 2.1 Spesifikasi resin *unsaturated polyester yukalac 157 BQTN* (Justus Kimia Raya, 1996)

Item	Nilai Tipikal	Catatan
Berat Jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.215	
Suhu distorsi panas ( $^{\circ}\text{C}$ )	70	
Penyerapan air (suhu ruangan)(%)	0,188	24 jam
	0,466	3 hari
Kekuatan Flexural ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ )	9,4	
Modulus Flexural ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ )	300	
Daya rentang ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ )	5,5	
Modulus rentang ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ )	300	
Elongasi (%)	1,6	

### 2.5 Fiber Reinforcement

*Fiber reinforcement 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).

### 2.6 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*

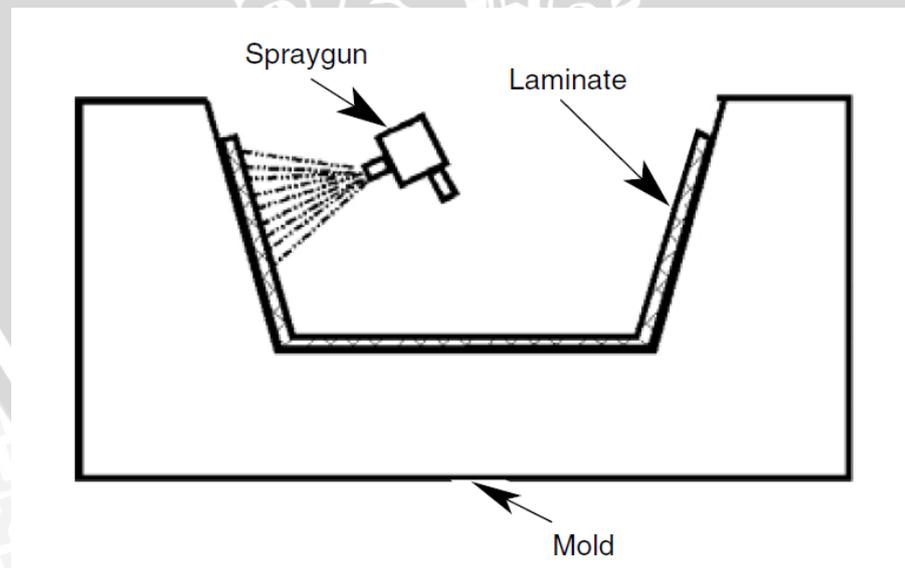
Dalam pembuatan komposit dengan menggunakan metode *spray up* ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot tersebut berisi resin, katalis, dan potongan serat yang secara bersamaan disemprotkan ke dalam cetakan.

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 2.15 *Spray Up method*.  
Sumber : Mazumdar, (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. Cetakan yang digunakan harus bersih dan mempunyai permukaan yang halus agar hasil yang diperoleh maksimal.

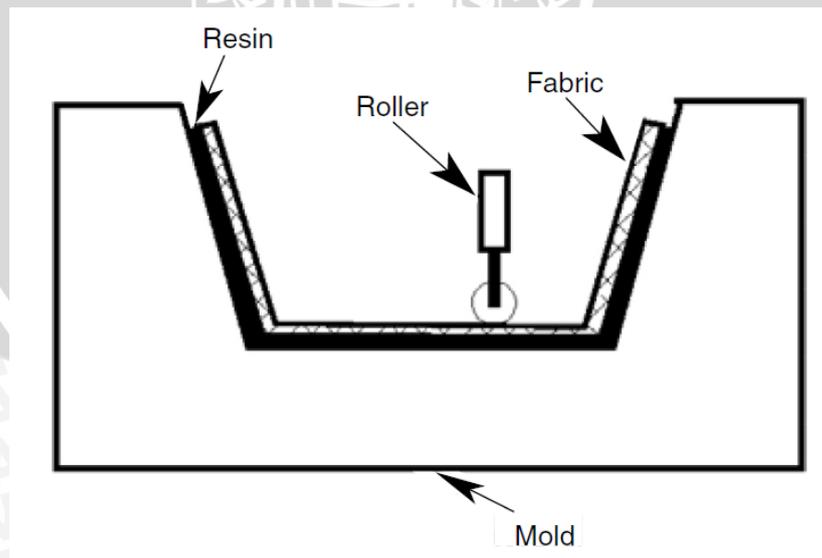
Dalam metode ini dilakukan pengerjaan lapisan sehingga diperoleh ketebalan yang diinginkan. Dimana setiap lapisan terdiri dari matriks yang telah dicampur dengan serat dan katalis. Setelah mencapai ketebalan diinginkan, proses selanjutnya adalah meratakan permukaan dengan *roller*. *Roller* ini digunakan 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 2.16 Hand lay up method.  
Sumber : Mazumdar, (2002).

### 3. Injection molding

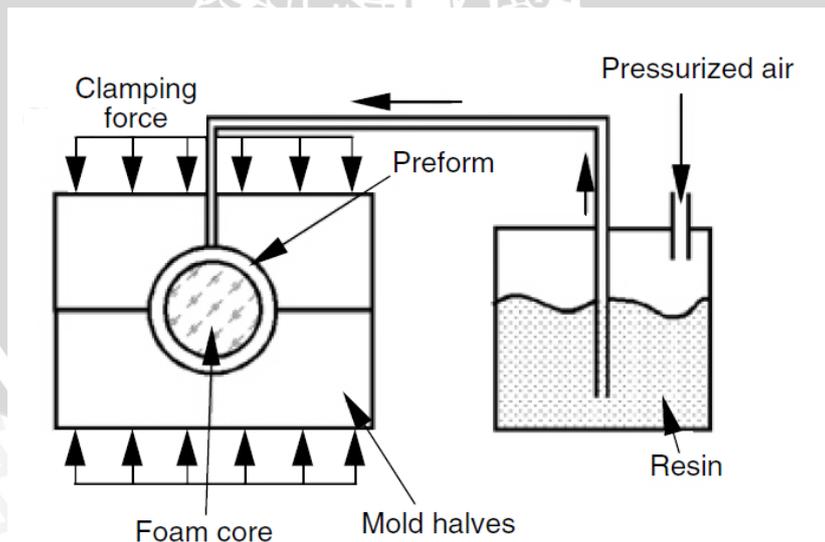
*Injection molding* merupakan metode yang paling sering dan banyak digunakan dalam manufaktur komposisi resin *thermoplastic*. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi (*injection pressure*) dengan besar tertentu pada material plastik yang telah dilelehkan oleh sejumlah energi panas untuk dimasukkan ke dalam cetakan sehingga didapatkan bentuk yang diinginkan.

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.



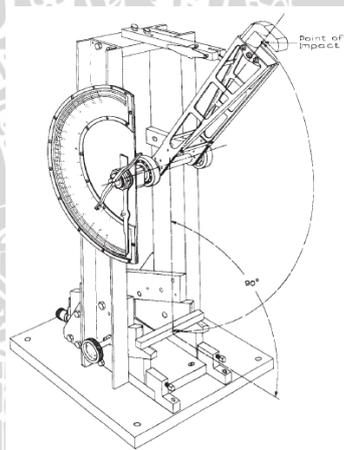
Gambar 2.17 *Injection molding method*.  
Sumber : Mazumdar, (2002).

## 2.7 Pengujian Sifat Mekanik

### 2.7.1 Pengujian Impak (*Impact Test*)

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impak ini merupakan respon terhadap beban yang tiba – tiba yang bertujuan mengetahui ketangguhan suatu bahan terhadap pembebanan dinamis, sehingga dapat diketahui apakah suatu bahan yang diuji rapuh atau kuat. Dasar pengujian impak ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Semakin banyak energi yang terserap maka akan semakin besar kekuatan impak dari suatu beban. Umumnya kekuatan impak bahan polimer lebih kecil daripada kekuatan impak bahan logam.

Untuk menguji impak ini kedua ujung sampel dengan ukuran *standar* diletakkan pada penumpu, kemudian beban dinamis dilepaskan dengan tiba-tiba dan cepat menuju sampel. Dalam pengujian impak, impaktor yang digunakan dalam bentuk pendulum yang diayunkan dari ketinggian dengan massa.



Gambar 2.18 Ilustrasi skematis pengujian impak dengan benda uji Charpy.

Sumber : ASTM D 6110-04 *Standard test method for determining the charpy impact resistance of notched spesimens plastics.*

Besarnya kekuatan impak dari benda uji dengan luas penampang lintang (A) adalah (Surdia, 1999):

$$E = Pd[(\cos \beta - \cos \alpha) - (\cos \alpha' - \cos \alpha)(\alpha + \beta/\alpha + \alpha')] \quad (2.1)$$

$$ak = \frac{E}{bk \times d} \quad (2.2)$$

dengan :

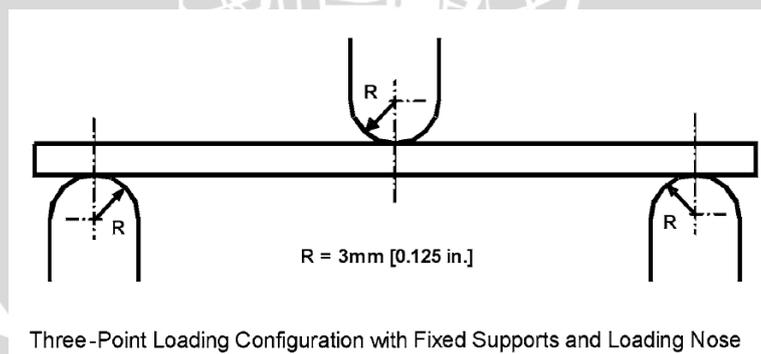
$E$  : energi yang diserap sampel setelah tumbukan (J)

$Pd$  : Pendulum momen (Nm)

- $\alpha$  : Sudut akhir ( $^{\circ}$ )  
 $\alpha'$  : Sudut akhir dry run ( $^{\circ}$ )  
 $\beta$  : Sudut akhir aktual ( $^{\circ}$ )  
 $ak$  : Kekuatan Impak ( $J/mm^2$ )  
 $bk$  : Kedalaman takik (mm)  
 $d$  : Ketebalan spesimen (mm)

### 2.8.2 Pengujian Kekuatan *Bending* (*Flexural Strength*)

Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan dengan metoda *three point bending* dengan standard ASTM D7264M-07.



Gambar 2.19 *Three-Point Bending*.

Sumber : ASTM D7264M-07 *Standard Properties of Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials*.

Pada perhitungan kekuatan *bending* ini, digunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (2.2)$$

dengan :

$\sigma$  : Tegangan *bending* (MPa)

$F$  : Beban /*Load* (N)

$L$  : Panjang Span / *Support span*(mm)

$b$  : Lebar/ *Width beam* (mm)

$d$  : Tebal / *Thickness beam* (mm)

## 2.8 Hipotesis

Berdasarkan penelitian yang menyatakan bahwa pemberian tegangan mula pada *reinforcement fiber panel* komposit datar dapat meningkatkan sifat mekanik komposit maka dapat dibuat hipotesis bahwa pemberian tegangan mula (*pre-tension*) pada *reinforcement fiber* akan meningkatkan nilai kekuatan lentur dan impak.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental nyata (*True Experimental Research*), yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekencangan satu arah (*one direction tension*) pada *reinforcement fiber panel* komposit datar terhadap kekuatan lentur dan dampak. Pemberian tegangan dibantu dengan menggunakan neraca pegas.

#### 3.2 Tempat Pengambilan Data Pengujian

Data yang diambil dalam penyusunan skripsi ini di peroleh dari penelitian yang dilakukan di

- Lab. Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
- Lab. Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

#### 3.3 Variabel Penelitian

##### 3.3.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah

- Tension sebesar 0N, 10N, 20N, 30N, 40N

##### 3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah

- Kekuatan Lentur
- Kekuatan Dampak

##### 3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya dikonstantakan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah

- Prosentase katalis yang digunakan, yaitu 1% dari volume matrik.
- Fraksi volume serat sebesar 25%
- Curing menggunakan suhu ruang.

### 3.4 Peralatan dan Bahan Penelitian

#### 3.4.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur jumlah resin yang digunakan.



Gambar 3.1 Gelas ukur

2. Timbangan digital

Digunakan untuk menimbang serat.



Gambar 3.2 Timbangan digital

3. Mesin uji lentur

Mesin uji tarik yang digunakan jenis *Unconfined Compression Machine* sebagai alat pengujian kekuatan lentur komposit.



Gambar 3.3 Mesin uji lentur  
Sumber : Lab. Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

#### 4. Mesin Uji Impak



Gambar 3.4 Mesin uji lentur  
Sumber : Lab. Pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

## 5. Pipet

Digunakan untuk mengambil jumlah kadar katalis.



Gambar 3.5 Pipet

6. *Mirror glaze (Wax)*

*Mirror glaze* dioleskan pada cetakan sebelum mencetak spesimen agar mudah melepas spesimen.



Gambar 3.6 *Mirror glaze*

## 7. Neraca pegas

Digunakan sebagai alat untuk memberikan gaya berupa *tension* pada serat *E-Glass*.



Gambar 3.7 Neraca pegas

## 8. Satu unit komputer

Digunakan untuk pengolahan data hasil penelitian.



Gambar 3.8 Komputer

9. Gelas plastik 240 ml

Sebagai media pencampuran antara resin dan katalis.



Gambar 3.9 Gelas plastik 240 ml

### 3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Resin *polyester* yukalac 157 BQTN

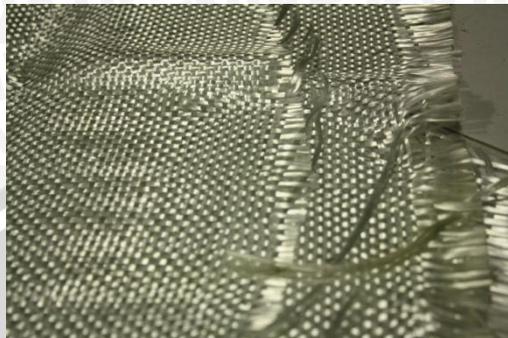
Matrik yang digunakan adalah resin *polyester* yukalac 157 BQTN dengan bahan tambahan katalis.



Gambar 3.10 Resin *polyester* yukalac 157 BQTN

## 2. Serat fiber *E- Glass woven roving* tipe TGFRL-4400

Serat *fiber* yang digunakan adalah *E- Glass woven roving* tipe TGFRL-4400 sebagai bahan yang nantinya akan diberi *tension*.



Gambar 3.11 Serat fiber *E- Glass woven roving* tipe TGFRL-4400

## 3. Katalis

Katalis yang digunakan adalah katalis MEKPO, sebagai bahan pengeras matrik. Komposisi yang digunakan adalah 1%

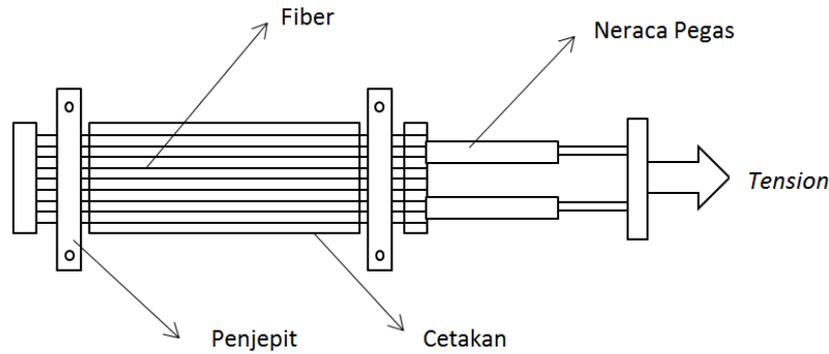


Gambar 3.12 Katalis

### 3.5 Prosedur Pembuatan Spesimen

Langkah-langkah pembuatan spesimen bahan komposit pada penelitian ini adalah:

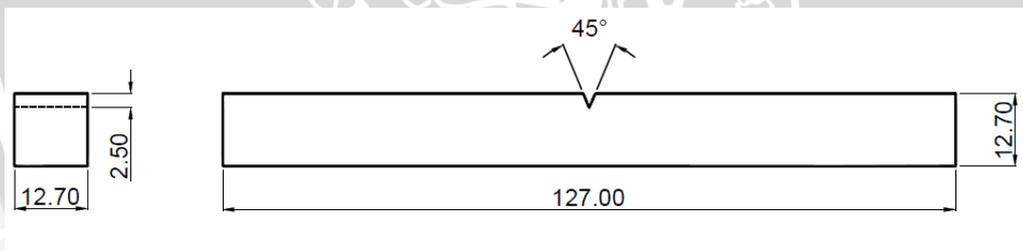
1. Pembuatan spesimen diberi toleransi ukuran ketebalan, agar setelah spesimen terbentuk, dapat di sesuaikan dengan ukuran yang diinginkan.
2. Proses pemberian *tension* pada serat sebelum di cor dengan resin (*pre-tension*).



Gambar 3.13 Skema pemberian tension.

3. Posisi ketinggian serat yang telah diberi perlakuan diatur pada tengah cetakan sesuai ukuran spesimen.
4. Resin dituangkan ke dalam gelas ukur kemudian ditambahkan katalis sebanyak 1% dari jumlah volume resin dalam spesimen, kemudian resin dan katalis di aduk rata.
5. Tuangkan resin ke dalam cetakan.
6. Pada saat menuang diusahakan ketinggian spesimen tetap terjaga.
7. Setelah 1 jam, spesimen dapat di lepas dari cetakan.

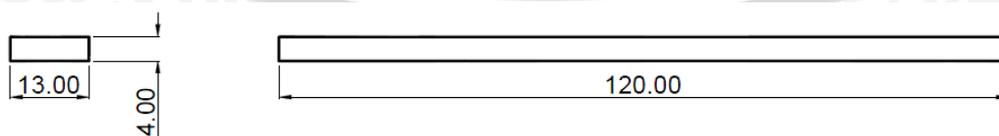
### 3.6 Spesimen Pengujian Impak



Gambar 3.14 Spesimen uji impak

Sumber : ASTM D 6110-04 *Standard test method for determining the charpy impact resistance of notched spesimens plastics.*

### 3.7 Spesimen Pengujian Lentur



Gambar 3.15 Spesimen uji lentur

Sumber : ASTM D7264M-07 *Standard Properties of Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials.*

### 3.8 Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh pre-tension terhadap kekuatan lentur dan kekuatan impact komposit polyester, maka langkah pertama yang dilakukan adalah merencanakan model rancangan penelitian (experimental design). Rancangan penelitian ini akan menentukan keberhasilan proses pengujian ini. Sehingga dapat diperoleh analisa dan kesimpulan yang tepat sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan.

Pencatatan merupakan hal yang sangat penting dalam proses analisis data untuk memperoleh informasi tentang sesuatu hal yang benar. Datayang telah diperoleh kemudian diolah dengan analisis statistik dengan menggunakan analisis varian satu arah.

### 3.9 Analisis Statistik

#### 3.9.1 Analisis Varian Satu Arah

Analisis varian satu arah digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kekencangan satu arah (*one direction tension*) pada *reinforcement fiber panel* komposit terhadap kekuatan lentur dan impact. Harga variabel bebas dianggap sebagai  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4,$  dan  $\mu_5$ . Sehingga hipotesis dapat ditulis sebagai berikut :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$  (variasi tension tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan lentur dan impact).

$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$  (variasi tension memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan lentur dan impact).

Pengamatan dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rancangan perlakuan percobaan untuk kekuatan lentur

Tension Pengulangan	Tension N				
	$F_0 = 0$	$F_1 = 10 \text{ N}$	$F_2 = 20 \text{ N}$	$F_3 = 30 \text{ N}$	$F_4 = 40 \text{ N}$
1	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{14}$	$Y_{15}$
2	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	$Y_{24}$	$Y_{25}$
3	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	$Y_{34}$	$Y_{35}$
Jumlah	$\sum Y_{i1}$	$\sum Y_{i2}$	$\sum Y_{i3}$	$\sum Y_{i4}$	$\sum Y_{i5}$
Rata-rata	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$

Ket :  $Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{15}$  adalah nilai kekuatan lentur

Tabel 3.2 Rancangan perlakuan percobaan untuk kekuatan impact

Tension Pengulangan	Tension N				
	F <sub>0</sub> = 0	F <sub>1</sub> = 10 N	F <sub>2</sub> = 20 N	F <sub>3</sub> = 30 N	F <sub>4</sub> = 40 N
1	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	Y <sub>14</sub>	Y <sub>15</sub>
2	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	Y <sub>24</sub>	Y <sub>25</sub>
3	Y <sub>31</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	Y <sub>34</sub>	Y <sub>35</sub>
Jumlah	∑Y <sub>i1</sub>	∑Y <sub>i2</sub>	∑Y <sub>i3</sub>	∑Y <sub>i4</sub>	∑Y <sub>i5</sub>
Rata-rata	μ <sub>1</sub>	μ <sub>2</sub>	μ <sub>3</sub>	μ <sub>4</sub>	μ <sub>5</sub>

Ket : Y<sub>11</sub>, Y<sub>12</sub>,... Y<sub>15</sub> adalah nilai kekuatan impact

Berdasarkan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 di atas masing masing dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan-persamaan berikut untuk mengetahui pengaruh kekencangan satu arah *reinforcement fiber panel* komposit datar terhadap kekuatan tarik.

- Jumlah seluruh perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}$$

- Jumlah seluruh kuadrat perlakuan

$$= \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2$$

- Faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij})^2}{\sum ni}$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \right] - FK$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{(\sum_{j=1}^k [\sum_{i=1}^n Y_{ij}]^2)}{ni} - FK$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k - 1}$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{db}$$

- Nilai  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$$

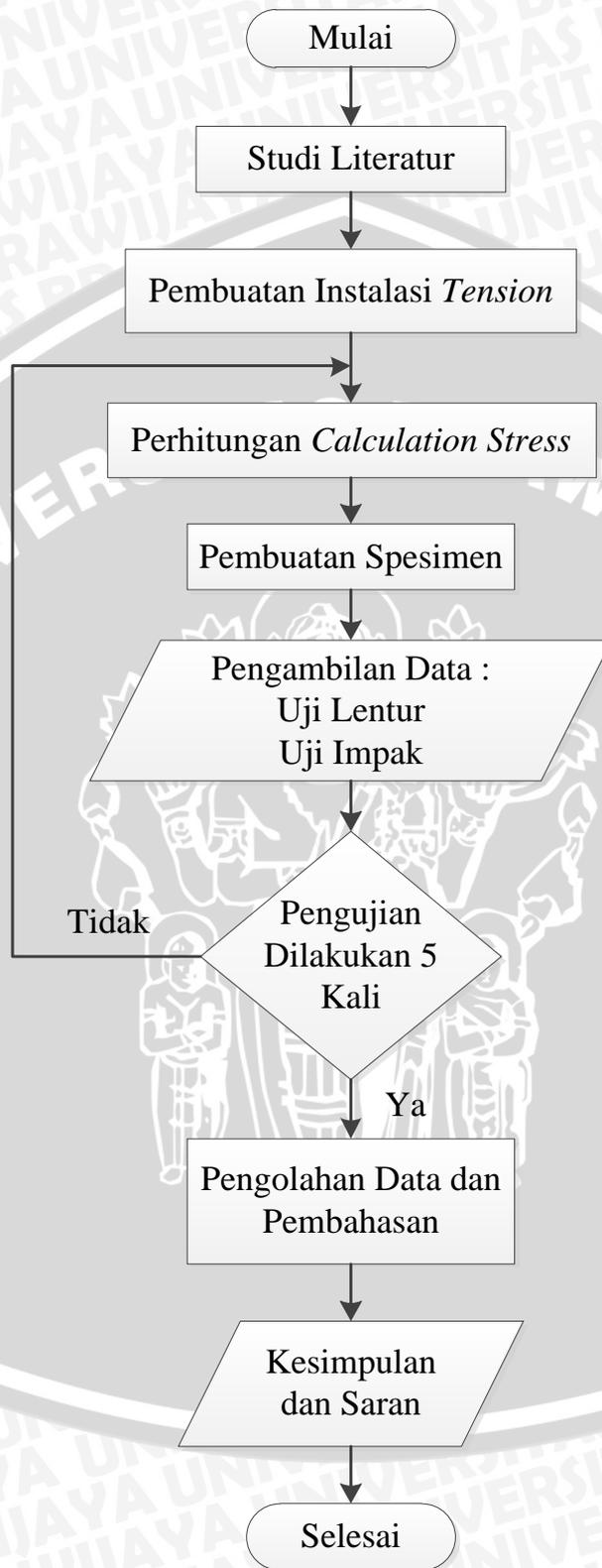
Tabel 3.3 Analisis varian satu arah

Sumber kevarianan	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Perlakuan	k-1	JKP	KTP	$F_{hitung}$	$F(\alpha, k, db)$
Galat	k(n-1)	JKG	KTG		
Total	Nk-1	JKT			

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan antara nilai  $F_{hitung}$  dengan nilai  $F_{tabel}$  seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 3.3

1. Jika  $F_{hitung} > F(\alpha, k, db)$  berarti  $H_0$  ditolak, menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara kekencangan satu arah pada *reinforcement fiber panel* komposit datar terhadap kekuatan lentur dan impact.
2. Jika  $F_{hitung} < F(\alpha, k, db)$  berarti  $H_0$  ditolak, menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara kekencangan satu arah pada *reinforcement fiber panel* komposit datar terhadap kekuatan tarik lentur dan impact

3.10 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Pengujian

Pada pengujian kekuatan lentur yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang dengan standar ASTM untuk pengujian lentur dan standar ASTM untuk pengujian impak didapatkan data pada tabel 4.1 untuk pengujian lentur dan tabel 4.3 untuk pengujian impak.

##### 4.1.1 Hasil Uji Lentur Komposit

Dari pengujian lentur komposit yang dilakukan didapatkan data sebagai berikut :  
Tabel 4.1 Data *load* maksimum uji lentur komposit :

Pengulangan	Besar tension				
	0	10N	20N	30N	40N
	<i>Load (Kgf)</i>				
1	16,35	20,62	22,64	23,39	26,16
2	16,1	22,38	22,03	24,55	27,16
3	17,71	21,73	23,64	24,9	25,4
Rata-Rata	16,72	21,58	22,77	24,28	26,24

Perhitungan mencari kekuatan lentur komposit :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2}$$

$$\sigma = \frac{3(16,35 \times 9,8)80}{2 \times 13 \times 4^2}$$

$$\sigma = \frac{38455,2}{416}$$

$$\sigma = 92,44 \text{ MPa}$$

dengan :

$\sigma$  : Tegangan lentur (MPa)

$F$  : Beban / Load (N)

$L$  : Panjang Span / Support span (mm)

$b$  : Lebar / Width beam (mm)

$d$  : Tebal / Thickness beam (mm)

Tabel 4.2 Data kekuatan lentur komposit :

Pengulangan	Besar tension				
	0	10N	20N	30N	40N
	Kekuatan Lentur (MPa)				
1	92,44	116,58	128,00	132,24	147,90
2	91,03	126,53	124,55	138,80	153,56
3	100,13	122,86	133,66	140,78	143,61
Jumlah	283,60	365,97	386,21	411,83	445,07
<b>Rata-Rata</b>	<b>94,53</b>	<b>122,01</b>	<b>128,74</b>	<b>137,28</b>	<b>148,36</b>

#### 4.1.2 Hasil Uji Impak Komposit

Dari pengujian impak komposit yang dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data sudut akhir pendulum :

Pengulangan	Tension				
	0N	10N	20N	30N	40N
	Sudut Akhir Pendulum $\beta$ (°)				
1	106,00	55,00	42,00	31,00	15,00
2	105,00	54,00	40,00	31,00	16,00
3	108,00	53,00	40,00	30,00	14,00
<b>Rata-Rata</b>	<b>106,33</b>	<b>54,00</b>	<b>40,67</b>	<b>30,67</b>	<b>15,00</b>

Perhitungan mencari kekuatan impak komposit :

Energi Patah Spesimen :

$$\begin{aligned}
 E &= Pd[(\cos \beta - \cos \alpha) - (\cos \alpha' - \cos \alpha)(\alpha + \beta/\alpha + \alpha')] \\
 &= 2,67949(-0,28 + 0,86) \\
 &= 1,58 J
 \end{aligned}$$

Kekuatan Impak :

$$\begin{aligned}
 ak &= \frac{E}{bk \times d} \\
 &= \frac{1,58}{2,75 \times 12,7} \times 103 \\
 &= 5,13 J/mm^2
 \end{aligned}$$

dengan :

$E$  : energi yang diserap setelah tumbukan (J)

$Pd$  : Pendulum momen (Nm)

$\alpha$  : Sudut akhir (°)

$\alpha'$  : Sudut akhir dry run (°)

$\beta$  : Sudut akhir aktual (°)

$ak$  : Kekuatan Impak ( $J/mm^2$ )

$bk$  : Kedalaman takik (mm)

$d$  : Ketebalan spesimen (mm)

Tabel 4.4 Data kekuatan impak maksimum komposit :

Pengulangan	Tension				
	0N	10N	20N	30N	40N
	Kekuatan Impak ( $J/mm^2$ )				
1	5,13	12,51	13,99	14,98	15,92
2	5,28	12,64	14,19	14,98	15,88
3	4,84	12,76	14,19	15,06	15,96
Jumlah	15,25	37,91	42,36	45,01	47,77
<b>Rata-Rata</b>	<b>5,08</b>	<b>12,64</b>	<b>14,12</b>	<b>15,00</b>	<b>15,92</b>

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Analisis Varian Satu Arah Kekuatan Lentur

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.2, maka dapat dianalisis menggunakan analisis varian sebagai berikut :

- Jumlah seluruh perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 1892,68$$

- Jumlah seluruh kuadrat perlakuan

$$= \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2 = 3582243,40$$

- Faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij})^2}{\sum ni} = \frac{(1892,68)^2}{15} = \frac{3582243,40}{15} = 238816,22$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \right] - FK = 243968,62 - 238816,22 = 5152,39$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{(\sum_{j=1}^k [\sum_{i=1}^n Y_{ij}]^2)}{ni} - FK = \frac{731213,99}{3} - 238816,22 = 4921,77$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP \\ = 5152,39 - 4921,77 = 230,62$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} = \frac{4921,77}{4} = 1230,44$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{db} = \frac{230,62}{10} = 23,06$$

- Nilai  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{1230,44}{23,06} = 53,36$$

Tabel 4.5 Analisis varian satu arah kekuatan lentur komposit.

Sumber Varian	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>
Perlakuan	4	4921,77	1230,44	53,36	3,48
Galat	10	230,62	23,06		
Total	14	5152,39			

Berdasarkan tabel 4.5 Dan dengan menggunakan derajat bebas (db) perlakuan dengan nilai 4 dan derajat bebas (db) galat dengan nilai 8 didapatkan harga F teoritik dalam tabel nilai-nilai F sebesar 3,48 pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Hasil perhitungan didapatkan harga untuk F<sub>hitung</sub> sebesar 53,36. Terlihat F<sub>hitung</sub> > F<sub>tabel</sub>, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dapat diterima yang berarti penambahan *tension* sebelum proses curing berpengaruh terhadap kekuatan lentur komposit.

#### 4.2.2 Analisis Varian Satu Arah Kekuatan Impak

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.4, maka dapat dianalisis menggunakan analisis varian sebagai berikut :

- Jumlah seluruh perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 188,31$$

- Jumlah seluruh kuadrat perlakuan

$$= \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2 = 35459,69$$

- Faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij})^2}{\sum ni} = \frac{(188,31)^2}{15} = \frac{35459,69}{15} = 2363,97$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \right] - FK = 2591 - 2363,97 = 227,02$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{(\sum_{j=1}^k [\sum_{i=1}^n Y_{ij}]^2)}{ni} - FK = \frac{7772,52}{3} - 2363,97 = 226,86$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKP \\ &= 227,02 - 226,86 = 0,16 \end{aligned}$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k - 1} = \frac{226,86}{4} = 56,71$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{db} = \frac{0,16}{10} = 0,016$$

- Nilai  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{56,71}{0,016} = 3495,91$$

Tabel 4.6 Analisis varian satu arah kekuatan impak komposit.

Sumber Varian	db	JK	KT	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Perlakuan	4	85,42	21,35	3495,91	3,48
Galat	10	7,04	0,7		
Total	14	92,46			

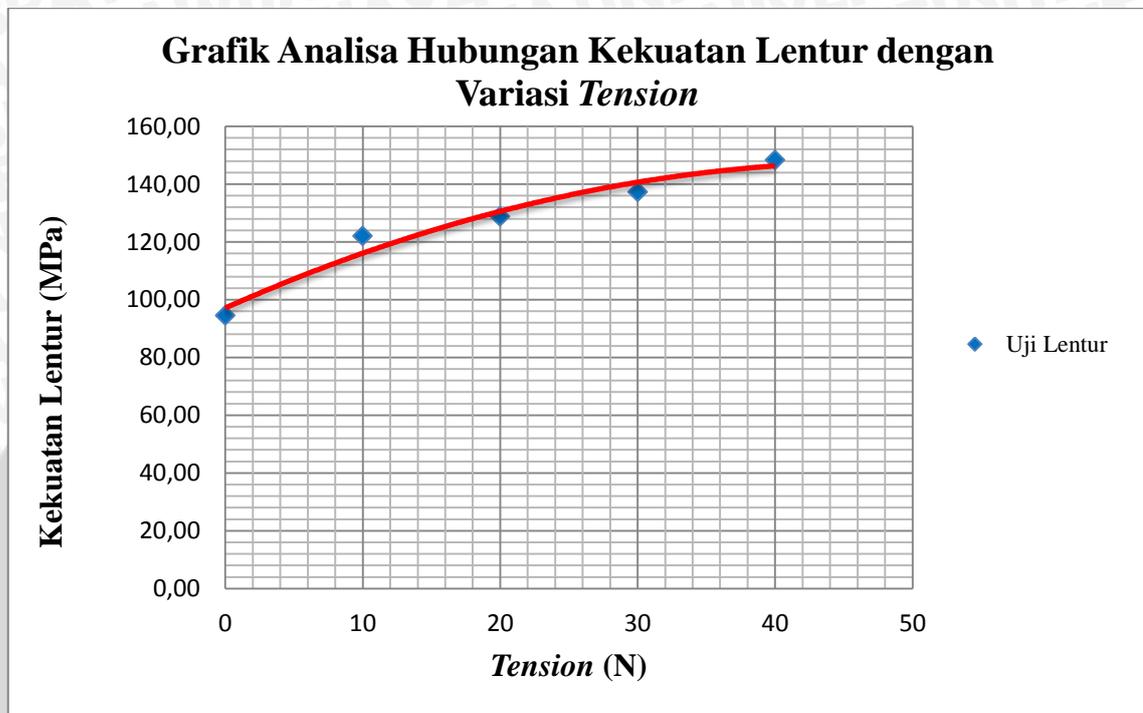
Berdasarkan tabel 4.6 Dan dengan menggunakan derajat bebas (db) perlakuan dengan nilai 4 dan derajat bebas (db) galat dengan nilai 8 didapatkan harga F teoritik dalam tabel nilai-nilai F sebesar 3,48 pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Hasil perhitungan didapatkan harga untuk  $F_{hitung}$  sebesar 3495,91. Terlihat  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dapat diterima yang berarti penambahan *tension* sebelum proses curing berpengaruh terhadap kekuatan impak komposit.

### 4.3 Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian dapat diketahui bahwa variasi kekencangan satu arah (*one direction tension*) pada *reinforcement fiber panel* komposit berpengaruh terhadap kekuatan lentur dan impak. Pada analisis varian satu arah untuk hasil pengujian lentur dan impak didapatkan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yang berarti pemberian *tension* pada serat *E-glass* berpengaruh terhadap kekuatan lentur dan impak.

### 4.3.1 Pengujian Lentur

Berdasarkan data hasil penelitian dapat dicari kekuatan lentur komposit. Dari data kekuatan lentur tersebut dibuat grafik hubungan antara kekuatan lentur dengan variasi *tension* seperti berikut :



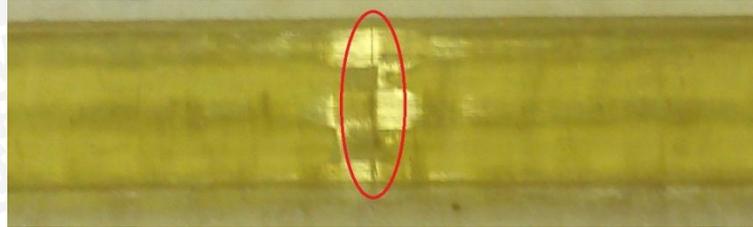
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara kekuatan lentur dengan variasi tension.

Grafik hubungan antara kekuatan lentur dengan variasi tension pada gambar 4.1 menunjukkan peningkatan tension dari 0 – 40N menyebabkan kekuatan lentur komposit juga meningkat. Pada grafik terlihat bahwa kekuatan komposit terendah yaitu 94,53 MPa ada pada tension 0N dan nilai kekuatan lentur tertinggi yaitu 148,36 MPa ada pada tension sebesar 40N.

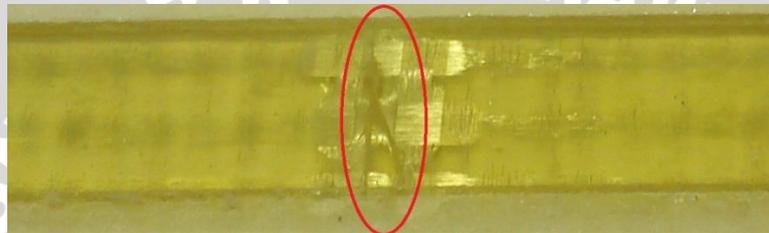
Berdasarkan dari sifat pembentuknya, dimana komposit terdiri dari dua atau lebih unsur pembentuk yaitu matrik dan filler. Matrik adalah unsur yang bertindak sebagai pengikatnya. Sedangkan filler adalah bahan yang bertindak sebagai penguat yang akan menanggung beban jika komposit tersebut dikenai gaya dari luar. Jika disesuaikan dengan grafik 4.1 dapat dilihat bahwa penambahan tension 0 – 40N dapat meningkatkan kekuatan lentur komposit.

#### 4.3.2 Foto Spesimen Setelah Pengujian Lentur

Dari variasi tension pada serat memiliki kecenderungan yang tidak sama, berikut ini diambil salah satu contoh dari masing-masing perlakuan.



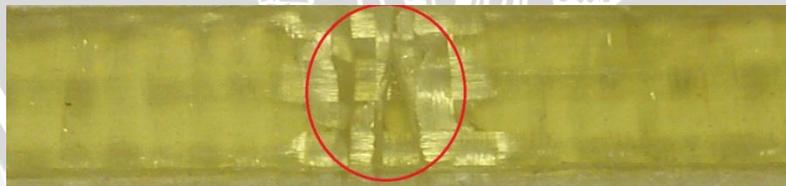
Gambar 4.2 Bentuk patahan spesimen uji lentur dengan tension serat 0 N.



Gambar 4.3 Bentuk patahan spesimen uji lentur dengan tension serat 10N.



Gambar 4.4 Bentuk patahan spesimen dengan tension serat 20N.



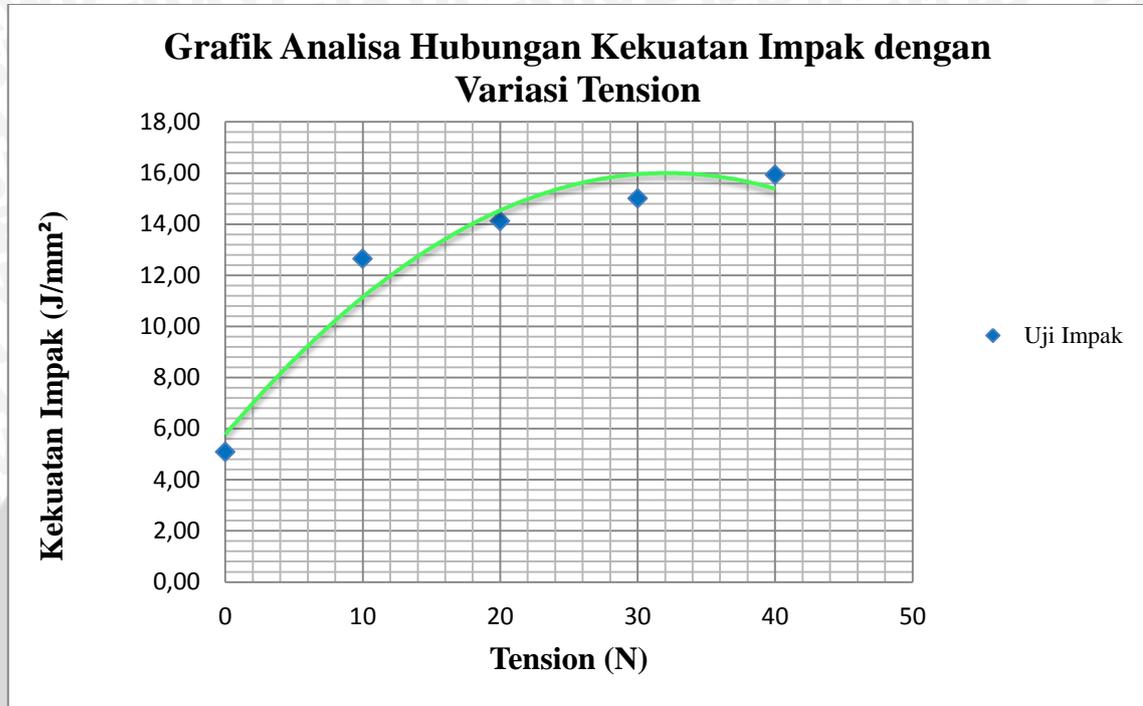
Gambar 4.5 Bentuk patahan spesimen dengan tension serat 30N.



Gambar 4.6 Bentuk patahan spesimen dengan tension serat 40N.

### 4.3.3 Pengujian Impak

Berdasarkan data hasil penelitian dapat dicari kekuatan impak komposit. Dari data kekuatan impak tersebut dibuat grafik hubungan antara kekuatan impak dengan variasi *tension* seperti berikut :



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kekuatan impak dengan variasi tension.

Grafik hubungan antara kekuatan impak dengan variasi tension pada gambar 4.1 menunjukkan peningkatan tension dari 0 – 40N menyebabkan kekuatan impak komposit juga meningkat. Pada grafik terlihat bahwa kekuatan impak komposit terendah yaitu 5,08 J/mm<sup>2</sup> ada pada tension 0N dan nilai kekuatan impak tertinggi yaitu 15,92 J/mm<sup>2</sup> pada pada tension sebesar 40N.

Berdasarkan dari sifat pembentuknya, dimana komposit terdiri dari dua atau lebih unsur pembentuk yaitu matrik dan filler. Matrik adalah unsur yang bertindak sebagai pengikatnya. Sedangkan filler adalah bahan yang bertindak sebagai penguat yang akan menanggung beban jika komposit tersebut dikenai gaya dari luar. Jika disesuaikan dengan grafik 4.7 dapat dilihat bahwa penambahan tension 0 – 40N dapat meningkatkan kekuatan impak komposit.

#### 4.3.4 Foto Spesimen Setelah Pengujian Impak

Dari variasi tension pada serat memiliki kecenderungan yang tidak sama, berikut ini diambil salah satu contoh dari masing-masing perlakuan.



Gambar 4.8 Bentuk patahan spesimen uji impak dengan tension serat 0 N.



Gambar 4.9 Bentuk patahan spesimen uji impak dengan tension serat 10 N.



Gambar 4.10 Bentuk patahan spesimen uji impak dengan tension serat 20 N.



Gambar 4.11 Bentuk patahan spesimen uji impak dengan tension serat 30 N.



Gambar 4.12 Bentuk patahan spesimen uji impak dengan tension serat 40 N.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pemberian kekencangan satu arah (*one direction tension*) berpengaruh terhadap kekuatan lentur dan impak komposit. Pengaruh kekuatan tersebut dapat dilihat dilihat pada perhitungan tabel analisis varian satu arah ( $F_{hitung} > F_{tabel}$ ) dan pada grafik. Kekuatan lentur terendah yaitu 94,53 MPa dimiliki oleh komposit dengan tension 0 N (tanpa tension) sedangkan kekuatan lentur tertinggi yaitu 148,36 dimiliki komposit dengan tension 40N. Kekuatan impak terendah yaitu 5,08 Kgmm/mm<sup>2</sup> ada pada tension 0N dan nilai kekuatan impak tertinggi yaitu 15,92 Kgmm/mm<sup>2</sup> ada pada tension sebesar 40N.

#### 5.2 Saran

1. Pada saat penuangan resin diperhatikan supaya tidak ada udara yang terperangkap.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai penambahan tension yang lebih besar.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh temperatur curing.
4. Pada saat sebelum proses pengujian material, dipastikan waktu kering tiap spesimen sama agar mendapatkan data yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standard 2004, D7264-07, "Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials", ASTM D6110-04, "Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastic". ASTM Standards and Literature.
- Bukit, Nurdin. 2006. *Beberapa Pengujian Sifat Mekanik Dari Komposit Yang Diperkuat Dengan Serat Gelas*. Skripsi. Medan : FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Edo Hartanto 2004 *Program Perhitungan Gaya Prategang Eksentrisitas, dan Kehilangan Tegangan Pada Post-Tensioned Prestressed Beam*. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Frida, Emma. 1992. *Beberapa Sifat Mekanis dari Papan Komposit erat Pendek Ijuk dengan Resin Epoksi dan Resin Poliester*. Skripsi. FMIPA. USU: Medan.
- Harpe, Charles A. R. 1975. *Hand Book of Plastics and Elastomers*. New York : In Chief.
- Hartomo, A.J, dkk,. 1992. *Memahami Polimer dan Perekat*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Kriskiantoro 2009 *Pengaruh lebar spesimen dengan metode essential work of fracture bahan komposit fiberglass epoxy*. Skripsi. Surakarta : Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret.
- Mazumdar, S.K., 2002, *Composite Manufacturing : Materials, Product, and Process Engineering*. London : CRC Press.
- Robert M. Jones 1998 *Mechanics of Composites Material*. USA : Taylor & Francis Ink.
- Ronald F. Gibson 1994 *Principles of Composites Material mechanics*. New york : McGraw-Hill Book Company.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New york. : McGraw-Hill Book Company.
- Siamak Motahhari. 1998. *Fibre Prestressed Composites*. Thesis. Canada : Departement of Material & Metallurgical Queen's University.
- Surdia, T. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : Paramita.