

# ANALISA UJI TARIK BAHAN KOMPOSIT POLIESTER + CaCO<sub>3</sub> DAN POLIESTER + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Penyelesaian Program Sarjana Sains Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember



Hadiah  
Pembelian  
Tgl. 14 JUL 2003  
No. Induk: Syf.  
Klass 530  
REV a.e.1

Oleh :

**Nery Revianti**  
991810201024

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
MEI 2003

**MOTTO**

*“Allah mempergantikan malam dengan siang, yang demikian itu ibarat (tanda-tanda) bagi orang yang berilmu”*

*(Qs : An-Nur, 44)*



**KUPERSEMBAHKAN KARYA INI UNTUK :**

- Ibunda *Hj. Kapsah* dan bapak *H. Karnadi* tercinta yang telah banyak memberikan kasih sayang dan dorongan selama ini.
- Kakakku *Erny, Eryn, Didin* dan adikku *Vian, Gugus* beserta keponakan kecilku *Rara* dan *Zidane* yang telah memberikan semangat untukku.
- Sahabat-sahabatku *Endhah, Wulan, Herni, Dyah, Wiwit, Elok, Rina* dan teman-teman Fisika UNEJ.
- Keluarga besar *Supardi* dan teman-temanku di ASRI KALEM 72.
- Almamaterku Jurusan Fisika Fakultas MIPA UNEJ.

## Abstrak

**ANALISIS UJI TARIK BAHAN KOMPOSIT POLIESTER +  $\text{CaCO}_3$  DAN POLIESTER +  $\text{Al}_2\text{O}_3$**  (Nery Revianti, 991810201024, Skripsi, Mei 2003, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember)

Poliester tak jenuh atau disebut poliester saja merupakan polimer sintetis serbaguna karena dapat diaplikasikan secara komersil. Bahan poliester biasanya ditambahkan bahan pengisi berupa penguatan serat gelas, namun pada penelitian ini dilakukan penambahan poliester dengan bahan pengisi  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  untuk diuji sifat tariknya. Dari hasil pengujian sifat tarik didapatkan data tentang kekuatan tarik (*tensile strength*) ( $\sigma_u$ ), kekakuan (*elasticity modulus*) ( $E$ ), titik luluh (*yield point*) ( $Y$ ) / tegangan luluh (*yield stress*) ( $\sigma_y$ ), dan regangan (*strain*) ( $\epsilon$ ) jika terjadi. Poliester yang diisi  $\text{CaCO}_3$  menunjukkan bahan lebih rapuh daripada poliester murni, sedangkan poliester yang diisi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  menunjukkan bahan lebih kaku daripada poliester murni. Secara keseluruhan penambahan bahan pengisi  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mengurangi kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ) dan tegangan luluhnya ( $\sigma_y$ ). Hasil pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik memperlihatkan butiran  $\text{Al}_2\text{O}_3$  menyebar dan mampat dibandingkan serbuk  $\text{CaCO}_3$ .

*Kata kunci : Poliester, Tensile Strength ( $\sigma_u$ ), Elasticity Modulus ( $E$ ), Yield Point ( $Y$ ) Yield Stress ( $\sigma_y$ )*



## DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan Pebruari 2003 sampai dengan bulan Mei 2003 di jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember dan jurusan Mesin Fakultas D3 Teknik Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Mei 2003

Nery Revianti



HALAMAN PENGESAHAN

Karya tulis (skripsi) ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Jember pada :


Hari : JUM'AT

Tanggal : 27 JUN 2003

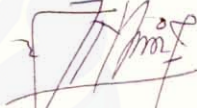
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji,

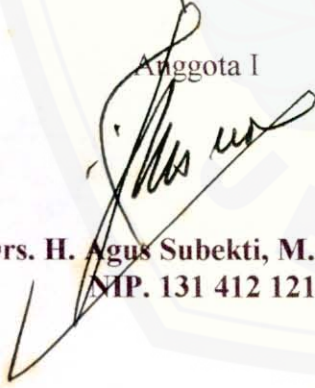
Ketua  
(Dosen Pembimbing Utama)

  
Prantasi H. Tj., S.Si., M.Si  
NIP. 132 085 973


Sekretaris  
(Dosen Pembimbing Anggota)

  
Dra. Nanik Yulianti. M.Si  
NIP. 132 162 508

Anggota I

  
Drs. H. Agus Subekti, M.Sc., Ph.D  
NIP. 131 412 121

Anggota II

  
Sutisna, S.Pd., M.Si  
NIP. 132. 257 929

Mengesahkan,

Dekan Fakultas MIPA UNEJ



  
(Ir. Sumadi, MS)  
NIP. 130 368 784

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T, yang telah melimpahkan taufik, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Ir. Sumadi MS sebagai Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
2. Drs. H. Sujito Ph.D sebagai Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.
3. Prantasi Harmi Tj. S.Si., M.Si sebagai Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang dengan penuh kesabaran telah membimbing penulis dan memberikan banyak masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Dra. Nanik Yulianti. M.Si sebagai Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah membimbing dan memberi masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Drs. H. Agus Subekti M.Sc., Ph.D yang membantu dan memberi masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini
6. Edi Suprianto S.Si., M.Si yang membantu dan memberi masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini
7. Sutisna SPd., M.Si, yang membantu dan mmberi masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini
8. Bambang Piluharto S.Si., M.Si yang ikut serta dalam membantu penyelesaian tugas akhir ini
9. Agus Suprianto S.Si.,M.T yang ikut serta dalam membantu penyelesaian tugas akhir ini.
10. Sumarji ST dan Indra Trinata ST., M.M yang telah berkenan memberikan ijin penggunaan mesin uji tarik dan membantu dalam pelaksanaan.



Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan koreksi, agar skripsi ini lebih sempurna lagi.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga dengan segala kekurangan, skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca dan dapat memberi kontribusi terhadap kemajuan ilmu pengetahuan khususnya bidang ilmu bahan.

Jember, Mei 2003

Penulis





DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN MOTTO.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN DEKLARASI.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Uji Tarik.....	4
2.1.1 Sifat Dalam penarikan.....	4
2.1.2 Sifat Tarik Pada Polimer.....	7
2.2 Bahan Komposit.....	9
2.2.1 Komposisi Kimia.....	10
2.2.2 Rapat Massa Polimer.....	11
2.3 Poliester Tak Jenuh (poliester).....	12
2.4 Bahan Pengisi.....	14

2.4.1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (aluminium oksida)	15
2.4.2	CaCO <sub>3</sub> (kalsium karbonat)	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		<b>18</b>
3.1	Tempat dan Waktu	18
3.2	Alat dan Bahan	18
3.2.1	Alat	18
3.2.2	Bahan	18
3.3	Prosedur penelitian	19
3.4	Proses Penimbangan	20
3.4.1	Penentuan Rapat Massa	20
3.4.2	Penentuan Fraksi volume	20
3.4.3	Penentuan Massa	21
3.5	Proses Pembuatan Bahan Uji	21
3.5.1	Komposisi Bahan	21
3.5.2	Pembuatan Alat cetak	21
3.5.3	Pencetakan lempeng Uji	22
3.5.4	Ukuran dan Bentuk bahan Uji	23
3.6	Uji Tarik	24
3.6.1	Peralatan Uji Tarik	24
3.6.2	Pelaksanaan Pengujian Tarik	24
3.7	Mikrografi Bahan Uji	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>28</b>
4.1	Penentuan Kerapatan	28
4.2	Analisa Data Pengujian Tarik	29
4.3	Pembahasan	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>38</b>
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38

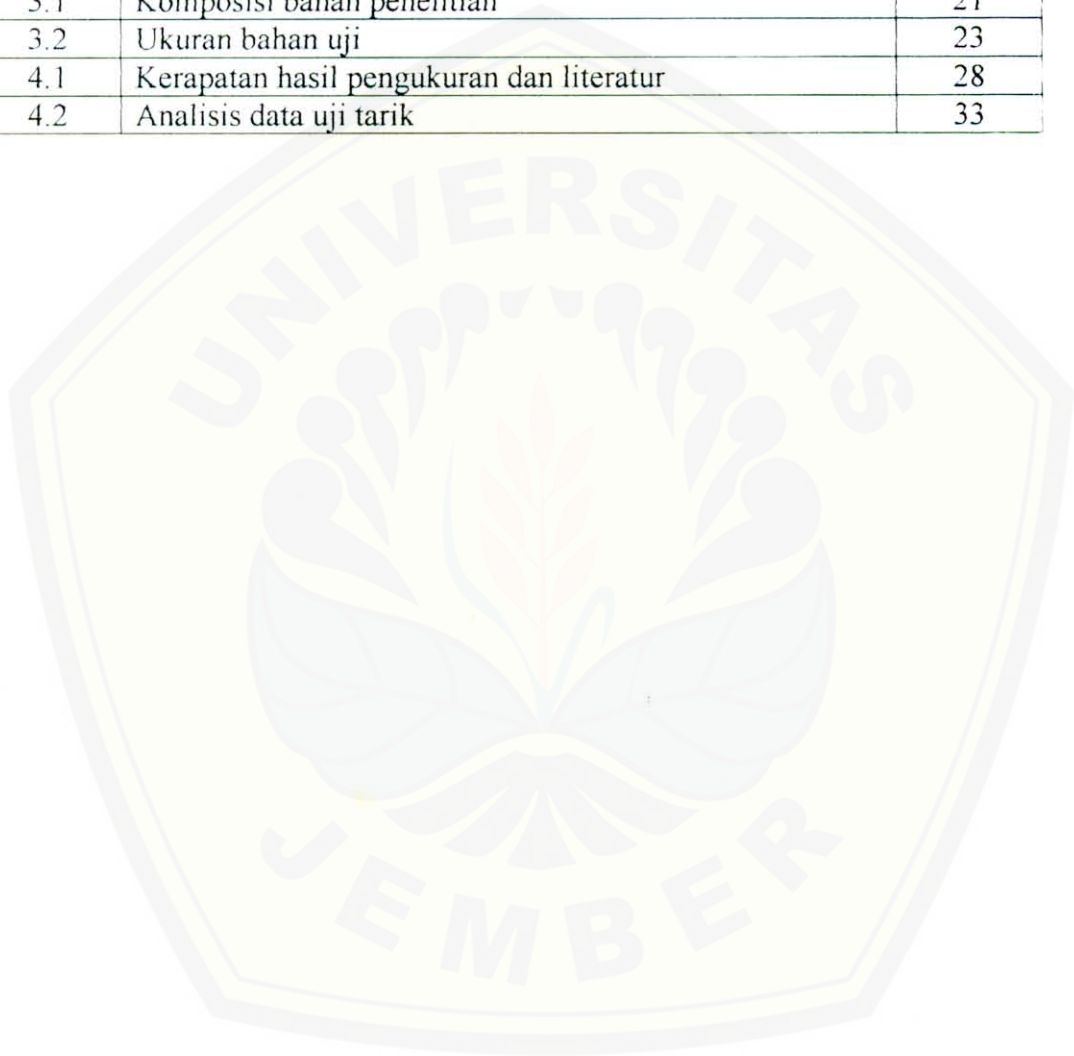
DAFTAR PUSTAKA ..... 39

- LAMPIRAN
1. Data hasil pengukuran dan perhitungan poliester 100%
  2. Data hasil pengukuran dan perhitungan poliester +  $\text{Al}_2\text{O}_3$
  3. Data hasil pengukuran dan perhitungan poliester +  $\text{CaCO}_3$



**DAFTAR TABEL**

Tabel	Judul tabel	Halaman
2.1	Harga pendekatan kekuatan tarik dan modulus Young bahan keramik	16
3.1	Komposisi bahan penelitian	21
3.2	Ukuran bahan uji	23
4.1	Kerapatan hasil pengukuran dan literatur	28
4.2	Analisis data uji tarik	33





**DAFTAR GAMBAR**

Gambar	Judul gambar	Halaman
2.1	Variasi geometri dan jumlah relatif pengisi	9
2.2	Konfigurasi rantai penyusun polimer	11
2.3	Type poliester sederhana	13
3.1	Alat cetak bahan uji	22
3.2	Bentuk bahan uji	23
3.3	Mesin uji TM 113 UNIVERSAL 30 KN	26
4.1	Bentuk bahan uji sebelum ditarik	28
4.2	Mikrografi permukaan poliester 100% dengan perbesaran 40 kali	35
4.3	Mikrografi permukaan poliester + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dengan perbesaran 40 kali	36
4.4	Mikrografi permukaan poliester + CaCO <sub>3</sub> dengan perbesaran 40 kali	37

**DAFTAR GRAFIK**

Grafik	Judul grafik	halaman
2.1	Kurva tegangan-regangan untuk menentukan tegangan luluh	5
2.2	Kelakuan tarik bahan polimer	8
2.3	Kurva tegangan-regangan poliester	14
2.4	Hubungan kekuatan dan struktur alumina	16
4.1	Tegangan Vs regangan poliester murni dan poliester + $Al_2O_3$	30
4.2	Tegangan Vs regangan poliester murni dan poliester + $CaCO_3$	31
4.3	Tegangan Luluh Vs Fraksi Volume Poliester + Filler $CaCO_3$ dan $Al_2O_3$	32
4.4	Modulus Elastisitas Vs Fraksi Volume Poliester + Filler $CaCO_3$ dan $Al_2O_3$	32
4.5	Kekuatan Tarik Vs Fraksi Volume Poliester + Filler $CaCO_3$ dan $Al_2O_3$	32



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bahan polimer berdasarkan sifat panasnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu : polimer termoplastik dan polimer termoset. Bahan polimer termoplastik tidak mengalami polimerisasi dalam pembentukannya dan tidak menjadi keras. Produk polimer ini dapat dicairkan kembali dengan pemanasan dan mempunyai sifat relatif lunak dan ulet, contoh polietilene, polistirine, polimetil metakrilat (PMMA), poliester jenuh dan lain-lain. Bahan polimer termoset adalah bahan polimer yang mempunyai struktur tiga dimensi yang menjadi keras karena pemanasan, dan bahan ini tidak dapat mengalir lagi karena pemanasan. Umumnya bahan ini mempunyai sifat lebih kuat dan lebih kaku dibandingkan bahan polimer termoplastik, contoh **poliester tak jenuh**, poliuretan, silikon, dan lain-lain.

Poliester merupakan polimer sintesis serbaguna karena dapat diaplikasikan secara komersil. Berbagai macam kombinasi dari reaktan dan kondisi pemrosesan sangat memungkinkan tersedianya poliester. Poliester dapat diproduksi dengan esterifikasi langsung dari *diacid* dengan *dyol* atau kondensasi tunggal dari asam *hidroxicarbolik* karena poliesterifikasi, seperti kebanyakan langkah polimerisasi, merupakan suatu reaksi yang setimbang.

Ada dua jenis poliester ikat silang atau *jarangan* yaitu ; poliester ikat silang jenuh dan **poliester tak jenuh (selanjutnya disebut poliester saja)** (Sopyan, 2001). Poliester ikat silang jenuh merupakan poliester termoplastik dan lebih dikenal dengan PET (polietilen tereftalat), sedangkan poliester merupakan polimer termoset yang banyak digunakan untuk keperluan teknik. Lebih dari 1,3 milyar pound pertahunnya poliester digunakan tiap tahun di USA. Poliester ini secara *extensif* digunakan pada industri konstruksi (bak, peralatan mandi, bagian-bagian gedung, pelapis lantai, onix, marmer, tangki penampung bahan kimia, untuk transportasi digunakan sebagai atap truk, perbaikan body mobil, untuk



kelautan digunakan sebagai lambung kapal, dan bagian plastik dari alat elektronik (Odion, 1991).

Dalam penggunaannya bahan poliester ini sering ditambahkan beberapa bahan lain. Penambahan ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifatnya. Bahan tambahan ini dikelompokkan menurut fungsinya. Salah satunya adalah sebagai bahan pengisi (filler). Bahan pengisi ini terutama digunakan untuk meningkatkan kekuatan bahan karena lebih dari 80 % permintaan konsumen terdiri dari aplikasi struktural yang menginginkan adanya penambahan kekuatan bahan.

Untuk mengetahui sifat bahan perlu dilakukan pengujian mekanik. Banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekaniknya salah satunya, polivinil klorida (PVC) yang diisi dengan logam *cyanourates* (Ba, Ca, Pb) meningkatkan sifat mekanik (Gancheva et. al, th 1983). Selain itu juga polimer termoplastik jenis HDPE dan LDPE (high density polietilen dan low density polietilen) diisi dengan  $Al_2O_3$  dan  $CaCO_3$  meningkatkan modulus elastisitas bahan (E) (Sulistianty., 1991). Dalam penelitian ini jenis polimer yang dipakai adalah polimer termoset yaitu poliester tak jenuh (poliester) yang ditambah bahan pengisi  $Al_2O_3$  dan  $CaCO_3$  untuk diuji sifat tariknya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang penting dalam penelitian ini adalah :

1. Pengaruh penambahan fraksi volume bahan pengisi  $CaCO_3$  dan  $Al_2O_3$  untuk dijadikan bahan komposit yang akan diuji sifat mekaniknya, hubungan dalam pengujian tarik yang meliputi :
  - Kekuatan tarik (*tensile strength*) ( $\sigma_U$ )/UTS (*ultimate tensile strength*).
  - Titik luluh (*yield point*) (Y)/ tegangan luluh (*yield stress*) ( $\sigma_Y$ ).
  - Modulus elastisitas (*elasticity modulus*) (E).
2. Mengetahui gambar struktur mikro yaitu gambaran butiran  $CaCO_3$  dan  $Al_2O_3$  yang diisikan pada poliester.



### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui sifat mekanik suatu bahan komposit yang meliputi :
  - Kekuatan tarik (*tensile strength*) ( $\sigma_U$ )/UTS (*ultimate tensile strength*).
  - Titik luluh (*yield point*) (Y)/ tegangan luluh (*yield stress*) ( $\sigma_Y$ ).
  - Modulus elastisitas (*elasticity modulus*) (E).
2. Mengetahui gambar struktur mikro bahan komposit poliester dengan bahan pengisi  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### 1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini bermanfaat bagi dunia ilmu dan teknologi bahan khususnya dalam rangka perancangan dan pengembangan bahan-bahan baru (bahan komposit) untuk sifat mekaniknya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu sifat mekanik polimer yang sangat penting. Uji tarik tersebut digunakan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan dan sifat suatu bahan. Pada pengujian tarik biasanya dilakukan pada spesimen atau batang uji standar yang diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinu. Dari pembebanan gaya tarik dapat dilakukan pengamatan perpanjangan yang dialami spesimen.

#### 2.1.1 Sifat Dalam Penarikan

Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap spesimen yang standar. Bahan yang akan diuji tarik mula-mula dibuat dengan bentuk dan ukuran sesuai standar.

Pengujian tarik bersifat merusak, karena bahan yang diuji akan ditarik sampai menjadi patah. Dari hasil pengujian itu didapatkan data dari mesin tarik berupa data beban- pertambahan panjang. Data yang didapatkan dari mesin tarik belum bisa memberikan informasi sifat bahan secara umum, karena hanya menggambarkan kemampuan batang uji untuk menerima beban. Agar didapatkan informasi yang dapat menggambarkan sifat bahan secara umum maka data  $P-\Delta L$  harus dijadikan grafik, yaitu suatu grafik hubungan antara tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ).

Pada saat batang uji menerima beban sebesar  $P$  kgf, maka batang uji mengalami perpanjangan dan bekerja tegangan tarik sebesar :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2.1)$$

dengan :  $\sigma$  = tegangan tarik (Kgf /mm<sup>2</sup>)

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

$P$  = Pembebanan (Kgf)

Sedangkan regangan batang uji dinyatakan dengan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (2.2)$$

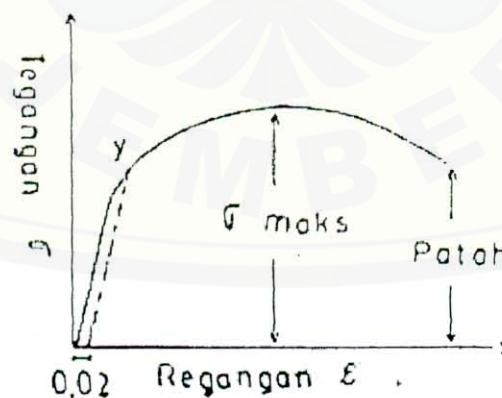
dengan :  $\varepsilon$  = regangan

$\Delta l$  = selisih panjang batang uji (mm)

$l_0$  = panjang awal (mm)

$l$  = panjang batang uji setelah ditarik (mm)

Selain tegangan dan perpanjangan, uji tarik menghasilkan data untuk menentukan titik luluh (*yield point*) atau tegangan luluh (*yield stress*) ( $\sigma_Y$ ), dan kekakuan (*modulus elastisitas*). Untuk keperluan teknik batas perilaku elastis yang penting adalah titik luluh. Titik luluh atau tegangan luluh merupakan tegangan yang menghasilkan deformasi permanen. Titik luluh ini dapat dicari dengan metode "Offset", yaitu dengan menarik garis yang sejajar dengan garis linier dari titik regangan 0,02 atau 2 % hingga memotong kurva. Titik potong ini menunjukkan titik luluh (Y), hal ini dapat dilihat pada grafik 2.1.



Grafik. 2.1 Kurva tegangan-regangan untuk menentukan tegangan luluh bahan polimer. (Billmeyer, 1984)



Tegangan luluh menunjukkan daerah (titik) yang menghasilkan deformasi permanen tersebut merupakan batas antara keadaan elastis dan plastis.

Kekakuan suatu bahan ditunjukkan oleh modulus elastisitas (*young's modulus E*)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.3)$$

dengan :  $E$  = modulus elastisitas ( $\text{Kgf/mm}^2$ )

$\sigma$  = tegangan pada daerah elastis ( $\text{Kgf/mm}^2$ )

$\epsilon$  = regangan yang terjadi.

Kekuatan tarik menunjukkan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban atau tegangan tanpa menjadi rusak atau putus. Keadaan ini dinyatakan dengan tegangan maksimum sebelum putus sehingga disebut sebagai kekuatan tarik maksimum "Ultimate Tensile Strength" (UTS).

$$UTS = \sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_0} \quad (2.4)$$

dengan :  $\sigma_u$  = kekuatan tarik maksimum ( $\text{Kgf/mm}^2$ )

$P_{maks}$  = beban maksimum (kgf)

$A_0$  = luas penampang lintang awal benda uji ( $\text{mm}^2$ ).

Kekuatan tarik merupakan kriteria yang tepat dalam keperluan rancangan. Pada bahan yang getas akan segera patah bila mencapai tegangan maksimum.

Keuletan menggambarkan kemampuan untuk berdeformasi secara plastik tanpa patah. Ini dapat diukur dengan besarnya regangan plastik yang terjadi setelah patah menunjukkan seberapa banyak suatu bahan dapat dideformasi tanpa menjadi rusak atau retak. Keuletan ini dinyatakan dengan prosentase perpanjangan (*percentage elongation*) yang dinyatakan dengan persamaan :

$$\% \epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2.5)$$



dengan :  $\% \epsilon$  = prosentase perpanjangan atau keuletan (%)

$l_0$  = panjang bahan uji mula-mula (mm)

$l$  = panjang bahan uji setelah patah (mm).

### 2.1.2 Sifat Tarik Pada Polimer

Sifat mekanik (kekuatan tarik) polimer dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor eksternal seperti : kecepatan tegangan, temperatur dan tekanan, sedangkan faktor internal adalah struktur kimia, kristalinitas dan adanya bahan pengisi (filler).

Faktor eksternal menimbulkan deformasi sudut ikatan dan perpanjangan. Apabila regangan dihilangkan, maka akan kembali ke keadaan semula. Tegangan ini diasumsikan sebagai rantai polimer yang berlipat-lipat dan lurus, kemudian dengan segera akan kembali lagi.

Polimer yang menunjukkan tegangan luluh, sasaran deformasi setempat terjadi dalam daerah sekitar daerah penekukan. Tercapainya tegangan luluh tersebut tergantung pada pengerasan tegangan (strain hardening), yaitu polimer menjadi lebih kuat sehingga beban yang diperlukan untuk memanjangkan batang uji bertambah lebih besar pada peregangan selanjutnya.

Kelakuan tarikan bahan polimer dalam bentuk kurva tegangan – regangan ditunjukkan pada grafik 2.2.

#### 1. Polimer lunak dan lemah (*soft and weak*)

Polimer ini mempunyai modulus elastis yang rendah titik batas mulur rendah dan regangan sedang.

#### 2. Polimer keras dan ulet (*hard and tough*)

Polimer ini mempunyai modulus elastis yang tinggi dan batas mulur yang tinggi.

#### 3. Polimer keras dan kuat (*hard and strong*)

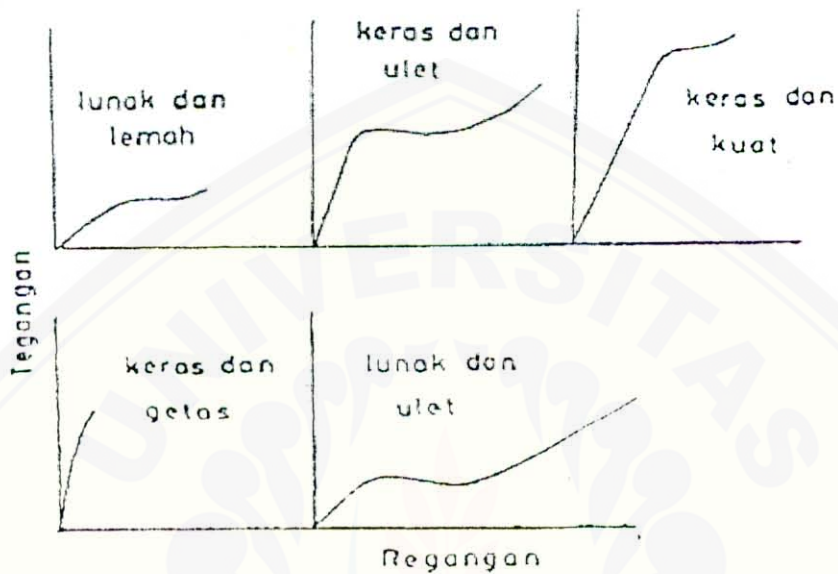
Polimer ini mempunyai batas mulur yang jelas dan tinggi.

#### 4. Polimer keras dan getas (*hard and brittle*)

Polimer ini mempunyai kurva tegangan-regangan di batas mulur yang tak terdefinisi.

5. **Polimer lunak dan ulet (soft and tough)**

Polimer ini mempunyai modulus elastik yang rendah dan mempunyai batas mulur yang tinggi.



Grafik. 2.2 Kelakuan tarik bahan polimer (Saito .et.al, 1984)

Suatu bahan polimer yang ditarik akan mengalami beberapa tahapan yaitu:

1. **Regangan antar lamela (*Interlamellar stretching*)**

Pada tahap ini bagian amorf mengalami perubahan, rantai polimernya mengalami regangan.

2. **Slip bagian kristal (*IntrocrySTALLINE slip*)**

Bagian kristalnya mengalami perubahan, lempeng lamelanya mengalami slip.

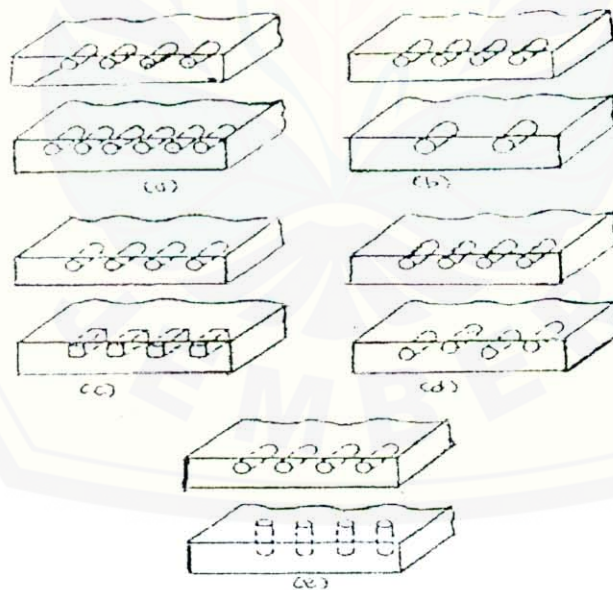
3. **Konfigurasi rantai terarah kearah tarikan**

Konfigurasi rantai mulai terlihat terarah kearah tarikan.

## 2.2 Bahan Komposit

Bahan komposit adalah bahan multi fasa terbuat dari dua atau lebih bahan campuran misalnya ; bahan logam dengan bahan keramik atau keramik dengan polimer dan lain sebagainya yang pencampurannya tidak terjadi reaksi secara kimia. Sifat bahan komposit tersebut merupakan paduan dari sifat-sifat bahan penyusunnya yang berbeda dari sifat aslinya.

Bahan komposit tersusun dari dua fasa yaitu matrik dan pengisi. Matrik adalah bahan dasar pembentuk bahan komposit yang mengikat pengisi dengan tidak terjadi ikatan secara kimia. Sedangkan bahan pengisi adalah bahan yang diisikan kepada matrik yang berfungsi menunjang sifat-sifat matrik. Dengan demikian sifat bahan komposit merupakan fungsi terhadap susunan pengisi yang meliputi konsentrasi, ukuran, bentuk, distribusi dan arah dari pengisi. Variasi geometri dan jumlah relatif pengisi ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Variasi geometri dan jumlah relatif pengisi  
 a. konsentrasi b. ukuran  
 c. bentuk d. penyebaran  
 e. arah (Flin, 1975)



### 2.2.1 Komposisi Kimia

Polimer terdiri dari molekul yang tersusun dari segmen yang berulang-ulang atau satuan yang disebut mer, yang tersusun melalui proses penggabungan yang disebut polimerisasi. Dua macam proses polimerisasi yaitu :

1. Polimerisasi kondensasi

Proses polimerisasi secara bertahap dari molekul-molekul dan masing-masing tahap reaksi menghasilkan molekul sederhana sebagai bahan tambahan. Biasanya hasil tambahan ini adalah molekul air atau molekul sederhana lainnya. Contohnya reaksi polimerisasi yang terjadi pada nylon.

2. Polimerisasi adisi

Proses polimerisasi melibatkan reaksi rantai, pembawa rantai pada polimerisasi ini berupa spesi reaktif yang mengandung satu elektron tak berpasangan yang disebut radikal bebas atau beberapa ion. Radikal bebas biasanya terbentuk dari penguraian zat yang tidak mantap yang disebut pemicu. Pemicu ini memicu reaksi rantai pada pembentukan polimer berupa penggabungan monomer-monomer membentuk polimer dengan massa polimer merupakan jumlah massa monomer pembentuknya (Cowd, 1991). Dalam polimerisasi adisi ini tidak terjadi hasil tambahan contoh pada reaksi polimerisasi yang terjadi pada polivinil klorida.

Karena penggunaan polimer tergantung pada sifat polimer, dan sifat polimer ditentukan oleh struktur polimer itu sendiri, maka sangat penting untuk mempelajari struktur polimer. Jenis bahan polimer berdasarkan konfigurasi atau susunan rantai penyusunnya dibedakan menjadi :

1. **Polimer linier**

Polimer jenis ini tersusun oleh rantai atom yang panjang tanpa mengalami gulungan dan lipatan, seperti ditunjukkan gambar 2.2.a

2. **Polimer bercabang**

Jenis ini tersusun oleh rantai atom linier yang mengalami percabangan, seperti ditunjukkan gambar 2.2.b

### 3. Polimer ikat silang (*polimer crosslinked*)

Untuk jenis ini molekul rantai yang satu berikatan dengan molekul rantai yang lainnya, seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.c. Ikat silang rantairantai molekul menghasilkan sebuah jaringan (*network*) dalam pola tiga dimensi. Ikat silang ini membuat polimer menjadi kuat dan kaku.

### 4. Polimer tangga (*polimer ladder*)

Jenis ini tersusun oleh dua atau lebih polimer linier yang berikatan secara teratur (berbentuk seperti tangga ) seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.d. Oleh karena susunan inilah polimer ladder lebih kuat daripada polimer linier.



Gambar 2.2 konfigurasi rantai penyusun polimer

a. Polimer linier,      b. Polimer bercabang,  
c. polimer ikat silang   d. polimer tangga. (Meares , 1965)

### 2.2.2 Rapat Massa Polimer

Dalam menentukan sifat suatu bahan polimer secara umum kerapatan selalu digunakan, karena kerapatan ini berhubungan dengan kualitas bahan dan daya guna yang diinginkan. Hubungan antara kerapatan dengan sifat-sifat polimer lainnya meliputi :



**1. Kerapatan dan kristalinitas**

Kenaikkan kerapatan akan mengakibatkan kenaikan kristalinitas, karena kerapatan merupakan indikasi pertama terhadap kristalinitas polimer.

**2. Kerapatan dan kekuatan tarik**

Secara umum sifat tarik berhubungan dengan kerapatan, terutama pada derajat kristalinitas.

**3. Kerapatan dan titik luluh**

Titik luluh akan naik dengan kenaikan kerapatan sehingga titik luluh ini tergantung pada derajat kristalinitas.

**4. Kerapatan dan perpanjangan (*elongation*)**

Secara umum, % perpanjangan pada titik patah menurun dengan kenaikan kerapatan.

**5. Kerapatan dan kekakuan (*modulus elastisitas*)**

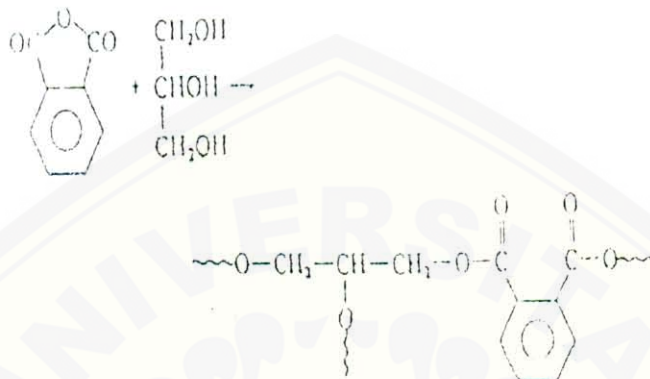
Pada pembuatan suatu bahan, kekakuan merupakan sifat yang dipertimbangkan, karena dalam keadaan leburan molekul mempunyai keteraturan yang acak. Bila pendinginan secara perlahan bahan menjadi keras sehingga diperoleh kerapatan dan derajat kekakuan yang tinggi, sedangkan untuk pendinginan cepat kekakuan akan menurun.

**2.3 Poliester Tak Jenuh (Poliester)**

Poliester ikat silang yang paling komersil adalah poliester yang terbuat dari *phythalic anhidrida* dan *glicerol*. Sedangkan untuk poliester yang linier jarang disintesa dengan cara reaksi langsung dari asam atau asam anhidrida dengan alkohol, karena temperatur yang tinggi membutuhkan konversi yang tinggi untuk menuju pada reaksi berikutnya, yang dapat mempengaruhi dalam berat molekul yang tinggi. Karena berupa resin cair dengan viscositas yang relatif tinggi, mengeras pada suhu kamar dengan menggunakan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset lainnya maka tak perlu diberi tekanan untuk pencetakan. Berdasarkan karakteristik ini bahan dikembangkan secara luas sebagai plastik penguat serat dengan menggunakan serat gelas.



Poliester ikat silang disintesa dengan esterfikasi langsung dari asam anhidrida dengan alkohol. Type poliester sederhana yang digambarkan pada gambar 2.3.

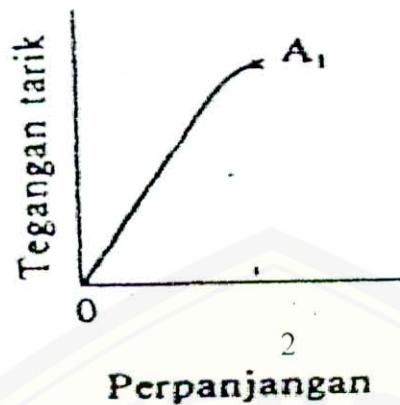


Gambar. 2.3 Type poliester sederhana. (Odion, 1991)

Untuk pengesetan panas, digunakan benzoil peroksida (BPO) sebagai katalis temperatur optimal adalah  $80^{\circ}$ – $130^{\circ}$  C. Sedangkan untuk pengesetan dingin yang digunakan sebagai katalis adalah metil etil keton peroksida (MEKPO) dan sebagai pemercepat digunakan kobalt naftenat. Katalis yang ditambahkan sekitar 1-2 % merupakan zat pengental dan anti pengerutan.

Menurut sifatnya ada banyak jenis poliester. Bila zat tersebut dimodifikasi menurut suatu cara sifat-sifatnya cukup bervariasi. Mengenai kekuatannya dibahas dalam bentuk komposit karena digunakan bersama-sama dengan serat gelas, sedangkan resinnya sendiri kaku dan rapuh. Dari aplikasi strukturalnya banyak yang meminta penambahan kekuatan dengan cara penguatan serabut (biasanya pada fiber glass) sisanya digunakan tanpa penguatan serabut tetapi dengan pengisi lain yang lebih murah untuk menurunkan biaya produksi.

Sifat mekanik poliester dilihat dari kelakuan mulurnya untuk bahan poliester ditunjukkan pada grafik 2.3. Garis  $OA_1$  menunjukkan, perpanjangan meningkat dari 0,5-2%. Pada saat patah menunjukkan hubungan lurus karena bersifat patah getas.



Grafik. 2.3 Kelakuan mulur dalam kurva tegangan regangan poliester  
(Saito et.al., 1984)

Sedangkan untuk sifat termalnya, karena banyak mengandung monomer stiren maka suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya adalah kira-kira  $110^{\circ}$ - $140^{\circ}$  C. Ketahanan dinginnya relatif cukup baik. Sifat listriknya lebih baik diantara resin termoset lainnya.

Mengenai ketahanan kimia, pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan dalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam) bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar UV bila dibiarkan diluar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun.

#### 2.4 Bahan Pengisi

Bahan pengisi adalah bahan yang banyak digunakan untuk ditambahkan pada bahan polimer untuk meningkatkan sifat-sifat dan kemampuan pemrosesan atau untuk mengurangi biaya produksi. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $Al_2O_3$  dan  $CaCO_3$ .



#### 2.4.1 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminium oksida)

Aluminium oksida merupakan jenis bahan keramik yang mempunyai sifat keras, kuat, dan stabil pada temperatur tinggi. Tetapi juga mempunyai sifat getas dan mudah patah seperti halnya pada porselen (VanVlack 1989). Bahan ini mempunyai massa jenis 3,8 g/cm<sup>3</sup>. Oksida aluminium putih ini terdapat dalam dua bentuk utama. Bentuk  $\alpha$ -alumina mantap ( t.l 2020° C) adalah kristal heksagonal atau rombus oksida. Aluminium putih ;  $\gamma$ . alumina beralih menjadi bentuk  $\alpha$  bila dipanaskan, dan merupakan padatan mikrokristal putih. Senyawa ini terdapat di alam sebagai korundum atau amplas dalam bentuk  $\alpha$ , dengan ion hidroksida dan ion aluminium menyusun kisi oktahedral dalam struktur kemas rapat heksagonal. Batu mulia merah dan nilam (safir) adalah aluminium oksida yang masing-masing diwarnai oleh sekelumit kromium dan kobalt. Sejumlah bentuk lain dari aluminium oksida telah diberikan ( $\beta$ -,  $\delta$ -, dan  $\gamma$ -alumina), tetapi senyawa tersebut mengandung logam alkali (Daintith, 1994).

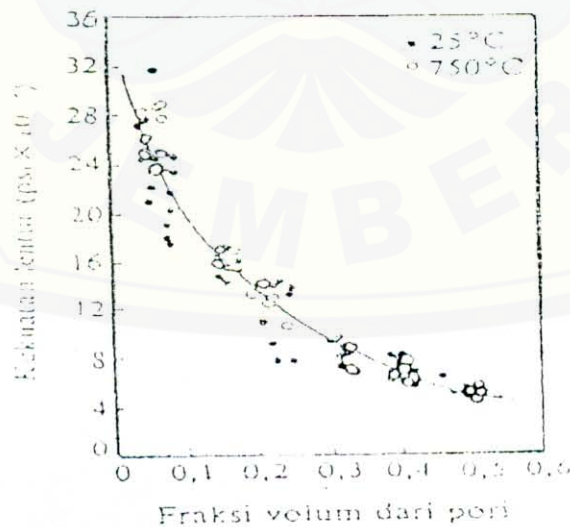
Aluminium oksida murni diperoleh melalui pelarutan bijih bauksit dalam larutan natrium hidroksida ; zat asing seperti besi oksida tetap tidak larut sebab sifatnya tidak amfoter. Oksida terhidrasi diendapkan dengan meletakkan inti kristal dari proses sebelumnya dan kemudian dibakar pada 1150-1200°C untuk menghasilkan  $\alpha$ -alumina atau pada 500-800 °C menghasilkan  $\gamma$ -alumina. Ikatan pada aluminium hidrolisa tidak murni ionik sebab ada pengutuban pada ion oksida. Walaupun senyawa ini diharapkan bersifat amfoter,  $\alpha$ -alumina bersifat asam lemah, larut dalam alkali menghasilkan larutan yang mengandung ion aluminat, tahan terhadap serangan asam. Sebaliknya  $\gamma$ -alumina bersifat khas amfoter, larut dalam asam menghasilkan garam aluminium, dan dalam basa menghasilkan aluminat.  $\alpha$ -aluminat adalah salah satu bahan terkeras (silicon karbida dan intan lebih keras ) dan banyak digunakan sebagai ampelas alami (korundum) dan digunakan dalam semen yang digunakan pada suhu tinggi. Pada tabel 2.1 dapat dilihat kekuatan tarik dan modulus young dari beberapa bahan keramik pada temperatur kamar.



Tabel 2.1 Harga pendekatan kekuatan tarik dan modulus young bahan keramik (Saito et al, 1984)

Bahan	Kekuatan tarik (MN/ m <sup>2</sup> )	Modulus Young (GN/m <sup>2</sup> )
Alumina kristal tunggal	2000	460
Alumina disinter	270-1070	380
Beyllia disinter	140-280	320
Magnena disinter	110	220
Karbida silikon	540	490
Gelas silika	110	75
Gelas pyrex	70	72

Faktor yang mempengaruhi kekuatan alumina adalah pada volum, bentuk dari pori, ukuran dan bentuk butir, sehingga kekuatan alumina sensitif terhadap struktur alumina. Dari grafik 2.4 dapat dilihat hubungan kekuatan dan struktur alumina.



Grafik. 2.4 Hubungan kekuatan dan struktur alumina. (Saito. et al., 1984)

#### 2.4.2 $\text{CaCO}_3$ (kalsium karbonat)

$\text{CaCO}_3$  berupa padatan putih yang hanya sedikit larut dalam air.  $\text{CaCO}_3$  terurai bila dipanaskan menghasilkan kalsium oksida (kapur tohor) dan karbon dioksida (t.l  $520^\circ\text{C}$  dan t.d  $825^\circ\text{C}$ ) Senyawa ini dijumpai di alam sebagai mineral kalsit dan alonit (Daintith, 1994). Batuan yang mengandung kalsium karbonat larut perlahan-lahan dalam air hujan asam (mengandung  $\text{CO}_2$  terlarut). Di laboratorium, kalsium karbonat diendapkan dari air kapur dengan karbon dioksida. Kalsium karbonat digunakan dalam pembuatan kapur (kalsium oksida) dan merupakan bahan mentah untuk proses solvay (metode industri untuk membuat natrium karbonat dari kalsium karbonat dan natrium klorida).



### BAB-III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material Fakultas MIPA Universitas Jember dan Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, pada periode Januari 2003 sampai Juni 2003.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Alat cetak bahan,
- b. Beaker glass,
- c. Pengaduk,
- d. Mikrometer,
- e. Penggaris,
- f. Mesin uji TM 113 UNIVERSAL 30 KN,
- g. Piknometer,
- h. Neraca ohaus,
- i. angka sorong.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Poliester

Bahan ini berbentuk resin cair (gel) , mengeras pada suhu kamar dengan menggunakan katalis.

2. Katalis

Katalis yang digunakan adalah MEKPO (metil etil keton peroksida). Bahan ini digunakan dengan cara menambahkan 1-2 % pada seluruh campuran bahan.



3. Bahan Pengisi

- $\text{CaCO}_3$  (kalsium karbonat)

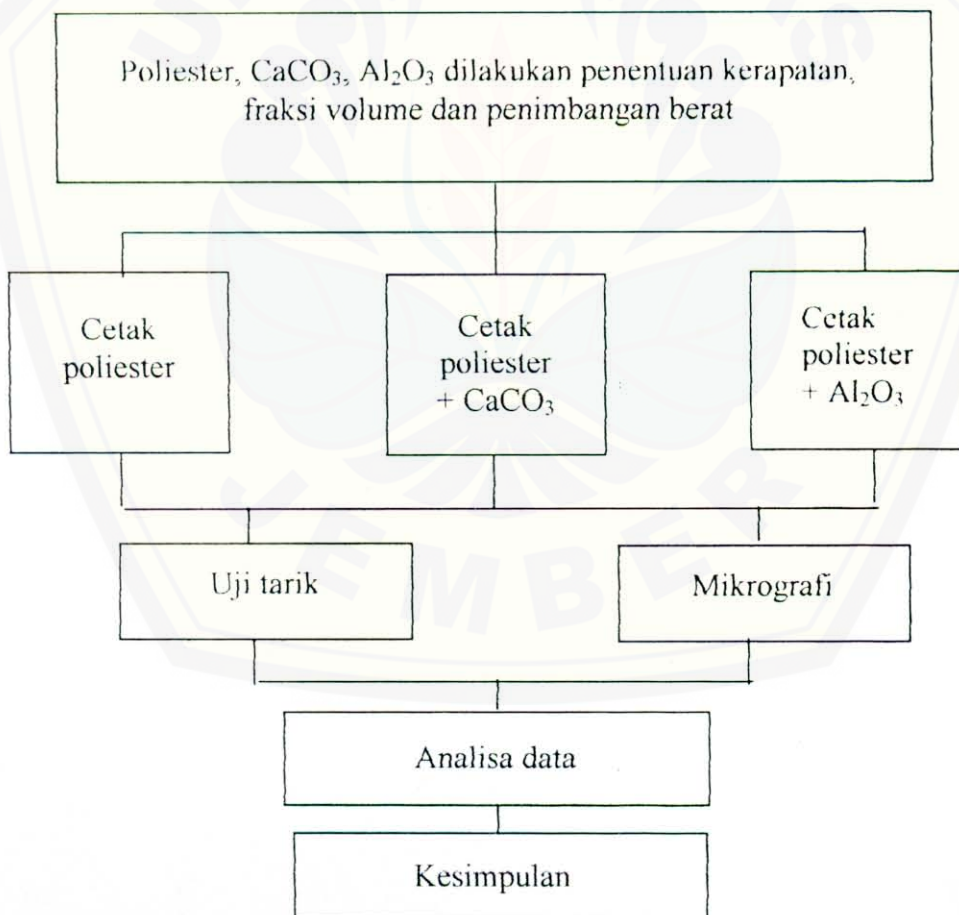
Bahan ini berbentuk serbuk putih dan terurai bila dipanaskan

- $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alumina)

Bahan ini berbentuk butiran dan mempunyai sifat keras, kuat dan stabil pada temperatur tinggi.

**3.3 Prosedur Penelitian**

Proses pengujian bahan pada penelitian ini mempunyai beberapa tahapan. Tahapan yang akan dikerjakan dalam penelitian dan beberapa kegiatan yang dikerjakan dalam proses karakterisasi ditampilkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Prosedur penelitian

### 3.4 Proses Penimbangan

#### 3.4.1 Menentukan Rapat Massa

Untuk menentukan rapat massa bahan digunakan piknometer. Massa cuplikan ( $m_s$ ) diberikan dengan persamaan :

$$m_s = m_2 - m_1 \quad (3.1)$$

dengan :  $m_1$  = massa piknometer kosong

$m_2$  = massa piknometer dan cuplikan

Massa cairan yang dikandung dalam piknometer ( $m_L$ ) ini adalah :

$$m_L = m_3 - m_2 \quad (3.2)$$

dengan :  $m_3$  = massa piknometer, cairan dan cuplikan

Jika kerapatan cairan dinotasikan  $\rho_L$ , maka dengan mengikuti persamaan (3.2), volume cairan dinyatakan dengan persamaan :

$$V_s = V - V_L = \frac{\rho_L V + m_2 - m_3}{\rho_L} \quad (3.3)$$

dengan :  $V$  = volume total piknometer

$V_L$  = volume cairan yang terdapat dalam piknometer

Dari persamaan (3.1) dan (3.3) didapatkan persamaan :

$$\rho = \frac{m_s}{V_s} = \frac{\rho_L (m_2 - m_1)}{\rho_L V + m_2 - m_3} \quad (3.4)$$

#### 3.4.2 Penentuan fraksi volume

Volume total dinyatakan dengan :

$$V_t = V_1 + V_2 \quad (3.5)$$

Fraaksi volumenya dinyatakan dengan :

$$V_f \% = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% \quad (3.6)$$

dengan  $V_1$  = volume total

$V_1$  = volume bahan utama

$V_f$  = volume yang diinginkan

### 3.4.3 Penentuan Massa

Massa bahan ditentukan dengan persamaan :

$$m = \rho \cdot V_f \quad (3.7)$$

dengan  $m$  = massa bahan yang dicari

$\rho$  = kerapatan bahan yang telah dicari

## 3.5 Proses Pembuatan Bahan Uji

### 3.5.1 Komposisi Bahan

Tabel 3.1 Komposisi bahan penelitian

Bahan	Komposisi					
Policster	100%	95%	90%	85%	80%	75%
Bahan pengisi $Al_2O_3$ atau $CaCO_3$	0%	5%	10%	15%	20%	25%

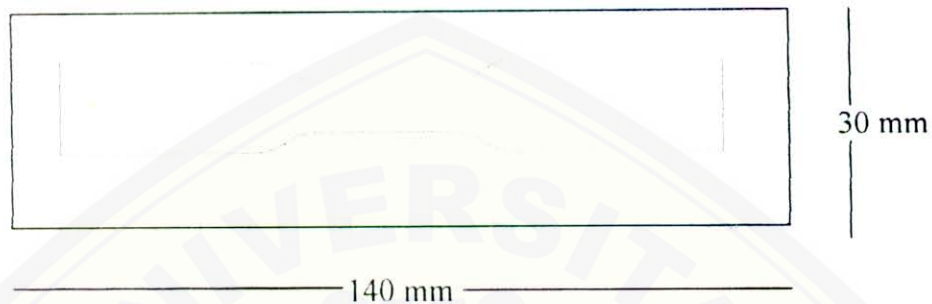
### 3.5.2 Pembuatan alat Cetak

Untuk membuat bahan uji terlebih dahulu dibuat alat cetak yang berbentuk seperti gambar. Susunan alat cetak tersebut adalah sebagai berikut :

1. Cetakan terbuat dari kayu yang sudah dibentuk bagian dalamnya seperti bahan uji dan mempunyai ukuran panjang 140 mm, lebar 30 mm dan tebal 8 mm.



2. Bagian dalam cetakan diberi mika, supaya bahan tidak menempel pada cetakan sehingga mudah dilepas.
3. Pada bagian bawah dan atas cetakan ditutup dengan kaca agar bahan tidak keluar cetakan. Susunan alat cetak dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Alat cetak bahan uji

### 3.5.3 Pencetakan Lempeng Uji

Lempeng uji dibuat dengan cara pengesetan dingin ditempatkan dalam cetakan. Cara pembuatannya diuraikan di bawah ini :

1. Mempersiapkan cetakan dan melapisinya dengan mika.
2. Menyiapkan bahan poliester yang diberi bahan pengisi  $\text{CaCO}_3$  atau  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan MEKPO sesuai dengan perbandingan volumenya. Volume bahan pengisi yang dicampurkan pada poliester ditimbang dulu sesuai dengan volume yang ditambahkan pada poliester (pada tabel 3.1). Setelah itu mencampur bahan sesuai dengan perbandingan volumenya.
3. Mencampur bahan yang sudah ditimbang dengan perbandingan tertentu kedalam beaker glass, untuk poliester dan filler pengadukan selama 15 menit. Sedangkan pada saat penambahan MEKPO, pengadukan dilakukan selama 1 menit dengan mengusahakan percampurannya mencapai suatu keadaan yang homogen.
4. Memasukkan bahan yang sudah dicampur kedalam cetakan dan dibiarkan pada suhu kamar membeku selama 24 jam sampai mengeras kemudian bahan dikeluarkan dari cetakan.

3.54 Ukuran dan Bentuk Bahan Uji

Untuk pengujian tarik, lempeng uji yang dibentuk harus sesuai standar ASTM D 638 tipe IV. Ukuran bahan uji seperti terlihat pada tabel 3.2 dan bentuk bahan uji seperti gambar 3.2.

Tabel 3.2 Ukuran Bahan Uji  
(American Society for Testing and Material Vol 08-01)

Notasi	Ukuran (mm)	Toleransi
T = tebal bahan uji	3	-
W = lebar pada bagian yang sempit	6	$\pm 0,5$
L = panjang pada bagian yang sempit	33	$\pm 0,5$
Wo = lebar bahan uji	19	$\pm 6$
Lo = panjang bahan uji	115	-
G = panjang batas pengukuran untuk bahan uji	25	$\pm 0,13$
R = jari-jari bagian dalam	14	$\pm 1$
Ro = jari-jari bagian luar	25	$\pm 1$
D = jarak antar penjepit	64	$\pm 5$



Gambar 3.2 Bentuk bahan uji  
(American Society for Testing and Material 08-01)

### 3.6 Uji Tarik

#### 3.6.1 Peralatan Uji Tarik

Dalam penelitian ini mesin yang digunakan adalah mesin uji TM 113 UNIVERSAL 30 KN. Mesin ini merupakan salah satu mesin uji tarik yang dapat digunakan untuk menguji material yang dapat dipakai untuk menguji tarik, kompresi, gunting dan lain sebagainya. Tampilan –tampilan penting dari mesin ini adalah :

1. Stop kontak (jack) hidrolik dengan kapasitas 50 KN.
2. Dua kolom paten dari kotak baja yang dimampatkan.
3. Dua kolom yang dapat diubah-ubah dari kotak baja padat yang terletak pada *bull bushing* dimana letaknya berbeda dengan kolom paten.
4. Kotak padat yang saling bersilangan sumbunya.
5. Indikator beban digital dengan sensor tekanan, konversi dari tekanan akan memberi beban pada pegangan stop kontak (jack) yang berdiameter 32 mm.
6. Tombol meteran untuk memindahkan pengukuran dengan sensor menjadi pengukuran digital/ indikator sebagai pilihan. Perlengkapan pilihannya terdiri dari :
  - a. Dua sekrup untuk uji tarik dengan sampel bahan.
  - b. Dua pelat dan gulungan persampel.
  - c. Alat tambahan untuk uji gunting dengan sample bahan.
  - d. Perlengkapan untuk uji kekokohan brinell, 10 mm berbentuk bola dengan sekop pembesar dan sampel bahan.

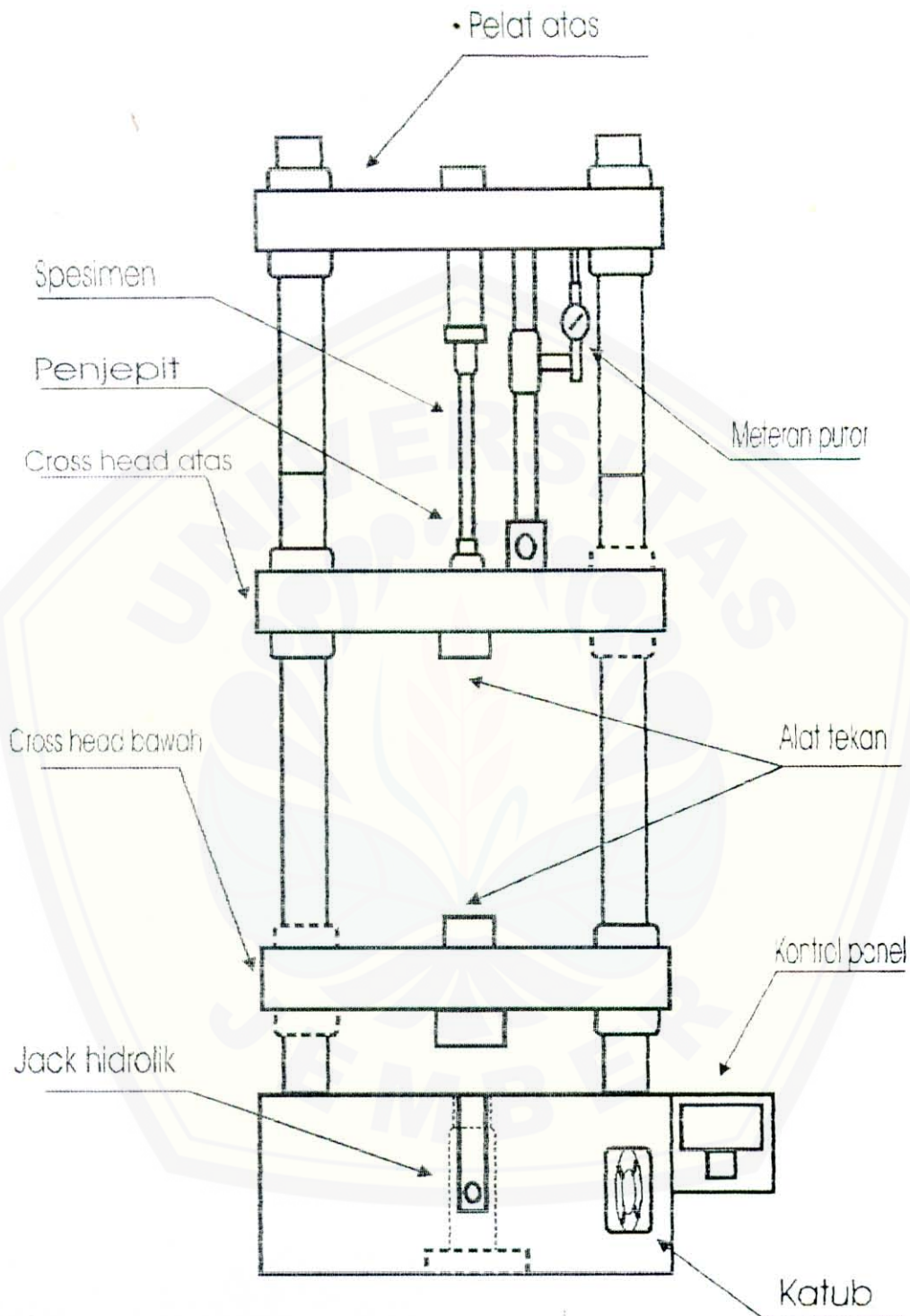
#### 3.6.2 Pelaksanaan Pengujian tarik

Pelaksanaan pengujian tarik bahan uji dengan menggunakan mesin uji TM 113 UNIVERSAL 30 KN, Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3. Peralatan lain yang digunakan dalam pengujian ini adalah jangka sorong dengan ketelitian 0,01 cm. Untuk mengukur panjang, dan lebar bahan uji. Langkah- langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mengukur panjang, lebar dan tebal bahan uji.



2. Menandai beberapa daerah seperti yang tercantum pada tabel 3.2.
3. Mengeset skala pembebanan dan mengatur unit penggerak. Meletakkan transduser pada kolom baja yang bergerak sebagai pengganti meteran yang terletak pada sumbu yang bersilangan.
4. Meletakkan bahan uji pada kedua penjepit (*chuck*) dan menguncinya dengan cara mengulir.
5. Beban digunakan stop kontak (arah naik turun) ketika mesin sedang bekerja, amati indikator pembebanan.
6. Kalibrasi pembebanan, sehingga indikator pembebanan menunjukkan angka nol.
7. Secara perlahan gunakan beban dan catat baik beban maupun pemanjangan setiap 0,25 mm, sehingga beban meningkat pada tampilan lembar data.
8. Uji sampai bahan uji patah dan matikan mesin
9. Melepas bahan uji dari kedua penjepit.
10. Mengulangi pengujian pada bahan uji berikutnya.



Gambar 3.3 Mesin Uji TM 113 UNIVERSAL 30 KN  
(Manual Book TM113 Universal Testing Machine)

### 3.7 Mikrografi Bahan Uji

Pengamatan mikrografi bahan uji bertujuan untuk mengetahui kualitas permukaan bahan uji yang merupakan hasil percampuran bahan poliester dengan bahan pengisi. Karakterisasi bahan uji dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Mikroskop ini mempunyai dua lensa. Satu lensa obyektif terdapat dekat benda (obyek yang diamati) dan satu lensa okuler yaitu yang dekat dengan mata.

Lensa-lensa tersebut mempunyai perbesaran yang berbeda. Lensa obyektif biasanya terletak pada roda berputar yang disebut gagang putar yang dapat digerakkan ke tempat yang diinginkan untuk dilihat perbesarannya.

Daya total perbesaran mikroskop dapat ditentukan dengan mengalikan daya perbesaran lensa obyektif dengan daya perbesaran lensa okuler. Bahan uji diletakkan pada mikroskop sebagai preparat, dengan perbesaran 40 kali mikrografi dari permukaan bahan uji. Hasil perbesaran bahan uji dapat terlihat pada layar monitor yang kemudian dihubungkan di komputer untuk direkam.





## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Semakin bertambahnya prosentase volume bahan pengisi yang dicampurkan pada poliester yaitu  $Al_2O_3$ , membuat bahan menjadi lebih kaku dengan harga modulus elastisitasnya mencapai  $366,66 \text{ MN/m}^2$ .
2. Sedangkan penambahan prosentase volume bahan pengisi  $CaCO_3$  pada poliester justru merapuhkan bahan tersebut.
3. Kekuatan tarik dan tegangan luluh ( $\sigma_Y$ ) / titik luluh ( $Y$ ) tertinggi masih dimiliki oleh poliester tanpa bahan pengisi.
4. Mikrografi menggunakan mikroskop optik memperlihatkan partikel  $Al_2O_3$  lebih mampat dibanding serbuk  $CaCO_3$ .

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang ditambahkan adalah :

1. Pencetakan bahan harus benar-benar sesuai standart teknik yang diinginkan.
2. Perlu dilakukan pengujian mekanik lain agar didapatkan informasi lebih lengkap.
3. Apabila menginginkan bahan poliester yang mempunyai keuletan dan murah, maka perlu dicoba dengan menambahkan bahan pengisi berupa serat-serat alami seperti serat dari serabut kelapa atau serabut pinang.

**DAFTAR PUSTAKA**

- American Society for Testing and Materials, *Annual Book off ASTM Standards*, Section 8, Plastics, Vol 08-01, Plastics (I)
- Billmeyer F.W. Jr., 1984, *Texbook of Polymer Science*, John Wiley and Sons. Inc
- Cowd M.A., 1991, *Kimia Polimer*, ITB, Bandung
- Daintith J., 1994, *Kamus Lengkap Kimia*, Erlangga, Jakarta
- Flin R.A., 1975, *Engginering Materials and Their Applications*, Houghan Mifflin Company
- Gancheva T.S., Kolarova M.N., Marinova A. T., 1993, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol 28, 433,448, John Wiley & Sons
- Manual Book, *TM 113 Universal 30 KN*
- Meares P., 1965, *Polimer Structure and Bulk Properties*, D. Van Nurstand Company
- Odion G., 1991, *Principles of Polymerization*, Courier Company, New York
- Sulistianty E., 1991, *Pengaruh Bahan Pengisi CaCO<sub>3</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Polietilen Pada Pengujian Tarik*
- Saito S., Terjemahan Surdia T., 1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta
- Sopyan L., 2001, *Kimia Polimer*, Pradnya Paramita, Jakarta
- Van Vlack L.H., 1989, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta

Lampiran 1.

Tabel 1. poliester 100%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	8,00	0,43	4,22	0,25	0,01	26,68
2	15,66	0,85	8,34	0,50	0,02	
3	20,00	1,07	10,50	0,75	0,03	
4	22,33	1,21	11,87	1,00	0,04	
5	24,33	1,32	12,94	1,25	0,05	
6	28,66	1,55	15,20	1,50	0,06	
7	32,00	1,73	16,97	1,75	0,07	
8	35,66	1,93	18,93	2,00	0,08	
9	38,66	2,09	20,50	2,25	0,09	
10	41,66	2,25	22,07	2,50	0,10	
11	43,00	2,32	22,76	2,75	0,11	
12	44,66	2,41	23,64	3,00	0,12	
13	46,00	2,48	24,36	3,25	0,13	
14	48,33	2,61	25,60	3,50	0,14	
15	49,33	2,66	26,09	3,75	0,15	
16	50,33	2,72	26,68	4,00	0,16	
17						
18						



Lampiran 2.

Tabel 1. Poliester + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	12,00	0,65	6,38	0,25	0,01	17,92
2	17,33	0,93	9,12	0,50	0,02	
3	18,00	0,97	9,51	0,75	0,03	
4	20,00	1,08	10,59	1,00	0,04	
5	21,00	1,13	11,08	1,25	0,05	
6	22,00	1,18	11,57	1,50	0,06	
7	23,33	1,26	12,36	1,75	0,07	
8	24,33	1,31	12,85	2,00	0,08	
9	26,33	1,42	13,93	2,25	0,09	
10	28,00	1,51	14,81	2,50	0,10	
11	30,00	1,62	15,89	2,75	0,11	
12	32,00	1,72	16,77	3,00	0,12	
13	34,00	1,83	17,92	3,25	0,13	
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 2. Poliester + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	13,00	0,70	6,87	0,25	0,01	16,77
2	16,66	0,90	8,83	0,50	0,02	
3	18,33	0,99	9,80	0,75	0,03	
4	19,00	1,03	10,10	1,00	0,04	
5	20,00	1,08	10,59	1,25	0,05	
6	22,00	1,19	11,57	1,50	0,06	
7	23,33	1,26	12,36	1,75	0,07	
8	25,00	1,35	13,24	2,00	0,08	
9	27,66	1,49	14,62	2,25	0,09	
10	29,00	1,57	15,40	2,50	0,10	
11	31,66	1,71	16,77	2,75	0,11	
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 3. Poliester + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	14,00	0,75	7,36	0,25	0,01	15,01
2	16,33	0,88	8,63	0,50	0,02	
3	18,00	0,97	9,91	0,75	0,03	
4	19,66	1,06	10,39	1,00	0,04	
5	22,33	1,20	11,77	1,25	0,05	
6	23,00	1,24	12,16	1,50	0,06	
7	24,66	1,30	12,95	1,75	0,07	
8	25,66	1,38	13,45	2,00	0,08	
9	26,66	1,44	14,03	2,25	0,09	
10	28,33	1,53	15,01	2,50	0,10	
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 4. Poliester + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 20%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	14,33	0,77	7,55	0,25	0,01	14,32
2	16,00	0,86	8,53	0,50	0,02	
3	17,66	0,95	9,32	0,75	0,03	
4	21,33	1,15	11,28	1,00	0,04	
5	22,66	1,22	11,97	1,25	0,05	
6	24,00	1,29	12,65	1,50	0,06	
7	24,33	1,32	12,95	1,75	0,07	
8	25,00	1,35	13,34	2,00	0,08	
9	27,00	1,46	14,32	2,25	0,09	
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 5. Poliester + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 25%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_{11}/ \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	14,66	0,79	7,75	0,25	0,01	14,12
2	16,00	0,86	8,43	0,50	0,02	
3	17,00	0,92	9,00	0,75	0,03	
4	21,00	1,13	11,08	1,00	0,04	
5	23,00	1,24	12,16	1,25	0,05	
6	24,33	1,31	12,85	1,50	0,06	
7	25,66	1,39	13,64	1,75	0,07	
8	26,66	1,44	14,12	2,00	0,08	
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						



Lampiran 3

Tabel 1. Poliester + CaCO<sub>3</sub> 5%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	3,00	0,16	1,56	0,25	0,01	15,49
2	7,00	0,37	3,63	0,50	0,02	
3	9,00	0,49	4,80	0,75	0,03	
4	12,00	0,65	6,38	1,00	0,04	
5	14,33	0,77	7,55	1,25	0,05	
6	18,00	0,97	9,51	1,50	0,06	
7	20,00	1,08	10,59	1,75	0,07	
8	22,66	1,22	11,97	2,00	0,08	
9	25,00	1,35	13,24	2,25	0,09	
10	26,66	1,44	14,12	2,50	0,10	
11	28,00	1,51	14,81	2,75	0,11	
12	29,33	1,58	15,49	3,00	0,12	
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 2 Poliester + CaCO<sub>3</sub> 10%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	3,33	0,18	1,76	0,25	0,01	10,39
2	7,33	0,38	3,82	0,50	0,02	
3	8,66	0,46	4,51	0,75	0,03	
4	10,00	0,54	5,29	1,00	0,04	
5	13,33	0,72	7,06	1,25	0,05	
6	14,00	0,70	7,36	1,50	0,06	
7	15,00	0,81	7,94	1,75	0,07	
8	15,66	0,85	8,26	2,00	0,08	
9	17,66	0,95	9,31	2,25	0,09	
10	19,66	1,06	10,39	2,50	0,10	
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 3. Poliester + CaCO<sub>3</sub> 15%

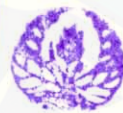
No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L$ (mm)	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / UTS$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	4,00	0,21	2,06	0,25	0,01	9,74
2	7,33	0,40	3,92	0,50	0,02	
3	8,66	0,47	4,61	0,75	0,03	
4	12,00	0,65	6,37	1,00	0,04	
5	12,66	0,68	6,67	1,25	0,05	
6	15,66	0,84	8,24	1,50	0,06	
7	17,66	0,95	9,31	1,75	0,07	
8	18,33	0,99	9,74	2,00	0,08	
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 4. Poliester + CaCO<sub>3</sub> 20%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L$ (mm)	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / UTS$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	4,00	0,21	2,08	0,25	0,01	9,53
2	7,33	0,40	3,92	0,50	0,02	
3	9,66	0,52	5,10	0,75	0,03	
4	11,33	0,60	5,96	1,00	0,04	
5	15,66	0,85	8,34	1,25	0,05	
6	17,33	0,93	9,12	1,50	0,06	
7	18,00	0,97	9,53	1,75	0,07	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Tabel 5. Poliester + CaCO<sub>3</sub> 25%

No	P (Kgf)	$\sigma = P/A_0$		$\Delta L(\text{mm})$	$\epsilon = \Delta l/l_0$	$\sigma_u / \text{UTS}$ MN/m <sup>2</sup>
		Kgf/mm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>			
1	4,33	0,25	2,45	0,25	0,01	9,02
2	7,00	0,37	3,63	0,50	0,02	
3	9,56	0,52	5,10	0,75	0,03	
4	14,33	0,77	7,55	1,00	0,04	
5	16,00	0,87	8,53	1,25	0,05	
6	17,00	0,92	9,02	1,50	0,06	
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						



Milik UPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER