

**PENGARUH VARIASI PROSENTASE VOLUME SERAT  
PADA SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT  
(RESIN ARINDO 3210 DAN SERAT E-GLASS KONTINYU)**

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat sarjana S-1



Diajukan Oleh :

**Thomas Adhitya Bayu Lazuardi**

**NIM : 995214007**

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANATA DHARMA  
YOGYAKARTA**

**2007**

**THE EFFECT OF PERCENTAGE VARIATION OF FIBER  
VOLUME IN PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES  
COMPOSITES  
(ARINDO 3210 AND E-GLASS FIBER CONTINOUS)**

**FINAL PROJECT**

Presented as Partial Fulfillment of The Requirements  
To Obtain The Sarjana Teknik Degree  
In Mechanical Engineering



By :

**Thomas Adhitya Bayu Lazuardi**

**Student Number : 995214007**

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
ENGINEERING FACULTY  
SANATA DHARMA UNIVERSITY  
YOGYAKARTA**

**2007**

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH VARIASI PROSENTASE VOLUME SERAT PADA SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT (RESIN ARINDO 3210 DAN SERAT E-GLASS KONTINYU)

Disusun oleh:

Nama : Thomas Adhitya Bayu Lazuardi

NIM : 995214007

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Doddy Purwadianto, S. T., M. T.

Tanggal : 13 Januari 2007

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH VARIASI PROSENTASE VOLUME SERAT PADA SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT (RESIN ARINDO 3210 DAN SERAT E-GLASS KONTINYU)

Dipersiapkan dan ditulis oleh:

Nama : Thomas Adhitya Bayu Lazuardi

NIM : 995214007

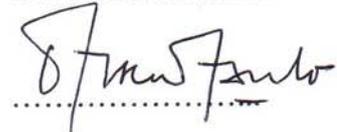
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 13 Januari 2007  
dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua : Ir. Rines Alapan, M.T.

Sekretaris : Wibowo Kusbandono, S.T., M. T.

Anggota : Doddy Purwadianto, S. T., M.T.



Yogyakarta, 13 Januari 2007

Fakultas Teknik,

Universitas Sanata Dharma Yogyakarta,

Dekan



Ir. Greg. Heliarko, S.I., SS., B.ST., MA., M.Sc.

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Januari 2007

Thomas Adhitya Bayu Lazuardi

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kasih atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan untuk dapat mencapai gelar kesarjanaan di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa pihak atas bantuan, bimbingan serta nasehat-nasehat yang telah diberikan. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada :

1. Romo Dr. Ir. P. Wiryono Priyotamtama, SJ., Rektor Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
2. Romo Ir. Greg. Heliarko, SJ., SS., B.ST., MM., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma.
3. Bapak Ir. Yosef Agung Cahyanta, M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
4. Bapak D. Doddy Purwadianto, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
5. Bapak I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T., Dosen dan Kepala Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma.
6. Mas Martono, Mas Intan, dan Mas ronny, Laboran Ilmu Logam Tenik Mesin.
7. Keluarga besar Stephanus Singgih Suryoprawiro, terima kasih atas segala yang telah saya terima selama ini.

Dalam penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini belum sempurna, penulis mengharapkan komentar atau saran membangun agar tulisan ini lebih sempurna. Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat berguna dan digunakan dengan baik.

Yogyakarta, Januari 2007

Penulis

## **INTISARI**

Komposit dalam pengertiannya adalah penggabungan dua macam bahan yang memiliki fase berbeda. Yaitu gabungan antara matriks atau pengikat (Resin Arindo 3210). Dengan bahan penguat dalam hal ini adalah serat gelas E.

Penelitian diawali dengan pembuatan benda uji matriks sesuai dengan standar uji tarik ASTM D 638. Kemudian pembuatan benda uji komposit dengan variasi volume serat mulai dari 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% sesuai dengan standar uji tarik ASTM D 3039. Setiap pengujian tarik pada masing-masing variasi volume serat dilakukan lima kali pengujian. Langkah berikutnya adalah membuat benda uji untuk pengujian tarik serat. Setelah semua pengujian tarik selesai didapatkan data-data berupa nilai uji tarik dan print out yang berupa grafik tegangan dan regangan untuk setiap benda uji.

Pada pengamatan terhadap hasil uji tarik terdapat kemiripan pada semua bentuk patahan benda uji komposit dan dilihat dari grafiknya merupakan patah getas. Pengujian benda uji sampai dengan variasi volume serat 30% didapatkan kekuatan tarik komposit semakin tinggi atau meningkat. Elongation sampai dengan pengujian serat dengan komposisi 30% mempunyai kecenderungan naik.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
TITLE PAGE .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
DAFTAR DEWAN PENGUJI .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
INTISARI .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Pendekatan dan Pemecahan Masalah .....	3
BAB II DASAR TEORI .....	5
2.1. Bahan Komposit .....	5
2.2. GFRP ( <i>Glass Fiber Reinforced Plastic</i> ).....	6
2.2.1. Serat Gelas.....	8
2.2.2. Matrik .....	12
2.2.3. Bahan Tambahan .....	21

2.3. Fase Ikatan (Bonding Phase) .....	22
2.4. Mekanika Komposit.....	22
2.5. Modus Kegagalan Laminat.....	23
2.5.1. Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Longitudinal.....	24
2.5.2. Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Transversal.....	26
2.5.3. Modus Kegagalan Internal Mikroskopis.....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1. Skema Jalan Penelitian .....	29
3.2. Persiapan Pembuatan Benda Uji.....	30
3.2.1. Alat dan Bahan .....	30
3.2.2. Pembuatan Cetakan .....	31
3.3. Menghitung Komposisi Serat, Matrik, Katalis.....	33
3.4. Pembuatan Benda Uji .....	36
3.4.1. Pembuatan Benda uji Komposit .....	36
3.4.2. Pembuatan Benda Uji Matriks.....	38
3.4.3. Pembuatan Benda Uji Serat .....	39
3.5. Standard dan Ukuran Benda Uji .....	39
3.5.1. Benba Uji Komposit .....	39
3.5.2. Benda Uji Matriks .....	40
3.5.3. Benda Uji Serat .....	40
3.6. Pengujian Tarik.....	41
3.6.1. Pengujian Tarik Komposit.....	41
3.6.2. Pengujian Tarik Matriks.....	42

3.6.3. Pengujian Tarik Serat .....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	43
4.1. Hasil Pengujian Tarik Serat .....	43
4.2. Hasil Pengujian Tarik Matriks .....	45
4.3. Hasil Pengujian Tarik Komposit.....	48
4.4. Model Kerusakan Komposit .....	53
4.5. Analisa Kerusakan Pada Komposit.....	54
BAB V KESIMPULAN.....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	62
LAMPIRAN.....	63

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Grafik kekuatan tarik komposit dan komponen penyusunnya .....	7
Gambar 2.1.	Diagram klasifikasi komposit serat .....	8
Gambar 2.2	Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal .....	25
Gambar 2.3	Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik transversal.....	26
Gambar 3.1.	Skema jalan penelitian.....	29
Gambar 3.2.	Dimensi dari cetakan benda uji komposit .....	32
Gambar 3.3.	Dimensi dari cetakan benda uji matriks pengikat .....	33
Gambar 3.4.	Rangkaian kesejajaran serat dalam cetakan komposit .....	37
Gambar 3.5.	Dimensi benda uji tarik komposit.....	39
Gambar 3.6.	Dimensi benda uji tarik matrik.....	40
Gambar 3.7.	Dimensi benda uji tarik serat.....	41
Gambar 4.1.	Keterangan dari tabel 4.2.....	46
Gambar 4.2.	Foto benda uji matriks pengikat .....	47
Gambar 4.3.	Foto bentuk patahan matrik.....	48
Gambar 4.4.	Keterangan tabel 4.4.....	49
Gambar 4.5.	Grafik hubungan kekuatan tarik dengan volume serat.....	51
Gambar 4.6.	Grafik hubungan <i>elongation</i> dengan volume serat.....	52
Gambar 4.7.	Penampang melintang serat gelas-E dan resin .....	53
Gambar 4.8.	Penampang komposit mula-mula .....	55
Gambar 4.9.	Kerusakan <i>debonding</i> pada komposit.....	55

Gambar 4.10. Retak mikro pada matriks.....	56
Gambar 4.11. <i>Void</i> pada komposit.....	56
Gambar 4.12. Foto makro bentuk patahan komposit pada volume serat 10 %.....	56
Gambar 4.13. Foto makro bentuk patahan komposit pada volume serat 15 %.....	57
Gambar 4.14. Foto makro bentuk patahan komposit pada volume serat 20 %.....	57
Gambar 4.15. Foto makro bentuk patahan komposit pada volume serat 25 %.....	57
Gambar 4.16. Foto makro bentuk patahan komposit pada volume serat 30 %.....	58
Gambar 4.17. Foto mikro retsk melintang pada komposit.....	58
Gambar 4.18. Foto mikro serat.....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Ukuran haasil cetakan komposit .....	32
Table 3.2. Ukuran haasil cetakan matrik.....	32
Tabel 4.1. Sifat mekanik serat gelas .....	44
Tabel 4.2. Ukuran lebar dan tebal matriks pengikat .....	46
Tabel 4.3. Sifat mekanik matriks pengikat .....	47
Tabel 4.4. Ukuran lebar dan tebal komposit .....	49
Tabel 4.5. Kekuatan komposit terhadap variasi volume serat .....	50
Tabel 4.6. Harga rata-rata kekuatan tarik komposit.....	51
Tabel 4.7. Harga rata-rata <i>elongation</i> ( $\epsilon$ ) komposit .....	52

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Teknologi bahan komposit pada era ini semakin banyak yang mengembangkannya. Bahkan tidak menutup kemungkinan penggunaan bahan komposit akan melebihi penggunaan bahan industri lainnya. Industri-industri mulai menggunakan bahan komposit sebagai bahan baru untuk perakitan bagian dari mobil, pesawat udara maupun alat-alat lainnya. Contoh - contoh yang dekat dengan kita adalah pipa air, helm, bak kamar mandi, dan lain – lain. Karena itu bahan komposit ini perlu untuk dipelajari dan dikembangkan.

Komposit dalam pengertiannya adalah penggabungan dua bahan atau lebih yang memiliki fase berbeda, yaitu gabungan antara bahan *matriks* atau pengikat dan *reinforcement* atau bahan penguat dalam hal ini serat gelas E. Pada bahan komposit, sifat-sifat unsur pembentuknya masih terlihat jelas, sedang pada paduan sudah tidak terlihat secara nyata. Keunggulan dari bahan komposit ini adalah penggabungan sifat-sifat unggul masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Keunggulan bahan komposit bila dibandingkan dengan bahan logam lainnya ( Robert, J. M., 1975 ) :

- a. Komposit dapat dirancang dengan kekuatan dan kekakuan tinggi, dapat memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi atau bahkan beberapa kali lipat dibandingkan dengan baja dan aluminium.
- b. Komposit mempunyai berat yang lebih ringan daripada logam, sehingga benda – benda yang terbuat dari bahan komposit akan lebih ringan dengan tidak mengecualikan kekuatannya.
- c. Komposit dapat dirancang terhindar dari korosi, hal ini sangat menguntungkan pada pemakaian sebagai elemen-elemen tertentu pada kendaraan bermotor.
- d. Kemampuan menghantarkan panas dan listrik yang dapat diatur.
- e. Kemampuan redam bunyi yang baik.
- f. Bahan komposit dapat memberikan penampilan (*appearance*) dan kehalusan permukaan lebih baik.

## **1.2. Permasalahan**

Komposit serat adalah sebuah material yang sangat dipengaruhi oleh sifat dan jenis dari bahan yang menjadi penyusunnya, dalam hal ini khususnya serat sebagai

komponen penguat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit.

Pada penulisan tugas akhir ini batasan masalah yang diteliti yaitu bagaimana cara pembuatan bahan komposit secara efisien dan bagaimanakah pengaruh variasi volume serat pada bahan komposit yang diuji tarik terutama menyangkut kekuatan dan model - model kerusakan pada bahan komposit.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai setelah melakukan penelitian adalah :

Mengetahui bagaimanakah pengaruh variasi prosentase volume serat pada bahan komposit dengan melakukan pengujian komposit sampai dengan variasi volume serat 30 %. Dan dapat diketahui pula sifat fisis dan mekanis melalui data-data pengujian tarik dan foto mikro serta makro

### **1.4. Pendekatan dan Pemecahan Masalah**

Komposit yang akan diteliti adalah komposit serat kontinu dari bahan serat gelas-E dan matrik pengikatnya berupa resin *Arindo 3210* serta menggunakan katalis *mepoxe*. Sedangkan variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi perbedaan volume serat.

Dalam penelitian komposit serat gelas poliester ini akan dilakukan beberapa pengujian tarik dengan beberapa macam benda uji untuk mengetahui sifat-sifat dari bahan penyusun komposit dan bahan komposit itu sendiri. Pengujian yang dilakukan antara lain :

a. Pengujian tarik serat penguat.

Untuk mengetahui kekuatan tarik serat penguat.

b. Pengujian tarik matriks pengikat.

Untuk mengetahui kekuatan tarik matriks pengikat, maka pengujian menggunakan standart uji ASTM D 638.

c. Pengujian tarik komposit.

Untuk mengetahui kekuatan tarik komposit, maka pengujian menggunakan standart pengujian ASTM D 3039

Dalam bab-bab selanjutnya akan diuraikan mengenai komposit berpenguat serat gelas-E, macam – macam serat lainnya, matriks pengikat, bahan-bahan tambahan dan cara pembuatan bahan komposit, proses pengujian mekanik pada bahan komposit. Dan pada bab terakhir akan diberikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Bahan Komposit**

Seperti yang kita ketahui, komposit adalah penggabungan dua macam bahan yang memiliki fase yang berbeda. Harapan dari penggabungan kedua bahan tersebut agar didapatkan suatu bahan baru yang sifatnya lebih baik dari bahan penyusunnya. Penggabungan kedua unsur tersebut dicampur secara makroskopis. Berbeda dengan bahan paduan atau *alloy*, yang penggabungan kedua unsurnya dilakukan secara mikroskopis. Pada bahan komposit sifat – sifat dari unsur pembentuknya masih terlihat jelas, sedangkan pada paduan sudah tidak terlihat secara nyata. Bahan komposit dibedakan menjadi :

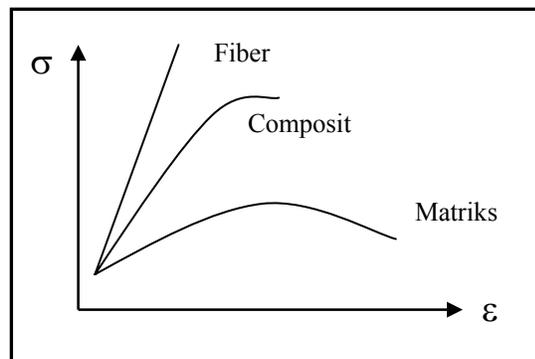
1. Komposit tradisional, merupakan komposit yang tersusun dari bahan – bahan alam. Contoh : kayu, beton ( campuran semen dengan pasir)
2. Komposit sintetis, bahan sintetis adalah bahan modern yang diproduksi dengan industri manufaktur. Unsur penyusunnya diproduksi secara terpisah, kemudian digabungkan dengan tehnik tertentu agar mendapat struktur, sifat, dan geometri yang diinginkan.

## 2.2. (GFRP) Glass Fiber Reinforced Plastics

GFRP adalah komposit plastik yang diperkuat oleh serat gelas ( umumnya disebut *fiber glass*). Idenya adalah dari gaya atau beban yang didukung oleh serat gelas yang kuat dan kaku. Sedangkan plastiknya bertugas mentransfer gaya dari satu serat ke serat lainnya. Bahan GFRP ini mulai diperkenalkan pertama kali di Amerika Serikat pada tahun 1941 sebagai bahan komposit berbasis plastik yang berpenguat serat gelas E. Dan ternyata sampai sekarang aplikasi GFRP masih sangat banyak digunakan. Dan menjadi salah satu pilihan bahan teknik yang utama.

Unsur utama dalam bahan komposit ini adalah serat (fiber) sebagai bahan penguat, dan matriks sebagai bahan pengikat serat. Seratlah yang bisa menahan sebagian besar gaya – gaya yang bekerja dalam bahan komposit. Sedangkan matriks bekerja sebagai pelindung serat agar dapat bekerja dengan baik. Komposit serat merupakan perpaduan antara serat sebagai komponen penguat dan matriks sebagai komponen pengikat serat. Serat biasanya mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih besar daripada matriks. Pada saat serat dan matriks dipadukan untuk menghasilkan komposit, kedua komponen tersebut tetap mempertahankan sifat-sifat yang dimilikinya dan secara langsung akan berpengaruh terhadap sifat komposit yang dihasilkan.

Secara khusus dapat dikatakan bahwa harga kekuatan maupun kekakuan komposit terletak diantara kekakuan dan kekuatan serat dan matriks yang digunakan. Dalam artian bahwa kemampuan komposit terdapat diantara kemampuan serat dan matrik pengikatnya serta memiliki sifat-sifat dari bahan yang menjadi penyusunnya.



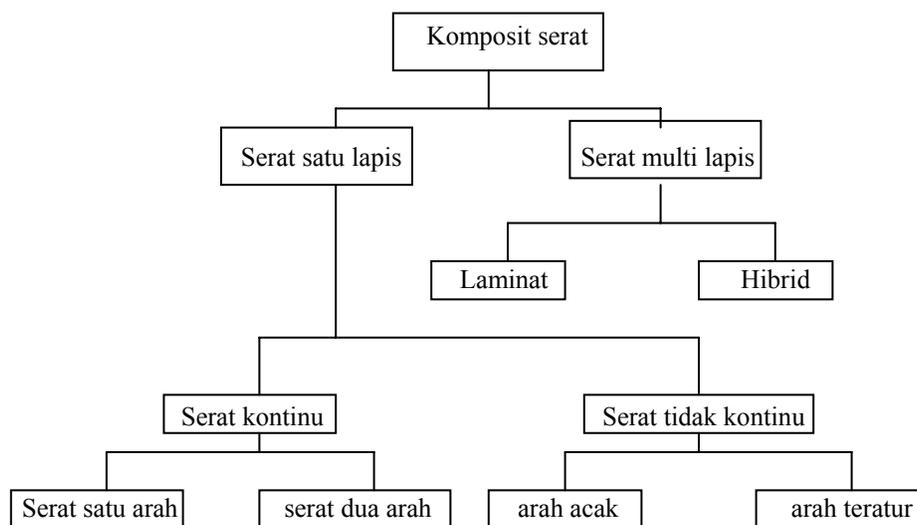
**Gambar 2.1. Grafik kekuatan tarik komposit dan komponen penyusunnya ( Murphy, J., 1994 )**

Bahan komposit ini sering diaplikasikan sebagai komponen penunjang dalam produktivitas industri kimia, industri pengolahan kertas, pengolahan air minum dan air limbah, industri makanan dan masih banyak aplikasi yang ditemukan dalam bidang-bidang lain. Dalam industri yang membutuhkan bahan anti korosi, material ini dijumpai dalam bentuk-bentuk seperti tangki air dan pipa-pipa saluran.

### 2.2.1. Serat Gelas

Besarnya serat akan menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya – gaya luar. Semakin panjang ukuran serat maka semakin efisien pula dalam menahan gaya dalam arah serat. Serat yang panjang juga dapat mencegah terjadinya retakan yang mungkin timbul di sepanjang batas pertemuan antar serat dan matriks.

Oleh karena itu serat kontinu sangat kuat dan liat dibandingkan dengan serat tidak kontinu ( Hadi, B.K., 2000 ). klasifikasi bahan komposit serat yang umum dikenal ditunjukkan pada gambar 2.1. dibawah ini.



**Gambar 2.2. Diagram klasifikasi komposit serat ( Hadi, B.K., 2000 )**

Serat gelas merupakan bahan serat anorganik sintetis yang paling banyak digunakan dalam komposit polimer. Bentuk umum dari serat gelas ini adalah helaian yang merupakan gabungan dari filamen – filamen paralel. Serat gelas mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, harga murah, isolator listrik yang baik, tidak mudah terbakar, dan tahan korosi. Oleh karena itu serat gelas sangat aplikatif apabila dicampur dengan polimer matrik komposit. Ada dua macam serat gelas yang paling banyak digunakan, yaitu serat gelas E (*electrical*) dan serat gelas S (*high strength*).

Yang paling umum digunakan dalam serat kontinu adalah serat gelas E. Macam – macam serat gelas dibedakan menjadi :

a. Serat gelas A

Serat ini mempunyai kandungan alkali yang tinggi, tidak banyak dipakai dalam proses produksi.

b. Serat gelas C

Serat ini mempunyai sifat anti korosi yang lebih baik daripada serat gelas E, tetapi kekuatannya lebih kecil dari serat gelas E, dan harganya lebih mahal.

c. Serat gelas D

Serat ini mempunyai karakteristik dielektrik yang baik, sehingga banyak digunakan dalam produksi pembuatan peralatan elektronika.

d. Serat gelas E

Serat ini mempunyai kekuatan tarik dan tekan serta geser yang baik. Juga merupakan penghantar listrik yang baik. Komposisi dari serat gelas E adalah kalsium, alumunium hidroksida, Borosilikat, pasir silika, dan kandungan alkali yang rendah.

e. Serat gelas R dan S

Serat ini mempunyai komposisi yang berbeda, tetapi kedua serat ini merupakan bahan penguat dengan kemampuan tinggi. Aplikasi dari bahan ini yaitu pada pesawat terbang.

Orientasi serat sangat berpengaruh dalam menentukan kekuatan suatu bahan komposit, secara umum penyusunan serat pada komposit dapat dibedakan sebagai berikut :

a. *Unidirectional* :

Serat disusun secara searah paralel satu sama lain, sehingga didapat kekakuan dan kekuatan maksimal pada arah serat. Sedangkan kekuatan paling kecil ada pada arah tegak lurus serat.

b. *Bidirectional* :

Serat disusun secara tegak lurus satu sama lain (*ortogonal*). Pada susunan ini kekuatan tertinggi terdapat pada arah pemasangan serat.

c. *Pseudoisotropic* :

Penyusunan serat dilakukan secara acak, sifat dari susunan ini adalah isotropik yaitu kekuatan pada satu titik pengujian mempunyai kekuatan yang sama.

Jika dilihat dari bentuk, serat penguat mempunyai penampang melingkar dan bentuk lain misalnya bujur sangkar. Kekuatan serat dapat juga dilihat dari diameter serat, perbandingan antara panjang dan diameter serat haruslah cukup besar. Hal ini dianjurkan agar tegangan geser yang terjadi di permukaan antara serat dan matrik kecil. Berdasarkan komposisi serat yang digunakan sebagai bahan penguat, komposit dibedakan atas :

a. Serat organik

Yaitu serat yang berasal dari bahan alam, misalnya wol, sutera, kapas, dan rami.

b. Serat anorganik

Yaitu serat yang dibuat dari bahan – bahan anorganik, misalnya gelas dan serat karbon.

### **2.2.2. Matrik**

Matrik mempunyai fungsi utama yaitu sebagai pemegang serat agar serat tidak bergeser, pelindung filamen terhadap keausan, kimia panas, goresan. Fungsi yang lainnya adalah mendistribusikan tegangan antara serat, untuk melindungi permukaan serat dari abrasi mekanik atau kerusakan eksternal. Pada umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Matrik komposit dapat menggunakan polimer termoplastik ataupun polimer termoset.

Matrik mempunyai peranan yang kecil dalam kaitannya dengan tegangan tarik, tetapi punya peranan lebih dalam hubungannya dengan struktur komposit. Bagaimanapun juga pemilihan matrik menjadi faktor utama dalam regangan pada lapisan dalam komposit maupun pada lapisan luar komposit. Regangan pada lapisan

dalam komposit penting dalam rancangan struktur komposit yang berkaitan dengan muatan tegangan bengkok, sedangkan tegangan pada lapisan luar komposit penting untuk memperhitungkan muatan torsi.

Klasifikasi bahan komposit yang didasarkan pada phase matrik adalah :

1. Komposit matrik polimer ( Polymer Matrix Composite, PMC) :

Komposit menggunakan polimer sebagai matrik dan menggunakan reinforcing agent dapat berupa fiber, partikel dan flake. Matriknya dapat berupa resin thermosetting epoxy dan poliester dengan reinforcing agent berupa fiber, Phenolic dengan serbuk kayu, bahan elastomer dengan grafit. Dalam perdagangan dikenal tiga kategori komposit sintetik yaitu :

- a. plastic molding compound
- b. rubber reinforced dengan karbon hitam
- c. fiber reinforced polymer

Fiber reinforced polymer : polimer yang digunakan dapat berupa plastik thermosetting (unsaturated polyester atau epoxy) dan polimer thermoplastic (nilon, polycarbonate, polyvinyl chloride). Komposit ini banyak digunakan pada ban (tyre) dan ban berjalan (belt conveyor). Sebagai fiber dapat dipilih : glass, karbon, kevlar 49. komposit ini punya kandungan fiber yang cukup besar ( $\geq 50\%$ )

volume) dan memiliki tegangan serta modulus elastisitas yang tinggi. Bila dua bahan fiber atau lebih dikombinasikan dalam komposit ini, maka disebut komposit hybrid. Dibandingkan dengan komposit lainnya, komposit ini mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih baik, ketangguhan (toughness) dan tahanan terhadap beban kejut meningkat dan lebih ringan.

Sejumlah keuntungan dari bahan teknik ini adalah :

- a. tegangan spesifik cukup tinggi
- b. modulus spesifik cukup tinggi
- c. kerapatan rendah
- d. memiliki tegangan fatik yang baik
- e. memiliki tahanan korosi yang baik
- f. koefisien dilatasi rendah, sehingga punya stabilitas ukuran yang baik

Matrik polimer adalah yang paling luas dalam penggunaannya.

Polimer dibedakan atas :

a. Thermoset

Resin ini banyak digunakan dalam industri komposit karena sifat reaktifnya. Resin akan memadat bila dipanaskan pada tekanan tertentu dan tidak dapat dilelehkan kembali atau dicetak lagi. Resin dapat bercampur dengan fiber menjadi bentuk yang kompleks dan mempunyai kekuatan tinggi. Contoh dari resin thermoset adalah resin poliester dan epoxy.

Karakteristik resin thermoset :

- a. tidak mengalami perubahan kimia saat curing
- b. proses irreversible
- c. viskositas curing lebih lama

Resin yang dipakai dalam pembuatan komposit ini adalah resin Arindo 3210, yang termasuk dalam resin poliester.

b. Thermoplastik

Resin ini akan melunak bila dipanaskan dan akan menjadi keras bila didinginkan, resin termoplastik pada industri pesawat terbang banyak digunakan pada bagian interior dan komponen struktural. Resin termoplastik mempunyai temperatur tinggi yaitu antara 250 F sampai

dengan 400 F tergantung pada sistem., temperatur leleh resin tinggi dan temperatur proses yang tinggi.

Karakteristik resin termoplastik :

1. tidak bereaksi, tidak memerlukan curing
2. waktu proses dapat pendek
3. viskositas tinggi

Kemampuan suatu resin pada komposit sangat kompleks karena harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. memberikan shear ridity antara fiber dengan plie
2. mendistribusikan beban diantara fiber
3. dengan fiber mampu menahan beban tensile, compressive bending dan shear

Resin juga berfungsi sebagai media pelindung untuk mengatasi fiber abrasion dan moisture penetration. Sebagai tambahan resin juga harus mampu deformasi, karena konsentrasi regangan akibat modulus yang tinggi dari reinforcement dan modulus yang rendah dari resin.

Sifat material komposit sangat dipengaruhi oleh komposisi dari matrik resin yang mengikat fiber, karena formula resin yang dipilih sangat menentukan siklus curing dan akan mempengaruhi sifat – sifat seperti creep, compressive shear strength, thermal resistance.

Beberapa keuntungan dari resin termoplastik dibandingkan dengan resin termoset :

1. sifat toughness dan impact lebih baik
2. lebih tahan terhadap panas dan senyawa kimia
3. biaya pembuatan lebih rendah
4. lebih tahan pada keadaan lembab

Pengertian resin menurut tahapannya dibagi dalam tiga bagian yaitu :

a. Resol

Yaitu tahap mula – mula pada reaksi polimerisasi resin thermosetting dimana material resin tersebut masih dapat larut dan dapat bercampur dengan cairan tertentu.

b. Resitol

Merupakan tahapan pada reaksi resin polimerisasi resin thermosetting, dimana material resin akan mengembang (swollen) apabila ada kontak dengan cairan tertentu dan akan melunak apabila dipanaskan, tetapi tidak seluruhnya larut atau bercampur. Resin yang berada pada uncured prepeg atau sebelum dicampur biasanya ada dalam tahap ini.

c. Resit

Merupakan tahap akhir pada polimerisasi resin thermosetting tertentu, dimana material resin relatif tidak larut dan tidak dapat mencair lagi.

2. Komposit matrik logam (Metal Matrix Composite, MMC)

Logam yang dipakai sebagai matrik biasanya dari yang berjenis ringan, misalnya :

- a. aluminium dan paduannya
- b. titanium dan paduannya
- c. magnesium dan paduannya

Temperatur operasi untuk matrik logam dapat mencapai 1250 C.

Keunggulan lain dari matrik logam adalah :

- a. kekuatannya lebih tinggi dari polimer
- b. kekakuannya lebih tinggi dari polimer
- c. keuletannya lebih tinggi dari polimer

Kekurangannya yaitu : densitas lebih tinggi

Reinforcing agent pada komposit matrik logam dapat berupa :

- a. partikel keramik
- b. fiber yang terdiri dari logam, keramik, boron, karbon

Cermet merupakan salah satu tipe paling umum dari komposit matrik logam.

Cermet merupakan salah satu bahan komposit matrik logam dengan reinforcing agent berupa keramik.

Cermet dapat dibedakan atas :

- a. cermented carbides :

bahan ini berisi satu atau lebih karbida dalam matrik logamnya, beberapa karbida diantaranya adalah :

- karbida wolfram (WC)
- karbida titanium (TiC)
- karbida krom ( $Cr_3C_2$ )
- karbida tantalum (TaC)

karbida ini banyak digunakan sebagai noasel turbin gas, dudukan katup, tabung proteksi pada termokopel.

b. oxide based cermets

bahan ini banyak digunakan sebagai cutting tools, seal mekanis dan pelindung termokopel. Sebagai matrik digunakan chromium (Cr), jenis yang paling umum digunakan adalah alumina  $Al_2O_3$  dan MgO.

3. Komposit matrik keramik (Ceramic Matrix composite, CMC)

Keramik mempunyai sifat yang cukup menarik seperti kekakuan, kekerasan (pada suhu rendah dan tinggi), kekuatan tekan yang tinggi serta kerapatan yang rendah.

Bahan ini juga memiliki beberapa kelemahan antara lain: ketangguhan dan tegangan tarik rendah, serta mudah terbentuk retak pada suhu tertentu. Untuk reinforcing agent dapat menggunakan oksida aluminium, karbida silikon dan

fiber. Sebagai matrik dapat digunakan : nitride boron (BN), karbida silikon (SiC), karbida titanium (TiC).

### 2.2.3. Bahan - bahan tambahan

Dalam pemakaian resin polyester, untuk mendapatkan hasil sebagai matriks pengikat harus melalui proses *curing*. Kemampuan proses *curing* ini dapat dipercepat dengan mereaksikan resin polyester bersama katalis (sebagai perioksida organik) dan komponen *accelerator*. Proses *curing* dapat dilakukan pada suhu kamar dengan cara mereaksikan perosida organik. Pemakaian katalis yang berlebih akan menimbulkan panas saat curing dan hal ini bisa merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan sebagai proses *curing* dalam pembuatan *GFRP* berasal dari *organic peroxide* seperti *methyl ethyl ketone peroxide* dan *Acetyl acetone peroxide*. Katalis yang bereaksi dengan resin menimbulkan panas. Pada saat proses *curing* penambahan katalisnya adalah 1 % dari volume total komposit.

Untuk menghindari lengketnya produk dengan cetakan saat pembuatan komposit, maka harus diadakan proses pelapisan terhadap cetakan dengan menggunakan *release agent*. Dalam pembuatan benda uji penulis memakai *release agent* berupa MAA (produk pengkilap lantai, berbentuk pasta), dapat juga memakai oli atau vaslin.

### 2.3. Fase ikatan (*Bonding phase*)

Kemampuan ikatan antara fiber dan matriks dapat ditingkatkan dengan memberikan aplikasi perlakuan permukaan yang disebut dengan *coupling agent*, yang meningkatkan sifat adhesi antara matriks dan fiber. *Coupling agent* diterapkan pada serat sebagai perlakuan secara kimiawi dalam bentuk *sizing* ( perlakuan permukaan ketika serat sedang dibentuk ) dan *finishing* ( perlakuan yang diterapkan setelah serat diproduksi dalam bentuk benang atau *woven fabric* ). Proses *finishing* juga dapat melindungi dan mencegah kerusakan akibat gesekan antar serat sebelum dibuat menjadi struktur komposit.

### 2.4. Mekanika komposit

Sifat mekanik bahan komposit berbeda dengan bahan teknik konvensional lainnya. Tidak seperti bahan teknik lainnya yang pada umumnya bersifat homogen dan isotropik, komposit bersifat heterogen dan anisotropik dimana sifat pada arah yang lain. Sifat heterogen bahan komposit terjadi karena bahan komposit tersusun atas dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat-sifat mekanik yang berbeda sehingga analisis mekanik komposit berbeda dengan bahan teknik konvensional. Sifat mekanik bahan komposit merupakan fungsi dari :

- a. Sifat mekanik komponen penyusunnya

b. Geometri susunan masing-masing komponen

c. Penggabungan antar komponen

Mekanika komposit dapat dianalisa dari dua sudut pandang yaitu dengan analisa mikromekanik bahan komposit dengan memperhatikan sifat-sifat mekanik bahan penyusunnya, hubungan anatara komponen penyusun tersebut dan sifat-sifat akhir dari komposit yang dihasilkan. Sedangkan analisis makromekanik memperlihatkan sifat-sifat bahan komposit secara umum tanpa memperhatikan sifat maupun hubungan antara komponen penyusunnya ( Robert, J. M., 1975 ). Jika komposit laminat diambil sebagai komponen dasar analisis bahan komposit, analisis makro mekanik dari laminat dapat diambil dari tegangan rata-rata, regangan rata-rata, maupun sifat mekanik rata-rata dari bahan homogen yang ekuivalen.

## **2.5. Modulus kegagalan laminat**

Secara umum ada tiga macam pembebanan yang menyebabkan suatu bahan komposit rusak, yaitu pembebanan tarik baik dalam arah longitudinal maupun transversal, serta geser.

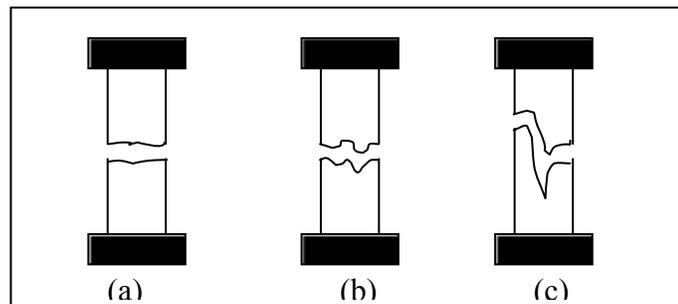
### 2.5.1. Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Longitudinal

Pada bahan komposit laminat yang diberi beban tarik searah serat, kegagalan bermula dari serat-serat yang patah pada penampang terlemah. Bila beban semakin membesar, akan semakin banyak pula serat yang patah. Jadi pada kebanyakan kasus, serat tidak patah sekaligus pada saat yang bersamaan. Variasi kerusakan serat secara kumulatif berdasarkan percobaan, serat patah pada beban yang relatif kecil, kurang dari 50 % beban maksimum. Pada mulanya, ketika jumlah serat yang patah sedikit matriks masih mampu mengulangi lagi hal tersebut dengan mendistribusikan gaya ke sekitar atau ke serat lainnya.

Bila serat yang patah semakin banyak, maka ada tiga kemungkinan ( Hadi, B.K., 2000 ) :

- a. Bila matriks mampu menahan gaya geser dan meneruskan ke serat sekitar, maka serat yang patah akan semakin banyak sehingga timbul retakan. Bahan komposit akan patah getas ( *brittle failure* ) seperti tampak pada Gambar 2.2.a.
- b. Bila matriks tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul diujung serat dapat terlepas dari matriks ( *debonding* ) dan komposit rusak searah serat seperti tampak pada Gambar 2.2.b

- c. Kombinasi dari kedua tipe diatas pada kasus ini patah serat yang terjadi disembarang tempat disertai dengan kerusakan matriks. Modus kerusakan berwujud seperti sikat ( *brush type* ) seperti terlihat pada Gambar 2.2.c



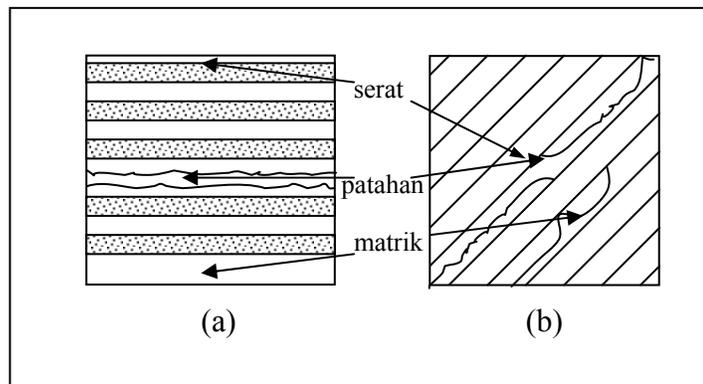
**Gambar 2.3. Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal**

Modus kegagalan diatas dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kekuatan serat dan matriks, maupun fraksi volume serat dan matriks. Bila fraksi volume serat pada bahan komposit mengecil, modus patahan yang terjadi kebanyakan bertipe getas. Suatu percobaan dengan bahan komposit serat gelas ( *fiber glass* ) menunjukkan bahwa bila fraksi volume serat,  $V_f < 0,40$ , modus kegagalan yang terjadi bertipe getas. Pada fraksi volume menengah,  $0,40 < V_f < 0,65$ , modus yang terjadi adalah patah getas dan debonding, sedang  $V_f > 0,65$ , menunjukkan patah getas, *debonding*, serat tercabut dari matriks atau bahkan matriks rusak akibat gaya geser. Ini akan terjadi bila kandungan *void* (gelembung udara) pada bahan tersebut diabaikan.

### 2.5.2. Modus Kegagalan Akibat beban Tarik Transversal

Serat yang tegak lurus arah pembebanan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada interface antara serat dan matriks dan pada matriks itu sendiri karena itu bahan komposit yang mendapat beban transversal akan gagal pada interface antar serat dan matriks meskipun kadang-kadang terjadi juga kegagalan transversal pada serat bila arah serat sangat acak dan lemah dalam arah transversal. Dengan demikian modus kegagalan akibat beban tarik transversal terjadi karena ( Hadi, B.K., 2000 ) :

- a. Kegagalan tarik matriks
- b. *Debonding* pada *interface* antara serat dan matriks.



**Gambar 2.4. Kegagalan pada komposit akibat beban tarik transversal**

### 2.5.3. Modus Kegagalan Internal Mikroskopik

Suatu bahan dikatakan gagal bila struktur tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik. Dengan demikian definisi kegagalan berbeda menurut kebutuhan yang berlainan. Untuk penerapan struktur tertentu, deformasi yang kecil barangkali sudah dianggap gagal, sedang pada struktur yang lain hanya kerusakan total dapat dianggap gagal.

Hal ini sangat terlihat pada bahan komposit. Pada bahan ini, kerusakan internal mikroskopik (yang tidak dapat diamati oleh mata) dapat jauh terjadi sebelum kerusakan nyata terlihat. Kerusakan internal mikroskopik ini terjadi dalam beberapa bentuk seperti :

1. Patah pada serat (*fiber breaking*)
2. Retak mikro pada matriks (*matriks micro crack*)
3. Terkelupasnya serat dari matriks (*debonding*)
4. Terpisahny lamina satu dengan yang lain (*delamination*)

Foto mikrograf menunjukkan jenis-jenis kerusakan internal mikroskopik tersebut. Kerusakan ini sama sekali tidak dapat diamati dengan mata telanjang dan

baru dapat terlihat mata bila kerusakan cukup besar ditempat yang sama. Karena itu pada kondisi sebenarnya sangat sulit untuk menentukan kapan suatu bahan komposit dikatakan rusak atau gagal.

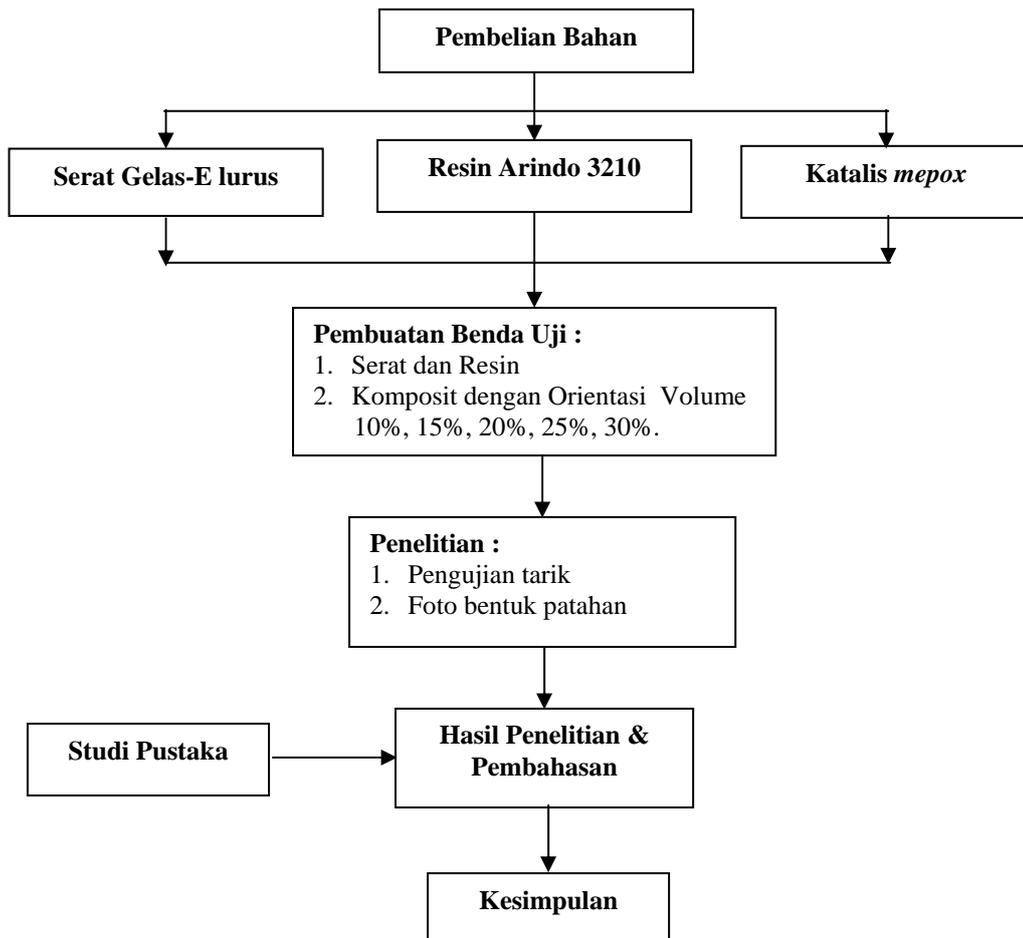
Karena rumitnya masalah tersebut pada kebanyakan kasus struktur, bahan komposit dikatakan gagal bila bahan tersebut telah rusak total ketika mendapat beban tertentu atau kurva tegangan-regangan yang ditunjukkan tidak lagi linier. Dan ini berlaku baik untuk lapisan tunggal ( lamina ) maupun laminat ( Hadi, B.K., 2000 ).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Skema jalan penelitian

Untuk memperjelas jalannya alur penelitian maka dibuat skema jalannya penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. berikut :



Gambar 3.1. Skema Jalan Penelitian

## 3.2. Persiapan pembuatan benda uji

### 3.2.1. Alat dan bahan

Dalam pembuatan benda uji menggunakan bahan sebagai berikut :

- a. serat : serat gelas E lurus (sering disebut serat tali / lurus)
- b. resin : Arindo 3210 (sering disebut resin butek)
- c. katalis : mepox
- d. *release agent* : MAA (pengkilap lantai berbentuk pasta)

Alat – alat yang digunakan untuk mendukung proses pencetakan sampai dengan *finishing* adalah :

- a. Alat pemotong (gergaji, pisau, gunting)
- b. Alat untuk mengukur berat serat yang diperlukan (timbangan digital)
- c. Alat untuk mengaduk dan tempat campuran resin dengan katalis sebelum dituang pada cetakan (stik pengaduk, kaleng)
- d. Alat untuk meratakan resin dan menghilangkan gelembung udara yang terdapat pada resin (*scraber*, potongan penggaris)
- e. Alat untuk mengukur banyaknya resin yang dibutuhkan (gelas ukur)

f. Alat untuk bahan cetakan (kaca dan karton)

Untuk menghasilkan cetakan sebesar  $25 \times 10 \times 0,3$  cm, dibutuhkan beberapa kaca dengan ukuran :

1.  $300 \times 150 \times 3$  mm : 2 lembar
2.  $350 \times 25 \times 3$  mm : 2 lembar

selain kaca diperlukan kertas karton dengan tebal 1,5 mm. Guna kertas karton tersebut untuk menjepit susunan serat lurus yang telah tertata agar kencang dan tidak pindah – pindah pada saat dicetak. Ukuran kertas karton yang dibutuhkan  $100 \times 25 \times 1,5$  mm, sebanyak 4 lembar.

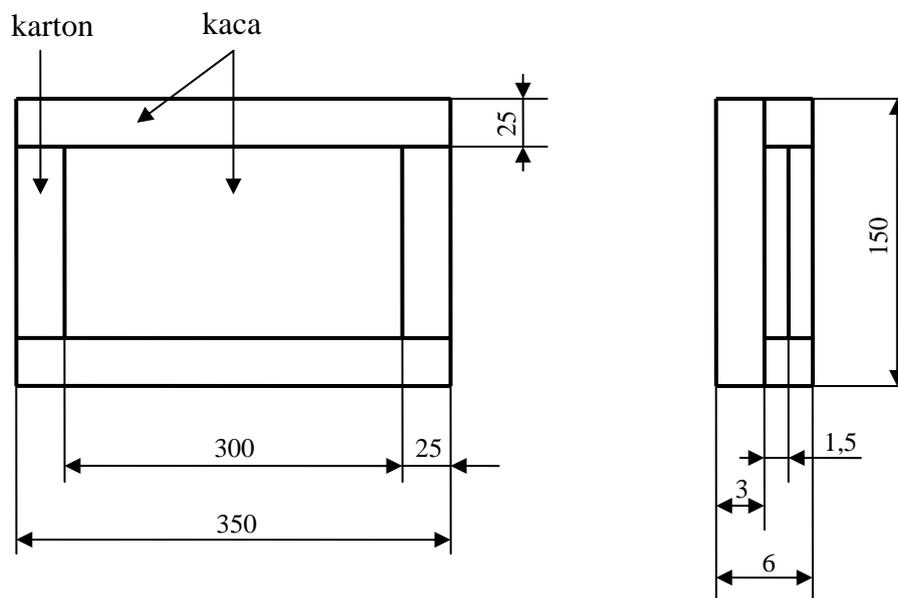
### **3.2.2. Pembuatan cetakan**

Untuk membuat bahan komposit ini, dibutuhkan dua buah cetakan yaitu untuk cetakan benda komposit dan cetakan untuk benda matrik pengikat. yang nantinya bentuk dan dimensi dari cetakan ini akan menjadi bentuk dan dimensi dari produk yang dibuat dalam cetakan tersebut. Langkah untuk membuat cetakan hanya perlu beberapa tahap saja, sebab hanya perlu menyiapkan kaca dan karton dengan ukuran seperti yang tertera diatas.

Pembuatan cetakan benda uji komposit :

**Tabel 3.1. Ukuran hasil cetakan**

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
250	100	3	75

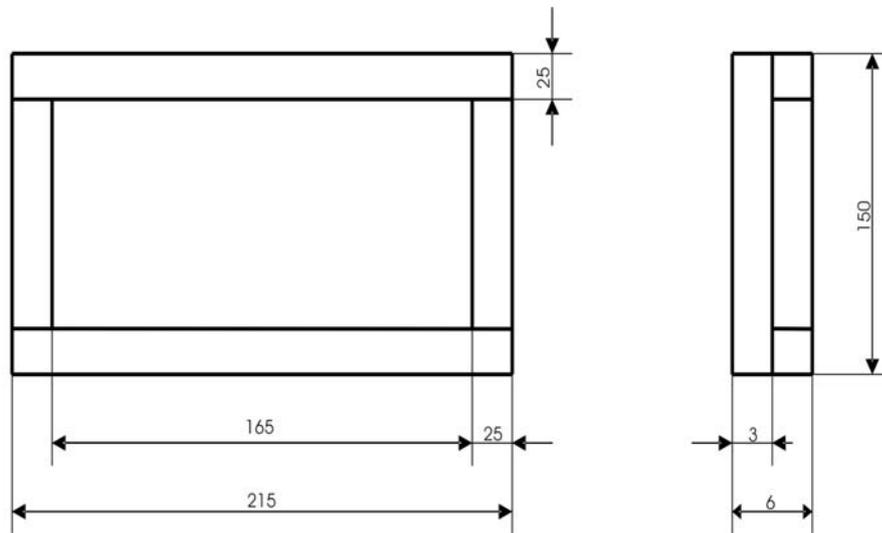


**Gambar 3.2. Dimensi dari cetakan benda uji komposit.**

Pembuatan cetakan benda uji matrik :

**Tabel 3.2. Ukuran hasil cetakan**

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
165	100	3	51



**Gambar 3.3. Dimensi dari cetakan benda uji matrik**

### 3.3. Menghitung komposisi serat, matrik, katalis

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung komposisi serat, resin dan katalis berdasarkan luas cetakan yang dibuat, dan menentukan berat serat pada 10 %, 15 %, 20 %, 25%, 30 % dari total volume cetakan.

- a. untuk volume serat 10 % :

$$\text{Volume hasil cetakan ( } V_{cet} \text{ )} = p \times l \times t$$

$$= 25 \times 10 \times 0,3 \text{ cm} = 75 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume serat ( } V_{serat} \text{ )} = \frac{10}{100} \times 75 \text{ cm}^3 = 7,5 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}\rho &= 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} &= 7,5 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ & &= 19,05 \text{ gr}\end{aligned}$$

Volume resin = 66,75 ml ; volume katalis = 0,75 ml

b. untuk  $V_{\text{serat}} = 15\%$  :

$$V_{\text{cet}} = 75 \text{ cm}^3 \quad ; \quad \rho = 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{serat}} &= \frac{15}{100} \times 75 \text{ cm}^3 \\ &= 11,25 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 28,6 \text{ gr}\end{aligned}$$

Volume resin = 63 ml ; volume katalis = 0,75 ml

c. untuk  $V_{\text{serat}} = 20\%$  :

$$V_{\text{cet}} = 75 \text{ cm}^3 \quad ; \quad \rho = 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{serat}} &= \frac{20}{100} \times 75 \text{ cm}^3 \\ &= 15 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 38,1 \text{ gr}\end{aligned}$$

Volume resin = 59,25ml ; volume katalis = 0,75 ml

d. untuk  $V_{\text{serat}} = 25\%$  :

$$V_{\text{cet}} = 75 \text{ cm}^3 ; \rho = 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{25}{100} \times 75 \text{ cm}^3$$

$$= 18,75 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 47,63 \text{ gr}$$

Volume resin = 55,5 ml ; volume katalis = 0,75 ml

e. untuk  $V_{\text{serat}} = 30\%$  :

$$V_{\text{cet}} = 75 \text{ cm}^3 ; \rho = 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{30}{100} \times 75 \text{ cm}^3$$

$$= 22,5 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 57,6 \text{ gr}$$

Volume resin = 51,75 ml ; volume katalis = 0,75 ml

### 3.4. Pembuatan benda uji

Dalam penelitian ini ada tiga kali pembuatan benda uji yaitu pembuatan benda uji komposit, benda uji matrik dan benda uji serat. Pada pencetakan benda

uji komposit dilakukan lima kali pencetakan, karena adanya variasi volume serat (10%, 15%, 20%, 25%, 30%).

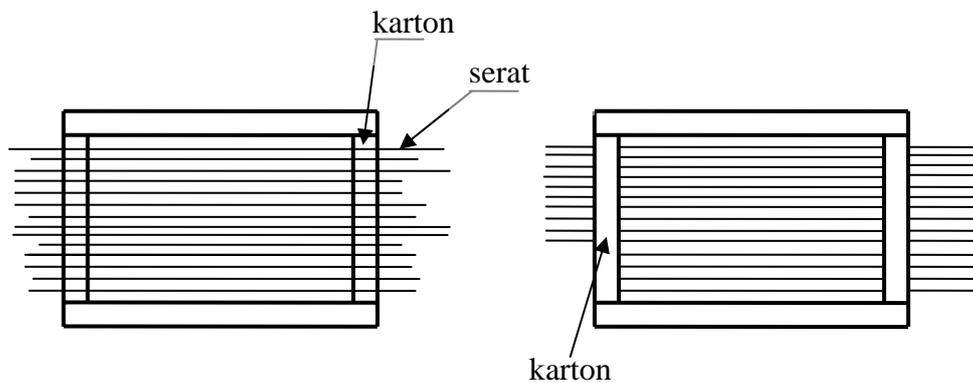
#### **3.4.1. Pembuatan benda uji komposit**

Urutan pembuatan benda uji komposit adalah sebagai berikut :

- a. Cetakan yang sudah dipersiapkan dilapisi dengan MAA, agar setelah komposit mengeras tidak lengket dengan cetakannya.
- b. Tuangkan kedalam cetakan sedikit (kira – kira seperempatnya saja) dari total resin dan katalis yang diperlukan untuk satu kali cetak, hanya sebatas karton bawah.
- c. Setelah agak menjadi gel, kemudian tatalah dengan rapi serat yang telah dipotong – potong terlebih dahulu sesuai panjang cetakan.
- d. Agar serat tidak bergeser dan tidak berubah – ubah serta kencang, dijepit dengan karton pada masing – masing ujung serat. Usahakan agar karton penjepit rata dengan kaca pembatas cetakan, agar waktu di *press* dengan kaca resin tidak bocor keluar.
- e. Campur sisa resin dan katalis, aduk dengan rata dan usahakan pengadukan tidak menimbulkan gelembung udara pada adonan. Kemudian tuangkan diatas cetakan, ratakan dengan potongan

penggaris agar semua serat dapat terbasahi dan gelembung udara yang ada dapat dihilangkan.

- f. Setelah semua bahan masuk dalam cetakan, kemudian menyiapkan kaca satu lagi dengan ukuran sama seperti cetakan. Olesi kaca tersebut dengan MAA, gunakan untuk menutup cetakan dan di *press*



**Gambar 3.4. Rangkaian kesejajaran serat dalam cetakan komposit.**

- g. Setelah kira – kira 10 jam hasil cetakan benda uji dapat dilepas dari cetakannya, dengan menggunakan *scraber* atau pisau
- h. Benda uji yang telah jadi dipotong menurut ukuran standar pengujian, pemotongan menggunakan gergaji triplek. Kemudian diampelas pada bagian yang bersinggungan dengan gergaji sampai halus.

### 3.4.2. Pembuatan benda uji matrik

Pada pembuatan benda uji matrik lebih mudah daripada pembuatan benda uji komposit. Karena pada prinsipnya hanya menuang adonan resin dan katalis kedalam cetakan. Urutan pembuatan benda uji matrik adalah sebagai berikut :

- a. Seluruh permukaan cetakan yang bersinggungan langsung dengan resin diolesi MAA dahulu.
- b. Tuang resin dan katalis kedalam wadah, aduk hingga rata. Usahakan pengadukan tidak menimbulkan gelembung udara dalam resin.
- c. Setelah tercampur rata, tuang campuran resin dengan katalis kedalam cetakan. campuran harus rata dengan tebal pembatas cetakan. Untuk menghilangkan gelembung udara dalam resin bisa menggunakan pipet kecil. Pengerjaan ini harus cepat, karena dalam waktu kurang lebih 15 menit adonan akan menjadi gel.
- d. Siapkan kaca untuk penutup, olesi dengan MAA, kemudian tutupkan pada cetakan dengan ditekan / *press*.
- e. Setelah benda uji jadi, kemudian dilakukan pemotongan menurut standar pengujian. Pemotongan menggunakan gergaji triplek, bagian yang terdapat bekas gergajian dihaluskan memakai amplas.

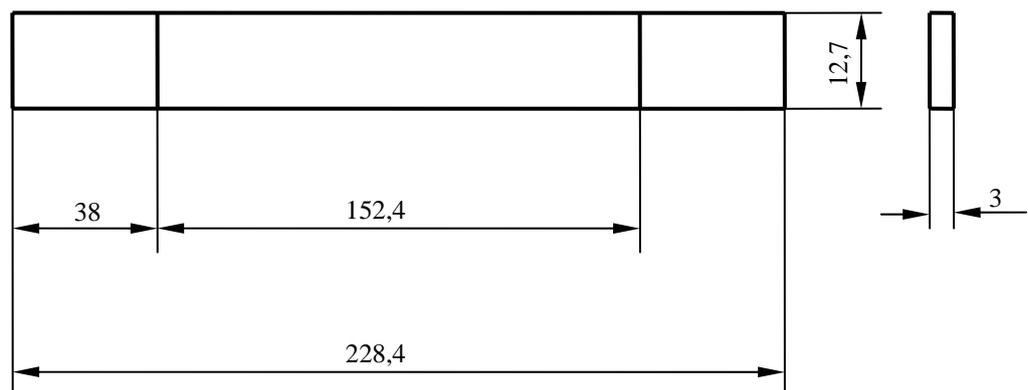
### 3.4.3. Pembuatan benda uji serat

Pembuatan benda uji serat yaitu hanya dengan menggunakan kertas karton untuk menjepit serat. Untuk hasil yang akurat dan spesifik, maka dalam pembuatan benda uji serat, serat yang diambil untuk uji tarik hanya satu helai terkecil saja. Karena pada waktu pengujian diambil diameter serat.

## 3.5. Standar dan ukuran benda uji

### 3.5.1. Benda uji komposit

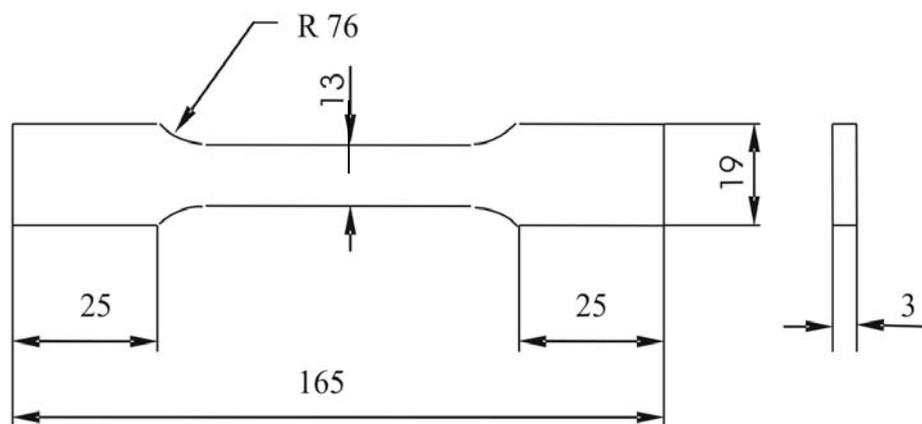
Standar pengujian tarik benda uji menggunakan American Society for Testing Material (ASTM). Pengujian tarik benda uji komposit menggunakan standar ASTM D 3039. Dengan ukuran sebagai berikut :



**Gambar 3.5. Dimensi benda uji tarik komposit.**

### 3.5.2. Benda uji matrik

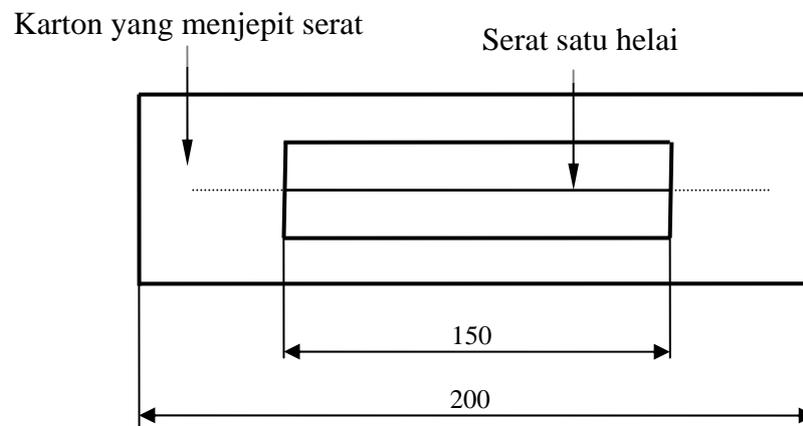
Untuk pengujian tarik benda uji matrik menggunakan standar ASTM D 638. Dengan ukuran sebagai berikut :



**Gambar 3.6. Dimensi benda uji tarik matriks pengikat.**

### 3.5.3. Benda uji serat

Untuk mengetahui diameter dan kekuatan serat dilakukan pengujian tarik menggunakan standar uji JIS R 3420. Untuk hasil yang lebih akurat dan spesifik pengujian dilakukan di laboratorium teknik Universitas Gajah Mada. Ukuran benda uji sebagai berikut :



**Gambar 3.7. dimensi benda uji tarik serat.**

### **3.6. Pengujian tarik**

#### **3.6.1. Pengujian tarik komposit**

Untuk mengetahui sifat komposit dengan variasi perbedaan volume serat pada tiap – tiap benda uji (10%, 15%, 20%, 25%, 30%) dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik universal.

Pada pengujian tarik komposit digunakan 5 buah benda uji untuk masing-masing variasi volume serat dengan dimensi benda uji sesuai dengan standar ASTM D 3039. Setelah data kelima benda uji didapat, kemudian dicari harga rata-rata.

Pada pengujian ini diukur pertambahan panjang dan beban yang terjadi selama pengujian berlangsung. Hasil pengujian tarik berupa print-out grafik hubungan regangan dengan tegangan

### **3.6.2. Pengujian tarik matriks pengikat**

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik matriks pengikat secara terpisah dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik universal. Dalam pengujian tarik matriks pengikat digunakan 5 buah benda uji dengan dimensi benda uji sesuai dengan standar ASTM D 638.

Setelah pengujian ini, dapat diketahui penambahan panjang dan beban yang terjadi selama pengujian berlangsung. Hasil pengujian tarik, berupa print-out grafik hubungan tegangan dan regangan.

### **3.6.3. Pengujian tarik serat**

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik serat penguat, dilakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik universal. Untuk mengetahui kekuatan serat digunakan 5 buah benda uji, kelima data tersebut kemudian dirata-rata dan digunakan sebagai data dalam penelitian yang diambil dari pengujian. Dalam pengujian tarik serat diperoleh hasil berupa data perincian hasil pengujian tarik serat yaitu berupa spesifikasi serat, parameter yang dipakai dalam pengujian dan data statistik dari hasil pengujian tarik serat.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik matriks, serat penguat dan komposit yang dihasilkan, maka dilakukan serangkaian pengujian secara terpisah berupa pengujian kekuatan tarik serat, pengujian tarik matrik dan pengujian tarik komposit. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel hasil analisa dan perhitungan. Sedangkan data - data selengkapnya mengenai hasil pengujian dapat dilihat dalam lampiran.

#### **4.1. Hasil Pengujian Tarik Serat**

Pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik serat di Universitas Gajah Mada, menghasilkan data - data berupa beban tegangan yang terjadi selama pengujian berlangsung pada kondisi suhu tertentu hingga mencapai beban maksimum (  $F_{maks}$  ) dan diameter serat dari satu helai serat terkecil. Dari hasil analisis dan perhitungan pengujian tarik serat diperoleh beberapa sifat mekanik serat gelas-E.

Hasil uji tarik serat (contoh dari benda uji nomor 1 dan 2) memberikan :

1. kekuatan tarik

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P_{\max}}{A} \\ &= \frac{0,07}{0,0038} = 18,42 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

2. kekuatan tarik

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P_{\max}}{A} \\ &= \frac{0,17}{0,0094} = 18,10 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

**Tabel 4.1. Sifat mekanik serat gelas.**

Serat	Diameter (mm)	Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	L <sub>0</sub> (mm)	Beban tarik (kg)	Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Tarik (Gpa)
1	0,07	0,0038	150	0,07	18,42	0,181
2	0,11	0,0094	150	0,17	18,10	0,178
3	0,07	0,0038	150	0,07	18,42	0,181
4	0,09	0,0063	150	0,14	22,22	0,218
5	0,08	0,0050	150	0,16	32,00	0,314

Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik serat sebagai serat penguat lebih besar daripada kekuatan tarik resin sebagai matrik pengikat ( $\sigma_{fmax} > \sigma_{mmax}$ ).

#### 4.2. Hasil Pengujian Tarik Matriks

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik universal, menghasilkan grafik print-out berupa grafik hubungan beban dengan pertambahan panjang pada masing-masing benda uji matrik, contoh dapat dilihat pada lampiran. Dengan pembacaan grafik tegangan regangan tersebut diperoleh besar tegangan maksimum dengan regangan pada saat tegangan maksimum.

Metode analisis terhadap pengujian tarik serat dan komposit dapat pula dilakukan seperti metode analisis terhadap pengujian tarik matrik, sehingga dari analisis grafik pengujian dan perhitungan diperoleh beberapa sifat mekanis.

Hasil uji tarik matrik (contoh dari benda uji nomor 1) memberikan :

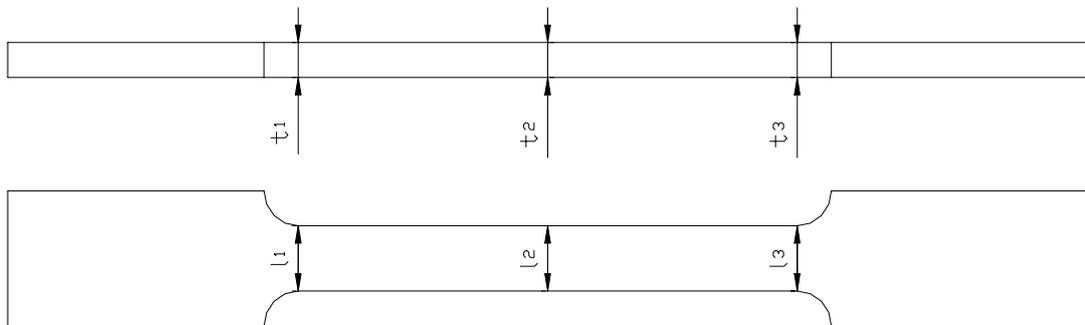
1. kekuatan tarik

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P_{\max}}{A} \\ &= \frac{131,1}{36,97} = 3,55 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

## 2. Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0}{57} \times 100\% = 0,017 \%$$



Gambar 4.1. Keterangan Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Ukuran lebar dan tebal matriks pengikat.

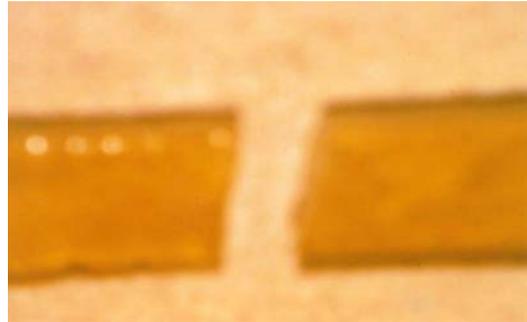
Matriks	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$t_1$ (mm)	$t_2$ (mm)	$t_3$ (mm)	$l_{rata}$ (mm)	$t_{rata}$ (mm)
1	13	13	12,8	2,8	3	2,8	12,93	2,86
2	13	13	13	2,9	2,9	2,8	13	2,86
3	12,8	13	13	2,8	2,8	3	12,93	2,86
4	12,8	12,9	12,8	2,9	3	2,8	12,83	2,90
5	12,9	13	12,9	2,9	2,9	3	12,93	2,93

**Tabel 4.3. Sifat mekanik matriks pengikat.**

Matriks	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	L <sub>0</sub> (mm)	Beban (kg)	Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	L (mm)	ΔL (mm)	ε maks (%)
1	36,97	57	131,1	3,55	58,0	1,0	1,75
2	37,18	57	132,2	3,56	58,1	1,1	1,92
3	36,97	57	121,8	3,29	58,9	1,9	3,32
4	37,20	57	129,4	3,48	57,8	0,8	1,40

Dari pengujian tarik terhadap matriks pengikat, menunjukkan sifat pertambahan panjang yang rendah atau kecil. model kerusakan yang terjadi cenderung berupa patah getas seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3. patah getas dapat juga dilihat dari bentuk grafik yang setelah sampai nilai maksimal lalu langsung turun.

**Gambar 4.2. Benda uji matrik.**

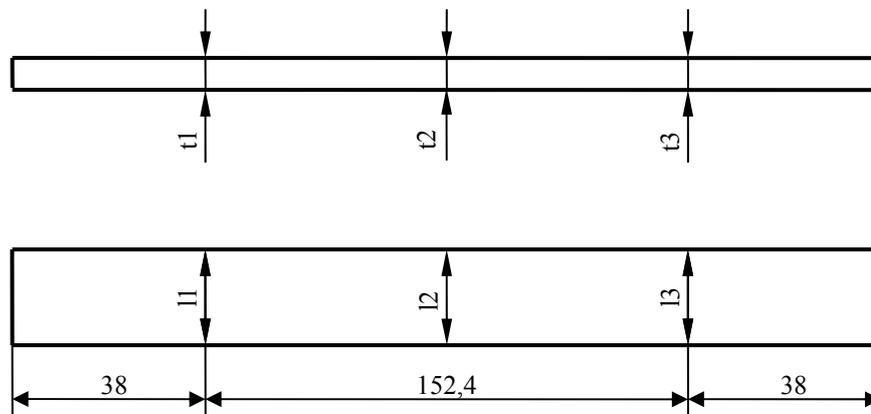


**Gambar 4.3. Foto bentuk perpatahan matriks pengikat**

### **4.3. Hasil Pengujian Tarik Komposit**

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik menghasilkan grafik print-out berupa grafik hubungan tegangan regangan yang disajikan pada lampiran. Dengan pembacaan grafik tegangan regangan pada saat tegangan maksimum. Melalui analisis grafik pengujian tarik, diperoleh beberapa sifat mekanik komposit.

Dari pengujian tarik terhadap komposit, telah diperoleh beberapa sifat mekanik pada setiap variasi penambahan volume yang ditentukan. Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diambil kesimpulan bahwa serat akan memberikan kekuatan maksimum saat berada dalam volume serat terbanyak, pada saat itu komposit mempunyai harga kekuatan tarik yang terbesar karena hampir semua beban dapat ditanggung oleh serat.

**Gambar 4.4. Keterangan dari Tabel 4.4.****Tabel 4.4. Ukuran lebar dan tebal komposit.**

Fraksi Volume Serat	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$t_1$ (mm)	$t_2$ (mm)	$t_3$ (mm)	$l_{rata}$ (mm)	$t_{rata}$ (mm)
10 %	12,8	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
	12,8	12,9	12,9	3	3	3	12,9	3
	12,9	12,9	12,9	3	3	3	12,9	3
	12,8	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
	12,9	12,9	12,9	3	3	3	12,9	3
15 %	12,8	12,8	12,9	3	3	3	12,8	3
	12,9	12,8	12,9	3	3	3	12,9	3
	12,9	12,9	12,9	3	3	3	12,9	3
	12,9	12,8	12,9	3	3	3	12,9	3
	12,8	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
20 %	12,9	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
	12,9	12,9	12,8	3	3	3	12,9	3
	12,9	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
	12,9	12,8	12,9	3	3	3	12,9	3
	12,9	12,9	12,9	3	3	3	12,9	3
25 %	12,9	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
	12,9	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
	12,9	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3
	12,8	12,8	12,9	3	3	3	12,8	3
	12,8	12,8	12,9	3	3	3	12,8	3
30 %	12,9	12,8	12,9	3	3	3	12,9	3
	12,8	12,8	12,9	3	3	3	12,8	3
	12,8	12,8	12,9	3	3	3	12,8	3
	12,8	12,8	12,9	3	3	3	12,8	3
	12,8	12,8	12,8	3	3	3	12,8	3

**Tabel 4.5. Kekuatan komposit terhadap variasi volume serat.**

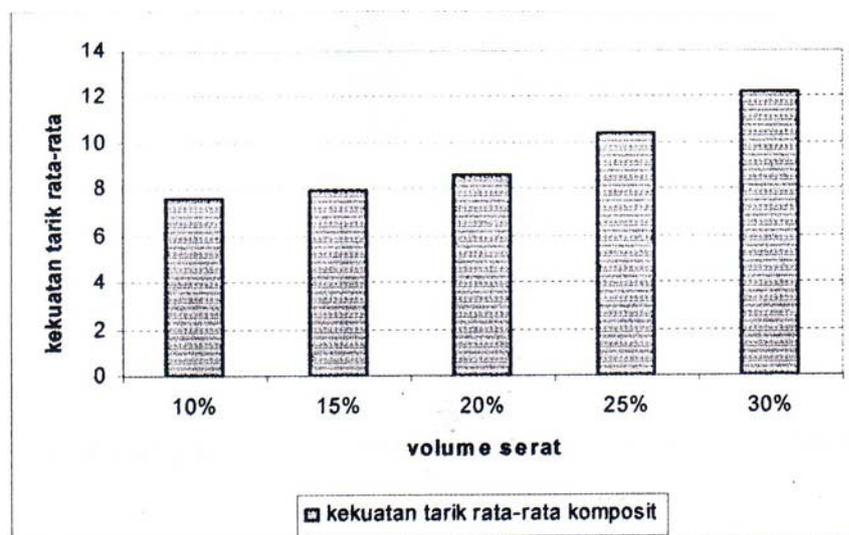
Fraksi Volume Serat	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	L <sub>0</sub> (mm)	Beban (kg)	Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	L (mm)	ΔL (mm)	ε maks (%)
10 %	38,4	153	281,4	7,33	153,85	0,85	0,55
	38,7	153	241,0	6,23	153,40	0,40	0,26
	38,7	153	289,0	7,47	153,80	0,80	0,52
	38,4	153	303,6	7,91	153,90	0,90	0,58
	38,7	153	355,7	9,19	153,95	0,95	0,62
15 %	38,4	153	338,43	8,81	153,95	0,95	0,62
	38,7	153	330,65	8,54	153,90	0,90	0,58
	38,7	153	256,74	6,63	153,60	0,60	0,42
	38,7	153	272,23	7,03	153,65	0,65	0,42
	38,4	153	330,65	8,61	153,80	0,80	0,52
20 %	38,4	153	331,65	8,66	153,65	0,65	0,42
	38,7	153	331,65	8,57	153,65	0,65	0,42
	38,4	153	357,78	9,83	153,90	0,90	0,58
	38,7	153	353,86	9,66	153,85	0,85	0,55
	38,7	153	241,20	6,23	153,70	0,70	0,45
25 %	38,4	153	420,12	10,94	153,75	0,75	0,49
	38,4	153	389,0	10,13	153,95	0,95	0,62
	38,4	153	346,21	9,02	153,85	0,85	0,55
	38,4	153	400,67	10,43	153,95	0,95	0,62
	38,4	153	443,46	11,54	153,90	0,90	0,58
30 %	38,7	153	470,69	12,16	153,85	0,85	0,55
	38,4	153	420,12	10,94	153,95	0,95	0,62
	38,4	153	462,91	12,05	154,10	1,10	0,71
	38,4	153	490,19	12,76	153,75	0,75	0,49
	38,4	153	501,81	13,07	154,05	1,05	0,68

Pada saat tegangan tarik yang terjadi ditransfer pada serat penguat melalui *interface* antar serat dan matriks pengikat, serat penguat dan matriks pengikat mengalami besar tegangan yang sama, jika kedua komponen tersebut mempunyai sifat mekanik yang berbeda maka masing-masing komponen tersebut mempunyai harga regangan yang berbeda dan regangan total komposit merupakan rata-rata harga regangan kedua komponen penyusunnya. Tabel 4.5 dapat pula disajikan dalam bentuk grafik yaitu grafik kekuatan tarik dengan variasi volume serat ( Gambar 4.4 ) dan grafik pertambahan panjang dengan variasi volume serat

( Gambar 4.5 ). Grafik dicari dengan cara mengambil nilai rata-rata kekuatan tarik dan nilai rata-rata pertambahan panjang.

**Tabel 4.6. Harga rata-rata kekuatan tarik komposit.**

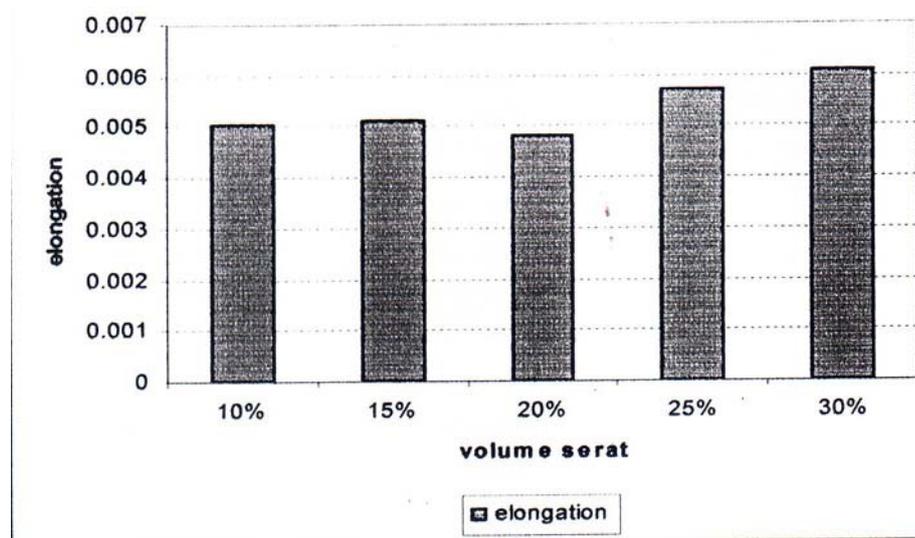
Fraksi Volume serat	Kekuatan tarik rata-rata (kg/mm <sup>2</sup> )
10 %	7,63
15 %	7,92
20 %	8,59
25 %	10,41
30 %	12,20



**Gambar 4.5. Grafik hubungan volume serat.**

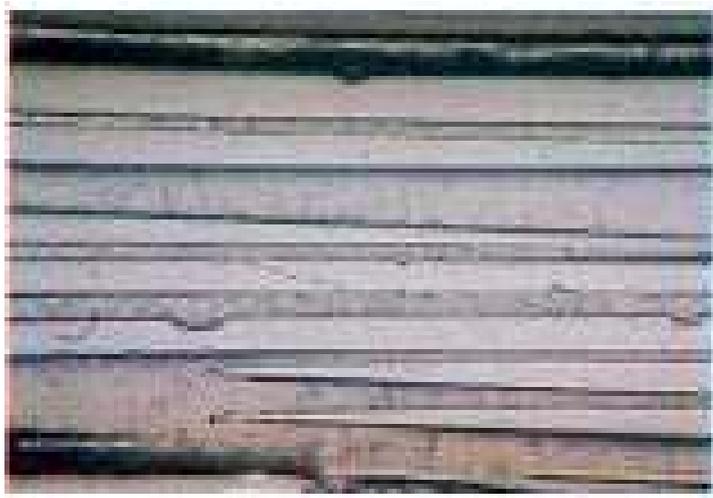
Tabel 4.7. Harga rata-rata elongation ( $\epsilon$ ) komposit.

Fraksi Volume serat	$\epsilon$ maks (%)
10 %	0,51
15 %	0,51
20 %	0,48
25 %	0,57
30 %	0,61

Gambar 4.6. Grafik hubungan *elongation* dan volume serat.

#### 4.4. Model Kerusakan Komposit.

Model kerusakan yang terjadi pada semua variasi volume serat mulai dari 10 % sampai dengan 30 % adalah sama, dan tergolong kerusakan jenis patah getas karena kekuatan antar serat dan matriks masih baik, matriks masih mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila matrik masih mampu menahan gaya geser dan meneruskannya ke serat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak dan komposit akan mengalami patah getas (*brittle failure*).



**Gambar 4.7. Penampang melintang serat gelas-E dan resin.**

#### 4.5. Analisa Kerusakan Pada Komposit

Tujuan dari penelitian kerusakan menurut analisa foto struktur mikro adalah untuk mengetahui seberapa jauh kerusakan pada komposit sebelum atau sesudah mendapatkan perlakuan uji tarik.

Pada penampang komposit mula yang dapat dilihat dengan bantuan mikroskop setelah komposit dihaluskan dan dipoles dapat menampilkan bentuk penampang serat serta matrik. Dari foto mikro dengan pembesaran, yang dapat dilihat pada Gambar 4.8, menampilkan bentuk penampang komposit sebelum mengalami uji tarik.

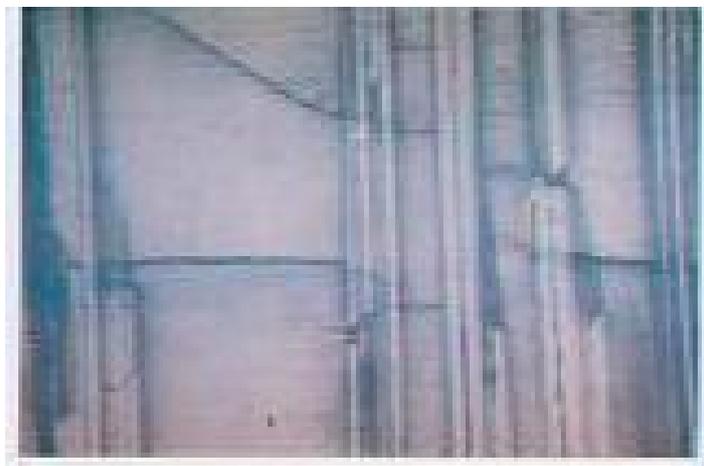
Setelah mengalami uji tarik, penampang struktur mikro bahan komposit telah mengalami perubahan yaitu kerusakan yang terjadi pada matriks dan penampang serat, penampang matrik dan serat terlihat pecah-pecah dan tidak utuh lagi. Beban tarik pada komposit selain mengakibatkan kerusakan matriks dan serat juga berakibat terhadap lepasnya ikatan matriks-serat ( *interface* ) yang biasa disebut *debonding* yang terlihat pada Gambar 4.9.

Pada analisa struktur mikro, juga menampilkan beberapa konfigurasi kerusakan internal komposit antara lain kerusakan retak mikro pada matriks, seperti yang terlihat pada Gambar 4.10. kemudian adanya *void* ( Gambar 4.11 ).



**Gambar 4.8. Penampang Komposit Mula.**

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa penampang serat berbentuk lingkaran, dan didapatkan penataan serat kurang tersusun rapi.



**Gambar 4.9. Kerusakan *debonding* pada Komposit.**



**Gambar 4.10. Retak Mikro pada Matrik.**

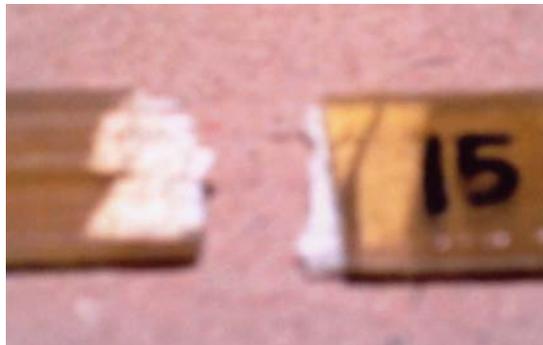
Dari gambar diatas dapat dilihat retak – retak yang terjadi di daerah sekitar patahan matriks.



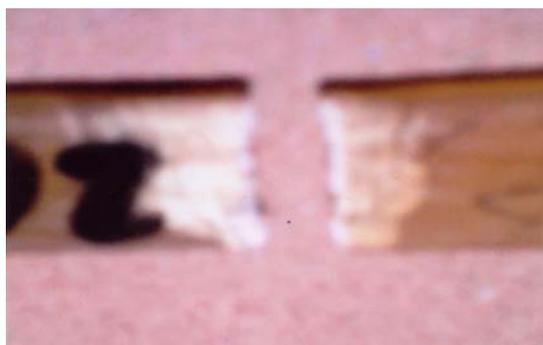
**Gambar 4.11. Void**



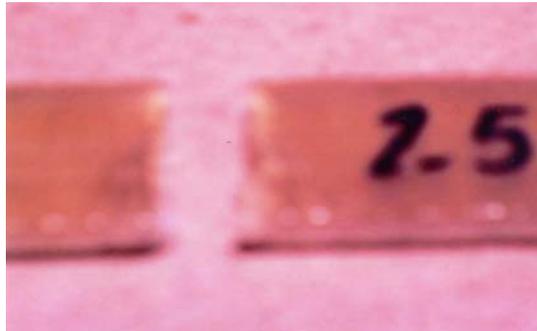
**Gambar 4.12. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 10 %**



**Gambar 4.13. Bentuk patahan komposit Pada Volume Serat 15 %**



**Gambar 4.14. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 20 %**



**Gambar 4.15. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 25 %**



**Gambar 4.16. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 30 %**



**Gambar 4.17. Retak melintang pada komposit**

Dari pengujian pada serat dan matriks, dapat diketahui kekuatan tariknya. Kekuatan tarik rata-rata serat sebesar  $21,83 \text{ kg/mm}^2$  sedangkan kekuatan tarik rata-rata untuk matriks adalah sebesar  $3,23 \text{ kg/mm}^2$ .

Hasil pengujian menunjukkan bahwa volume serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengujian tarik pada volume serat 10 %  $\sigma_{t \text{ rata-rata}} = 7,63 \text{ kg/mm}^2$ , volume serat 15 %  $\sigma_{t \text{ rata-rata}} = 7,92 \text{ kg/mm}^2$ , volume serat 20 %  $\sigma_{t \text{ rata-rata}} = 8,59 \text{ kg/mm}^2$ , volume serat 25 %  $\sigma_{t \text{ rata-rata}} = 10,41 \text{ kg/mm}^2$ , volume serat 30 %  $\sigma_{t \text{ rata-rata}} = 12,20 \text{ kg/mm}^2$ . Bahan komposit yang menggunakan bahan berpenguat serat jenis E – glass dengan tipe lurus atau tali mempunyai nilai maksimum pada volume serat 30 % karena mempunyai serat terbanyak sehingga lebih mampu menahan beban. Tentu saja yang mempunyai nilai minimum adalah komposit dengan volume serat 10 % karena hanya ada sedikit serat yang menahan beban.

Dari hasil analisa pemotretan dan pengamatan pada makro struktur terdapat bentuk – bentuk patahan yang hampir sama. Persamaan bentuk patahan ini dikarenakan pengujian pada bahan yang mempunyai orientasi serat yang sama. Menurut bentuk patahan yang terjadi pada pengujian tarik komposit merupakan bentuk patah getas. Sedangkan pada pengujian tarik resin atau matrik, mempunyai bentuk patahan seperti di tunjukkan pada Gambar 4.2. Untuk pengujian tarik resin mempunyai jenis patahan juga berupa patah getas.

Penelitian dilakukan dengan mengambil variasi volume serat mulai 10 % dan dibatasi sampai dengan 30 %.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Bahan komposit ini menggunakan resin Arindo 3210 sebagai matrik pengikat dan serat E glass kontinyu berbentuk lurus. Dari hasil penelitian bahan komposit tersebut diperoleh kesimpulan :

Dari hasil pengujian komposit sampai dengan variasi volume serat 30 % menunjukkan bahwa kekuatan tariknya semakin tinggi, nilai tertinggi ada pada bahan komposit yang komposisi seratnya 30 % ( $12,20 \text{ kg/mm}^2$ ), sedangkan kekuatan tarik minimum rata-rata terjadi pada bahan komposit yang komposisi seratnya terkecil yaitu 10 % ( $7,63 \text{ kg/mm}^2$ ).

Dari hubungan elongation dengan variasi prosentase volume serat dapat disimpulkan bahwa sampai dengan pengujian komposit sampai dengan volume serat 30 %, elongation yang terjadi mempunyai kecenderungan naik sesuai dengan kenaikan prosentase volume serat. Elongation terkecil ada pada komposit 10 % (0,506 %), elongation yang terbesar ada pada komposit 30 % (0,610 %).

## DAFTAR PUSTAKA

Hadi B. K., November 2000, *Mekanika Stuktur Komposit*. Departemen Pendidikan Nasional

Malau V., *Diktat mata kuliah komposit*.

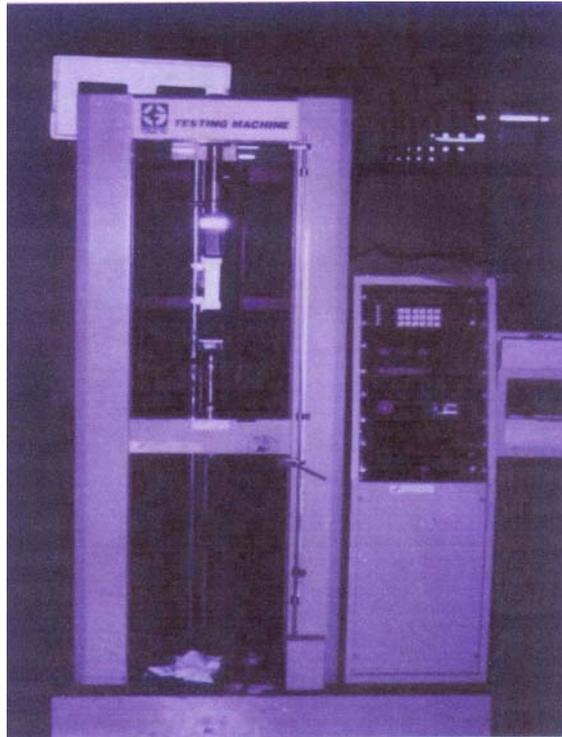
Murphy, J., 1994, *Reinforced Plastics Hand Book*, Elsevier Advanced Technology.

Robert, J. M., 1975, *Mechanics of Composite Material*, McGraw Hill, New York.

Smith, W. F., 1996, *Principles of Material Science and Engineering*, McGraw Hill, New York

---, *Annual Book of ASTM Standart*, 1985, American Society For Testing Material, Philadelphia PA.

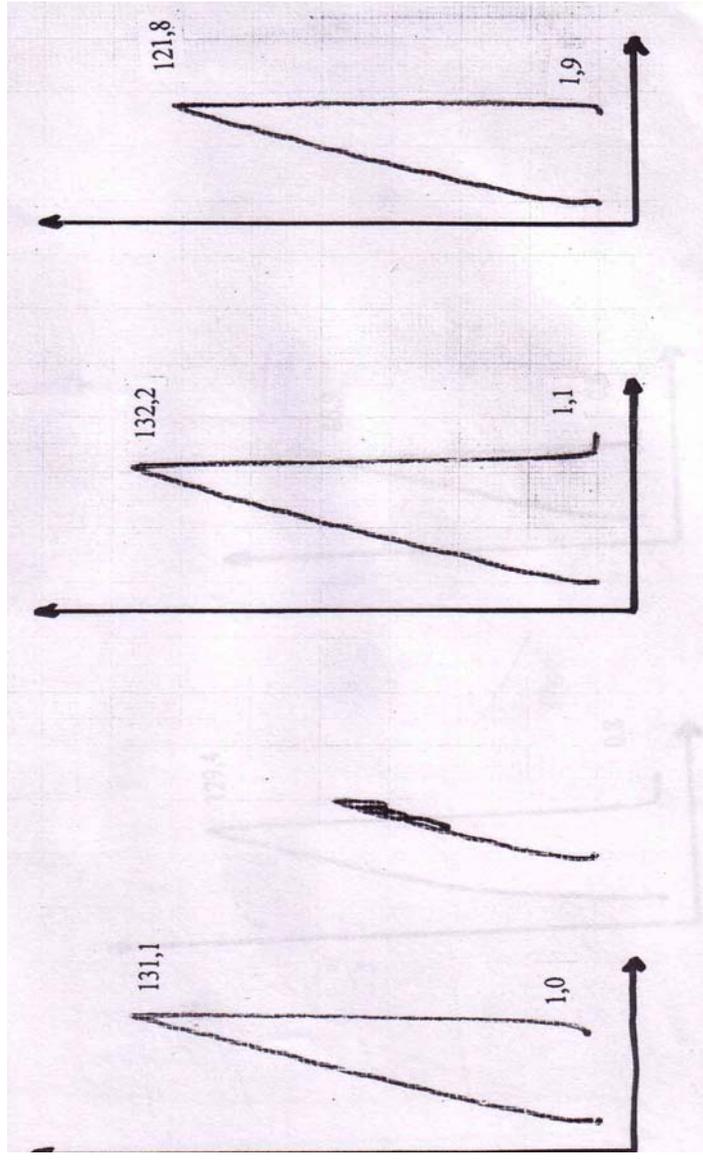
# LAMPIRAN



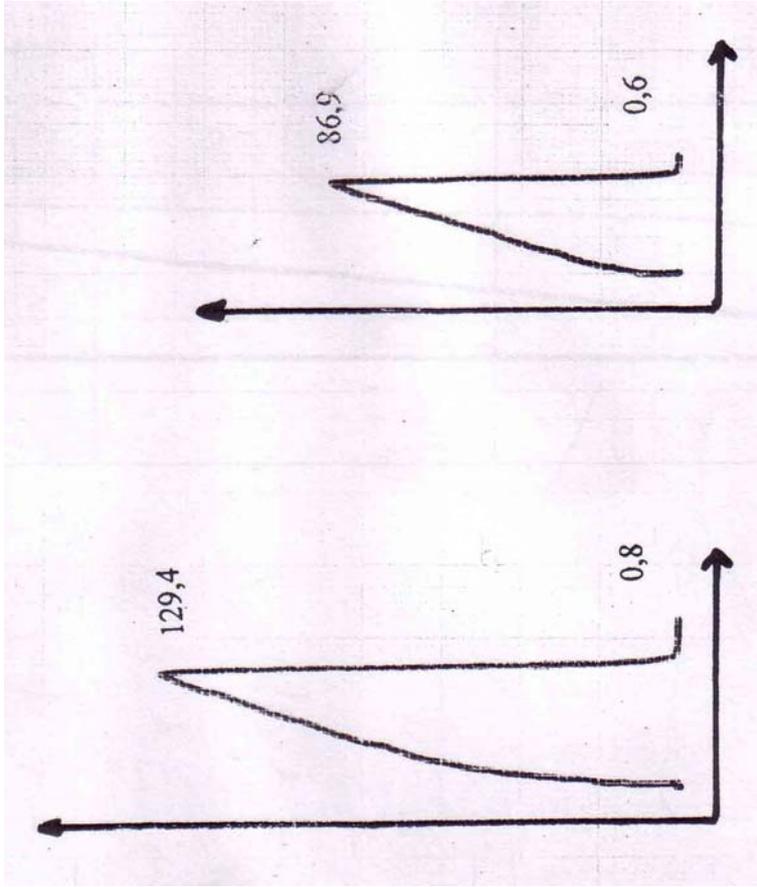
**Gambar L.1. Foto mesin uji tarik**

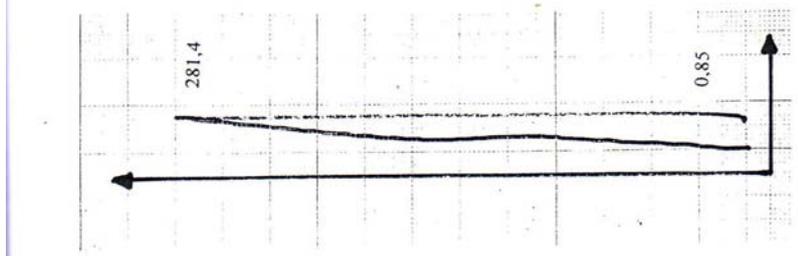
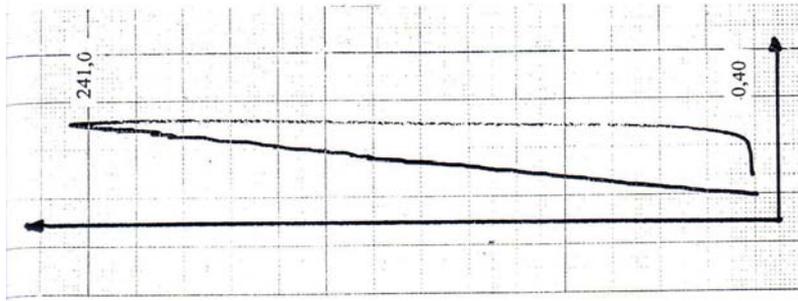
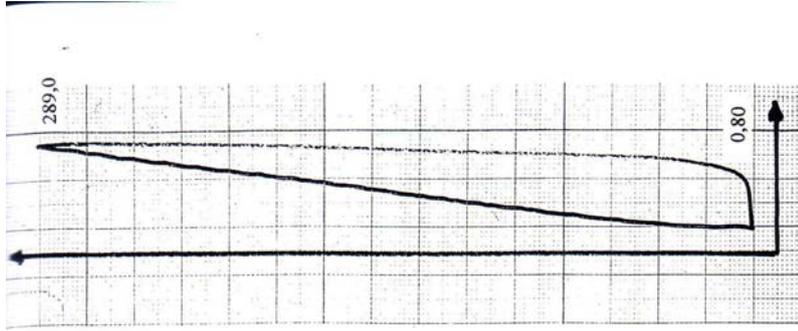


**Gambar L.2. Foto alat ukur bantu**

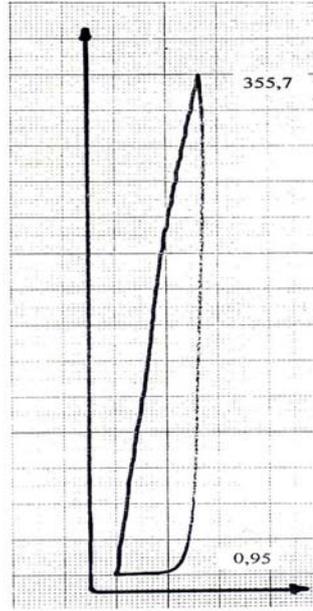
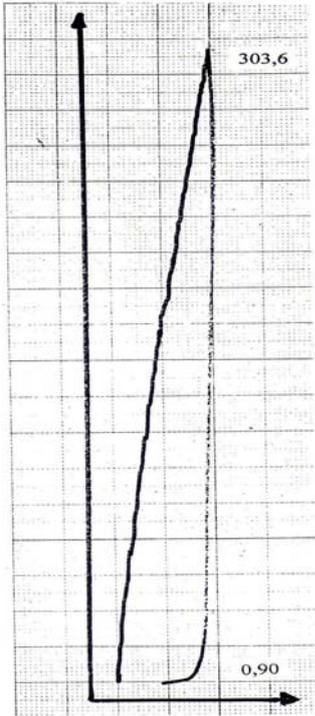


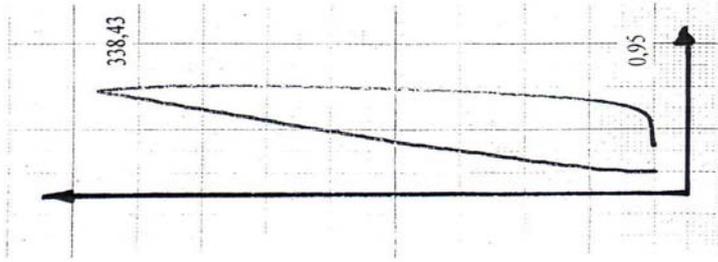
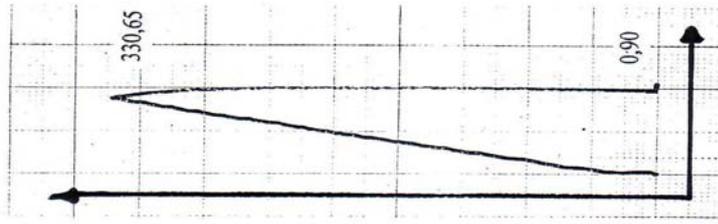
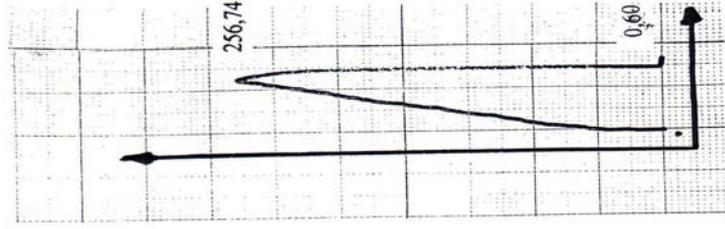
Grafik Beban Vs Pertambahan Panjang Pada Matriks



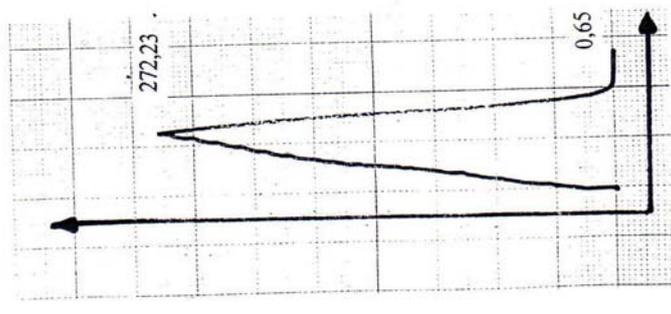
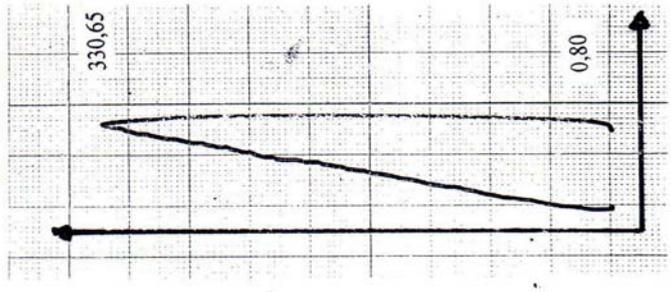


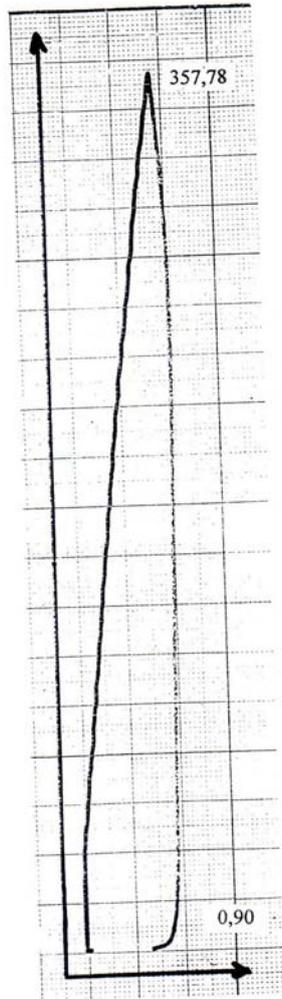
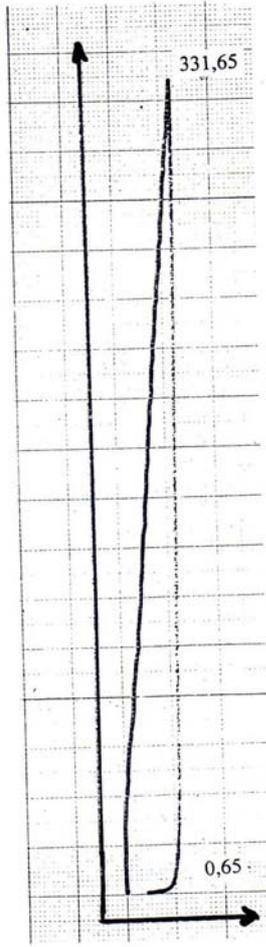
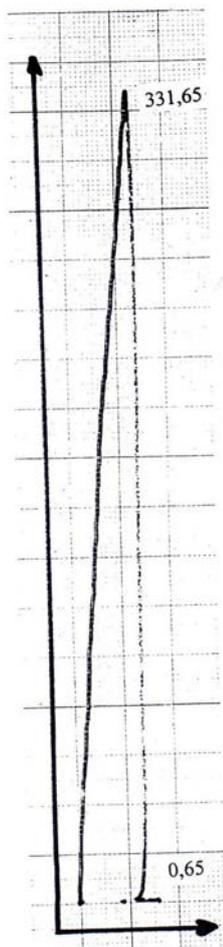
Grafik Beban Vs Pertambahan Panjang Pada Komposit 10 %



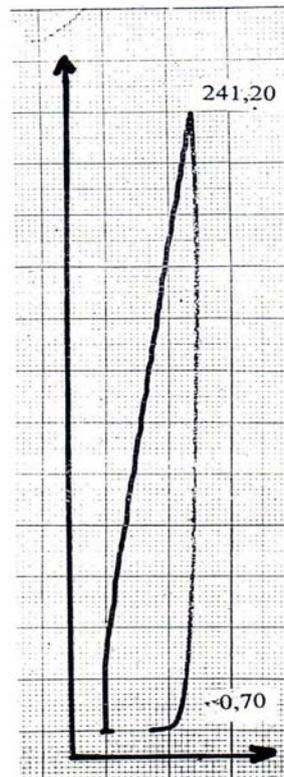
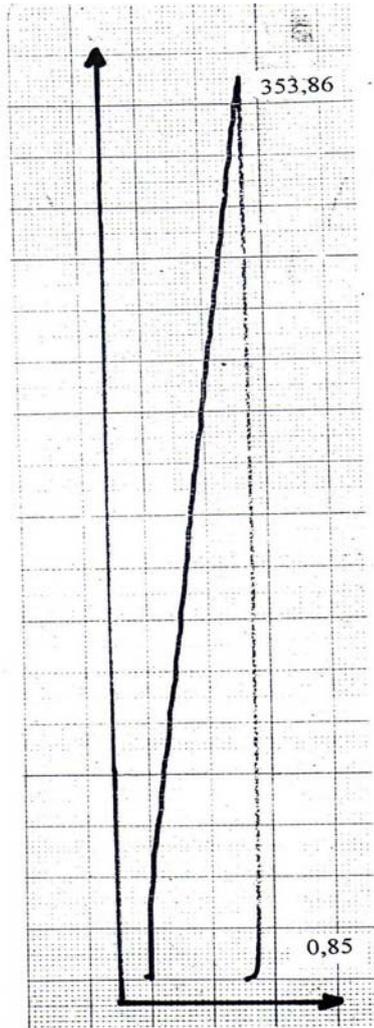


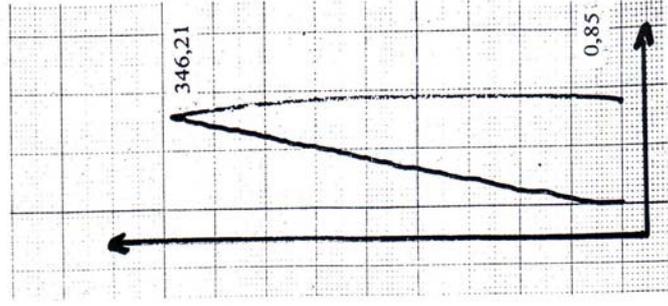
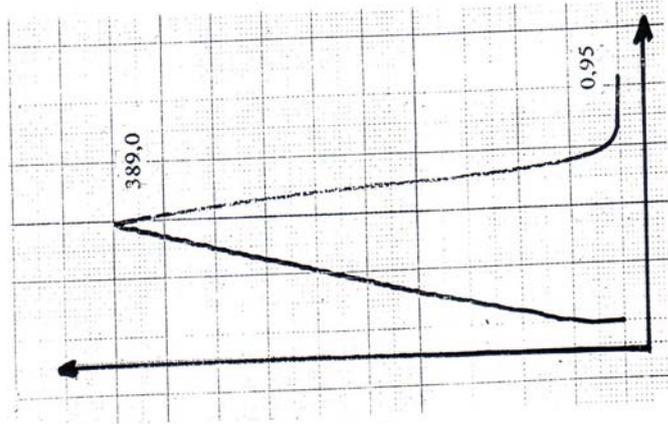
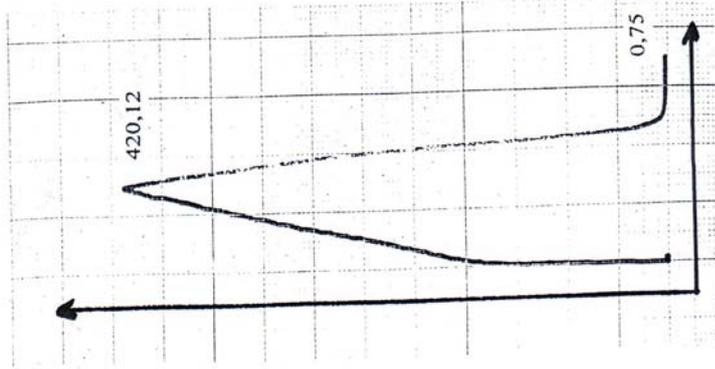
Grafik Beban Vs Perambahan Panjang Pada Komposit 15 %



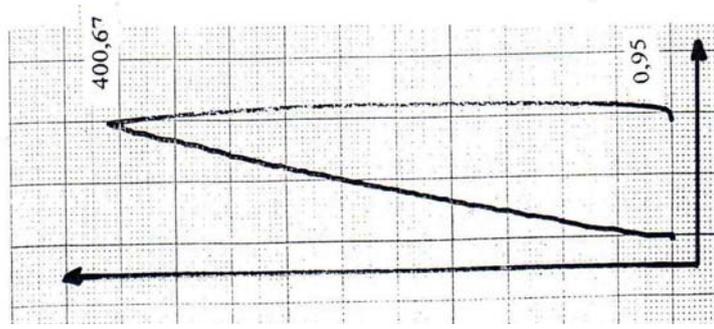
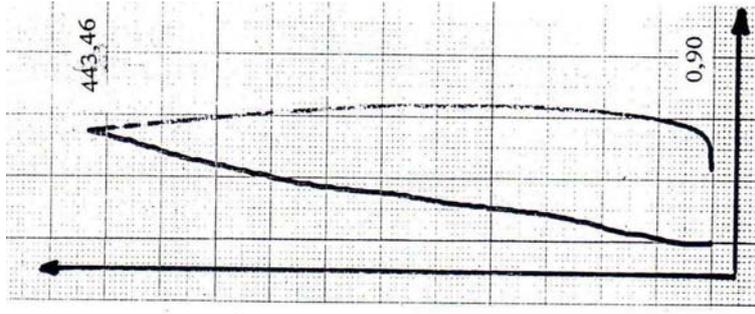


Grafik Beban Vs Pertambahan Panjang Pada Komposit 20 %





Grafik Beban Vs Pertambahan Panjang Pada Komposit 25 %



Tabel 1.1.

Perbandingan kekuatan dan kekakuan bahan serat dan bahan padatan

Bahan	Modulus tarik ( $E$ , GPa)	Kekuatan tarik ( $\sigma_u$ , GPa)	Masa jenis ( $\rho$ , g/cm <sup>3</sup> )	Modulus spesifik ( $E/\rho$ )	Kekuatan spesifik ( $\sigma_u/\rho$ )
Serat					
E-glass	72,4	3,5	2,54	28,5	1,38
S-glass	85,5	4,6	2,48	34,5	1,85
Grafit(HM)	390,0	2,1	1,90	205,0	1,1
Grafit(HS)	240,0	2,5	1,90	126,0	1,3
Boron	385,0	2,8	2,63	146,0	1,1
Silica	72,4	5,8	2,19	33,0	2,65
Tungsten	414,0	4,2	19,30	21,0	0,22
Beryllium	240,0	1,3	1,83	131	0,71
Aramid	130,0	2,80	1,50	87,0	1,87
Bahan konvensional					
Baja	210,0	0,34 – 2,1	7,8	26,9	0,043 – 0,27
Aluminium	70,0	0,14 – 0,62	2,7	25,9	0,052 – 0,23
Gelas padat	70,0	0,7 – 2,1	2,5	28,0	0,28 – 0,84
Tungsten	350,0	1,1 – 4,1	19,30	18,1	0,057 – 0,21
Beryllium	300,0	0,7	1,83	164,0	0,38

ASTM D 3039

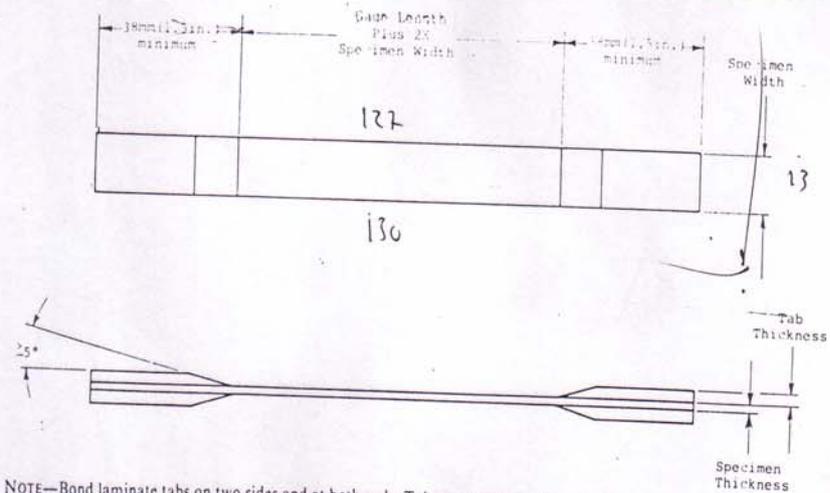
TABLE 1 Widths and Gage Lengths of Specimens

Fiber Orientation	Recommended Specimen Width		Recommended Minimum Gage Length	
	mm	in.	mm	in.
0 deg (angle)	12.7	0.5	127	5
90 deg (angle)	25.4	1.0	38.1	1.5
0/90 deg (angle) balanced crossply	25.4	1.0	127	5

= 1612  
 = 967,7  
 = 3225,8

TABLE 2 Recommended Thicknesses for Various Reinforcements

Type of Reinforcement	Continuous Fibers		Discontinuous Fibers	
	mm	in.	mm	in.
Boron	0.508 to 2.54	0.020 to 0.100	1.016 to 5.08	0.040 to 0.200
Graphite	0.508 to 2.54	0.020 to 0.100	1.016 to 5.08	0.040 to 0.200
Glass	0.762 to 2.275	0.030 to 0.125	1.524 to 6.55	0.060 to 0.250

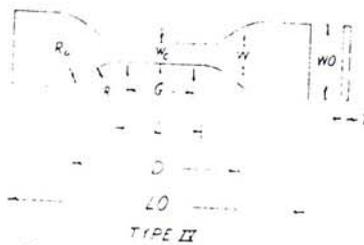
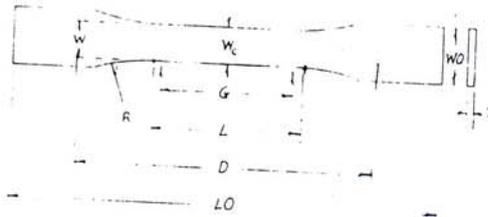


NOTE—Bond laminate tabs on two sides and at both ends. Tabs are applied to the end of the test composite with a suitable adhesive. Each tab is a minimum of 38 mm (1.5 in.) long by the width of the laminate and a thickness of approximately 1.5 to 4 times the thickness of the test composite.

FIG. 1 Tensile Test Specimen

$12,7 \times 2 = 25,4$

D 638



Specimen Dimensions for Thickness,  $T$ , mm<sup>11</sup>

Dimensions (see drawings)	7 or under		Over 7 to 14 incl.	4 or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>11</sup>	Type V <sup>1</sup>	
$W$ —Width of narrow section <sup>A, 11</sup>	13	6	19	6	3.18	$\pm 0.5^{11, 1}$
$L$ —Length of narrow section	57	57	57	33	9.53	$\pm 0.5^1$
$WO$ —Width over-all, min <sup>A</sup>	19	19	29	19	9.53	$\pm 6$
$LO$ —Length over-all, min <sup>A</sup>	165	183	246	115	63.5	no max
$G$ —Gage length <sup>11</sup>	50	50	50	...	7.62	$\pm 0.25^1$
$G$ —Gage length <sup>11</sup>	...	...	...	25	...	$\pm 0.13$
$D$ —Distance between grips	115	135	115	64 <sup>11</sup>	25.4	$\pm 5$
$R$ —Radius of fillet	76	76	76	14	12.7	$\pm 1^1$
$RO$ —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25	...	$\pm 1$

Specimen Dimensions for Thickness,  $T$ , in.<sup>11</sup>

Dimensions (see drawings)	.28 or under		Over 0.28 to 0.55 incl.	0.16 or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>11</sup>	Type V <sup>1</sup>	
$W$ —Width of narrow section <sup>A, 11</sup>	0.50	0.25	0.75	0.25	0.125	$\pm 0.02^{11, 1}$
$L$ —Length of narrow section	2.25	2.25	2.25	1.30	0.375	$\pm 0.02^1$
$WO$ —Width over-all, min <sup>A</sup>	0.75	0.75	1.13	0.75	0.375	$\pm 0.25$
$LO$ —Length over-all, min <sup>A</sup>	6.5	7.2	9.7	4.5	2.5	no max
$G$ —Gage length <sup>11</sup>	2.00	2.00	2.00	...	0.300	$\pm 0.010^1$
$G$ —Gage length <sup>11</sup>	...	...	...	1.00	...	$\pm 0.005$
$D$ —Distance between grips	4.5	5.3	4.5	2.5 <sup>11</sup>	1.0	$\pm 0.2$
$R$ —Radius of fillet	3.00	3.00	3.00	0.56	0.5	$\pm 0.04^1$
$RO$ —Outer radius (Type IV)	...	...	...	1.00	...	$\pm 0.04$

FIG. 1 Tension Test Specimens for Sheet, Plate, and Molded Plastics.

<sup>A</sup> The width at the center  $W_c$  shall be plus 0.00 mm, minus 0.10 mm (+0.000 in., -0.004 in.) compared with width  $W$  at other parts of the reduced section. Any reduction in  $W$  at the center shall be gradual, equally on each side so that no abrupt changes in dimension result.

<sup>B</sup> For molded specimens, a draft of not over 0.13 mm (0.005 in.) may be allowed for either Type I or II specimens 3.2 mm (0.13 in.) in thickness, and this should be taken into account when calculating width of the specimen. Thus a typical specimen of a molded Type I specimen, having the maximum allowable draft, could be as follows: