

THE EFFECT OF FIBER FRACTION ON CONTINUOUS BANANA'S FIBER COMPOSITE TENSILE STRENGTH

TUGAS AKHIR

Nomor: 534 / FT. USD / TM / April / 2005

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

FRANSWELL MARCHON SARAGIH

NIM : 985214069

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2005

**TUGAS AKHIR
PENGARUH FRAKSI SERAT
TERHADAP KEKUATAN TARIK
KOMPOSIT SERAT PISANG LURUS**

Yang dipertahankan dan disusun oleh :
NAMA : FRANSWELL MARCHON SARAGIH
NIM : 985214069
Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 07 Mei 2005

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Anggota Dewan Penguji



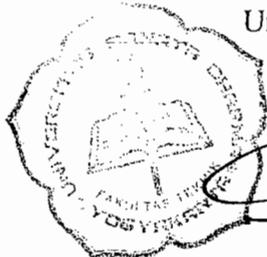
I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T.



D. Doddy Pyurwadianto, S.T., M.T.

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yogyakarta, Mei 2005
Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta
Dekan

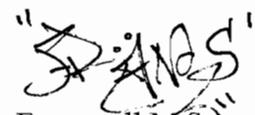


Ir. Greg. Heliarko, S.J., SS., B.ST., MM., M.Sc.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya 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, 27 April 2005



Franswell M Saragih



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman –Yogyakarta

Telp. (0274) 883037, 883968, 886530, Fax. (0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id

TUGAS AKHIR/SKRIPSI PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No: 534/ FT. USD / TM / April / 2005

NAMA : Franswell Marchon Saragih
NIM : 985214069
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA : The Effect of Fiber Fraction on Continuous Banana's Fiber Composite
Tensile Strength (Pengaruh Fraksi Serat Terhadap Kekuatan Tarik
Komposit Serat Pisang Lurus).
Tanggal dimulai :

Yogyakarta, 12 April 2005

Pembimbing II

Pembimbing I

Budi Setyahandana, S.T.,M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Bapak Kalmon Sumbayak dan Ibu Merlyana Sinaga yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk kuliah dan yang selama ini dengan sabar telah memberi dorongan dan nasehat yang sangat berarti bagi saya.
2. Kakak-kakak saya (Anie Devy Sumbayak, Betty Velly Sumbayak, Elvia Jenny Sumbayak), adik saya (Dien Seven Des C Sumbayak), Abang saya (Domu Hutahaean, Jeffry Jeywakabessy) yang sangat mendukung saya dalam kuliah.
3. Keponakan-Keponakan saya (Angel Jeywakabessy, Patrick Jeywakabessy, Glen Hutahaean, Welma Jeywakabessy dan Garnett Hutahaean).
4. Ita Andriati, terima kasih atas dukungan, bantuan dan cinta yang kau berikan.
5. Teman-teman dan saudara terbaikku Johnsu Dharman Sinaga, Vincentius Budi Utomo, Errik Prasetyawan, Vernando Dominikus Sinaga, Wijanarko, Watye Parera, Maria Mang Lili, Iano, Edo, Edo Sumbayak, Uin Sumbayak, Dayah, Saroh, Henny Safukh terima kasih untuk semua persahabatan dan persaudaraan kita selama ini dan selamanya kita tetap jadi saudara.

Thank's Jesus

"PRINCE"

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata-1 di Universitas Sanata Dharma. Pada Kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa pihak atas bantuan, bimbingan dan nasehat-nasehat yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada :

1. Romo Dr. Paul Suparno SJ. MST, 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. Yosep Agung Cahyanta, M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
4. Bapak Budi Setyahandana S.T., M.T., Dosen Pembimbing Tugas akhir.
5. Bapak I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T., Dosen dan Kepala Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma.
6. Bapak Ir. M. Rines Alapan, Dosen dan Kepala Laboratorium Teknologi Mekanik Universitas Sanata Dharma.
7. Ibu Kristine, Dosen dan kepala Laboratorium Kimia Analisis Fakultas Farmasi Universitas Sanata Dharma.

8. Bapak Martono dan Bapak Intan, Laboran Ilmu Logam Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
9. Bapak Kunto, Laboran Kimia Analisis Fakultas Farmasi Universitas Sanata Dharma.
10. Bapak Kalmon Sumbayak dan Ibu Merlyana Sinaga.
11. Saudara-saudaraku Anie Devy Sumbayak, Betty Velly Sumbayak, Elvia Lenny Sumbayak, Dien Seven Des C Sumbayak, Domu Hutahaeen dan Jeffry Leywakabessy.
12. Ita Andriati.
13. Johnsu Dharman Sinaga, Vincentius Budi Utomo, Errik Prasetyawan, Vernando Dominikus Sinaga, Wijanarko, Watye Parera, Maria Mang Lili, Lano, Edo, Edo Sumbayak, Uin Sumbayak, Dayah, Saroh, Henny Salukh.
14. B-Boy mike, B-Boy Eccko, B-Boy Oskar, B-Boy Dece, B-Boy Fajar, B-Boy Ogie, B-Boy Ade, B-Boy Freddy, B-Boy Dodie, B-Boy Gigin, B-Boy Nico, B-Boy Dewa.
15. Teman-teman Teknik Mesin dan semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas akhir ini belum sempurna sehingga penulis mengharapkan komentar atau saran membangun agar tulisan ini lebih sempurna.

Yogyakarta 26 April 2005

Penulis

INTISARI

Penelitian ini membahas tentang pengaruh fraksi berat serat terhadap komposit yang berpenguat serat pohon pisang. Komposit yang dibuat terdiri atas : serat pohon pisang lurus sebagai bahan penguat, resin Arindo 3210 AR dan katalis *metoxone* (methyle ethyl katone peroxide) sebagai bahan pengikat. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh fraksi berat serat pisang terhadap kekuatan tarik, regangan dan bentuk patahan yang terjadi pada bahan komposit setelah dilakukan uji tarik.

Langkah pertama dengan membuat cetakan utama dari kaca dengan ukuran cetakan 26 x 15 x 0,5 cm, kemudian membuat cetakan pembantu untuk benda uji komposit agar serat dapat ditarik dalam proses pencetakan. Benda uji yang dicetak pertama adalah benda uji matrik pengikat dengan ukuran 26 x 15 x 0,5 cm, kemudian di uji tarik sebanyak 4 kali dengan mengacu standar uji tarik ASTM D 638-1 (*Standard Test Methode for Tensile Properties of Plastic*). Kedua, dilakukan pembuatan benda uji serat pengikat dengan panjang panjang ukur 12cm dan diameter 3mm, kemudian dilakukan pengujian tarik sebanyak 2 kali. Ketiga, membuat benda uji komposit dengan fraksi berat 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dengan hasil cetakan berukuran 26 x 15 x 0.3 cm. Bahan komposit tersebut dipotong dan di uji tarik mengacu pada standar pengujian ASTM D 3039-76. Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali untuk setiap fraksi massa serat. Seluruh Proses pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Ilmu Logam Fakultas Teknik USD.

Setelah proses pengujian selesai didapatkan nilai uji tarik yang kemudian didapatkan nilai kekuatan tarik dan regangan benda uji matrik pengikat, serat penguat, dan komposit. Berdasarkan hasil penelitian maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut: pertama, fraksi berat serat pisang menaikkan kekuatan tarik bahan komposit bila dibandingkan dengan kekuatan tarik matrik pengikat, kekuatan yang paling besar sekitar $6,9 \text{ kg/mm}^2$ terdapat pada komposit dengan fraksi berat serat 1%. Kedua, semakin besar persentase serat maka regangan akan semakin kecil. Ketiga, Kerusakan yang terjadi pada komposit tergolong kerusakan patah getas (*brittle failure*).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN DAGTAR PENGUJI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENETAPAN NASKAH.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Sistematika Pembahasan.....	6
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Komponen Bahan Komposit.....	7
2.2 Klasifikasi Bahan Komposit.....	7
2.2.1 Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composite (MMC).....	7
2.2.2 Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composite, CMC).....	8
2.2.3 Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composite, PMC).....	9

2.3 Komposisi Fiber Glass Reinforced Plastic.....	10
2.3.1 Polyester.....	12
2.3.2 Serat.....	15
2.3.3 Bahan-Bahan Tambahan.....	15
2.4 Fraksi Berat Serat.....	17
2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan FRP.....	18
2.5.1 Orientasi Serat.....	19
2.5.2 Jenis Serat.....	20
2.5.3 Komposisi dan Bentuk Serat.....	21
2.5.4 Faktor Matrik.....	22
2.5.5 Fase Ikatan (<i>Bonding Phase</i>).....	22
2.6 Mekanika Komposit.....	23
2.7 Hubungan Tegangan dan Regangan Komposit.....	24
2.8 Teori Kegagalan Lamina.....	25
2.8.1 Teori Kegagalan Maksimum.....	25
2.8.2 Modulus Kegagalan Lamina.....	27
2.8.2.1 Modus Kegagalan Akibat Tegangan Tarik Longitudinal.....	27
2.8.2.2 Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Transversal.....	29
2.8.3 Modus Kegagalan Internal Mikroskopik.....	30

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Skema Jalan Penelitian.....	32
---------------------------------	----

3.2 Persiapan Benda Uji.....	33
3.2.1 Alat dan Bahan.....	33
3.2.2 Pembuatan Cetakan.....	36
3.3 Pembuatan Benda Uji.....	38
3.3.1 Pembuatan Benda Uji Matrik Pengikat.....	38
3.3.2 Pembuatan Benda Uji Komposit.....	40
3.4 Standar dan Ukuran Benda Uji.....	42
3.4.1 Benda Uji Matrik Pengikat.....	42
3.4.2 Benda Uji Serat Pengikat.....	43
3.4.3 Benda Uji Komposit.....	43
3.5 Metode Pengujian.....	44
3.5.1 Pengujian Matrik Pengikat.....	44
3.5.1.1 Pengujian Tarik Matrik Pengikat.....	44
3.5.1.2 Pengujian Massa jenis Matrik Pengikat...	44
3.5.2 Pengujian Serat.....	45
3.5.2.1 Pengujian Tarik Serat.....	45
3.5.2.2 Pengujian Massa Jenis Serat.....	45
3.5.3 Pengujian Komposit.....	45
3.5.3.1 Pengujian tarik Komposit.....	45
3.5.3.2 Pengujian Massa Jenis Komposit.....	46

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian Tarik Matrik Pengikat.....	47
4.2 Hasil Pengujian Tarik Serat Penguat.....	49
4.3 Hasil Pengujian Komposit.....	50
4.4 Model Kerusakan Komposit.....	55
4.5 Analisa Kekuatan Tarik Komposit Dengan Menggunakan Teori Tegangan Maksimum.....	55
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1.1 Grafik Kekuatan Tarik Komposit dan Komponen Penyusunnya
2. Gambar 2.1 Diagram Klasifikasi Komposit Serat
3. Gambar 2.2 Dagram Hubungan Antara Kekuatan, Fraksi Volume dan Susunan Serat
4. Gambar 2.5 Penampang Lintang Lamina Unidireksional Pada Arah-1
5. Gambar 2.6 Modus Kerusakan Pada Bahan Komposit Akibat Beban Tarik Longitudinal
6. Gambar 2.7 Kegagalan Pada Komposit Akibat Beban Tarik Transversal
7. Gambar 3.1 Skema Jalan Penelitian
8. Gambar 3.2 Serat Penguat
9. Gambar 3.3 Cetakan Utama
10. Gambar 3.4 Cetakan Pembantu
11. Gambar 3.5 Dimensi Cetakan Matrik Pengikat
12. Gambar 3.6 Dimensi Benda Uji Tarik Matrik Pengikat
13. Gambar 3.7 Dimensi Benda Uji Serat Penguat
14. Gambar 3.8 Dimensi Benda Uji Komposit
15. Gambar 4.1 Grafik Sifat Mekanik Matrik Pengikat
16. Gambar 4.2 Grafik Sifat Mekanik Serat Penguat
17. Gambar 4.3 Penampang Melintang Serat Pisang Dalam Komposit
18. Gambar 4.4 Grafik Tegangan Tarik Benda Uji Komposit

19. Gambar 4.5 Grafik Regangan Benda Uji Komposit..
20. Gambar 4.6 Grafik Kekuatan Tarik Rata-rata dan Regangan Rata-rata
21. Gambar 4.7 Kerusakan Debonding Pada Komposit
22. Gambar 4.8 Foto Bentuk Patahan Benda Uji Matrik Komposit
23. Gambar 4.9 Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit massa 1%
24. Gambar 5.0 Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit massa 2%
25. Gambar 5.1 Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit massa 3%
26. Gambar 5.2 Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit massa 4%
27. Gambar 5.3 Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit massa 5%

DAFTAR TABEL

1. Tabel 1.1 Kombinasi Dua Komponen Yang Dapat Dilakukan Pada Komposit
2. Tabel 3.1 Dimensi Cetakan Matrik Pengikat
3. Tabel 3.2 Dimensi dan Komposisi Benda Uji Komposit
4. Tabel 4.1 Sifat Mekanik Matrik Pengikat
5. Tabel 4.2 Sifat Mekanik Serat Penguat
6. Tabel 4.3 Sifat Mekanik Komposit Dengan Massa Serat 1%
7. Tabel 4.4 Sifat Mekanik Komposit Dengan Massa Serat 2%
8. Tabel 4.5 Sifat Mekanik Komposit Dengan Massa Serat 3%
9. Tabel 4.6 Sifat Mekanik Komposit Dengan Massa Serat 4%
10. Tabel 4.7 Sifat Mekanik Komposit Dengan Massa Serat 5%
11. Tabel 4.8 Tegangan Tarik dan Regangan Rata-rata

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peradaban manusia menyatakan bahwa bahan sangat berhubungan erat dengan kehidupan manusia. Berawal dari penemuan bahan logam dan non-logam yang digunakan untuk peralatan kehidupan sehari-hari, manusia berusaha menyatukan beberapa unsur bahan menjadi satu bahan campuran yang mempunyai sifat jauh lebih baik dari bahan sebelumnya.

Bahan teknik merupakan salah satu komponen yang berpengaruh terhadap perkembangan kemajuan teknologi. Penggunaan jenis bahan tertentu menunjukkan tingkat perkembangan teknologi yang digunakan pada masa itu.

Pada dekade terakhir ini komposit merupakan bahan teknik yang banyak digunakan dan terus dikembangkan. Sebagaimana kita ketahui komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat gabungan, yaitu gabungan antara bahan matrik atau pengikat dan *reinforcement* atau bahan penguat. Dalam berbagai aplikasi komposit terbukti efektif pada penggunaannya sebagai sebagai bahan teknik. Keunggulan komposit dibandingkan dengan bahan logam (Robert, J.M., 1975 : 1) :

1. Dapat dirancang dengan kekuatan dan kekakuan tinggi, sehingga dapat memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi sifat logam.
2. Sifat-sifat fatigue dan toughness yang baik.

Tugas Akhir Komposit

3. Dapat dirancang sedemikian rupa sehingga terhindar dari korosi.
4. Daya redam bunyi yang baik.
5. Bahan komposit dapat memberikan penampilan dan kehalusan permukaan lebih baik.

Bahan komposit sangatlah luas dalam penggolongan maupun penggunaannya. Dalam penggunaannya, jenis komposit sering dibedakan menurut bentuk dari bahan penguat yang terdapat matrik pengikatnya atau dapat juga dibedakan menurut bahan yang menjadi matrik pengikat itu sendiri. Bahan pengikat untuk komposit dapat berupa jenis serat maupun non serat (partikel dari flake). Sedangkan penggolongan untuk komposit menurut jenis matrik yang digunakan dapat dibedakan menjadi komposit bermatrik, pengikat jenis logam, keramik maupun polimer. Untuk komposit matrik logam disebut *Metal Matrix Composite* (MMC), komposit ini berisi campuran logam dan keramik seperti karbida wolfram, sedangkan komposit dengan matrik keramik disebut *Ceramic Matrix Composite* (CMC). Pada komposit ini digunakan *reinforcement agent* berupa oksida aluminium, karbida silikon dan serat untuk meningkatkan ketahanan terhadap suhu tinggi.

Komposit yang mempunyai matrik polimer disebut *Polimer Matrix Composite* (PMC), dalam komposit jenis ini penggunaan *reinforcement agent* serat sangat sangat aplikatif sekali, seperti pada produk *FRP* dan *RTM*. Untuk memperjelas beberapa kombinasi antara komponen-komponen yang menjadi penyusun pada komposit dapat dilihat pada table 1.1 berikut:

Tabel 1.1. Kombinasi Dua Komponen Yang Dapat Dilakukan Pada Komposit

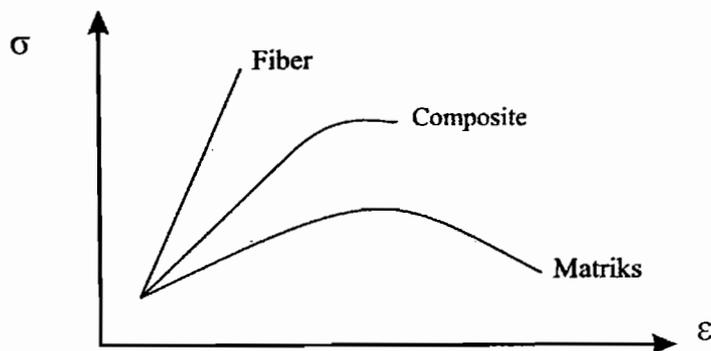
		Primary Phase, matrik		
		Metal (MMC)	Ceramic (CMC)	Polimer (PMP)
Secondary phase, Reinforcement	Metal	Kawat berpenguat baja	Alat-alat potong	Plastik berpenguat Whisker tembaga
	Ceramic	Fiber reinforced metal (cementit)	SiC Whisker reinforced Al_2O_3	Fiber reinforced plastics
	Polimer	NA	NA	Kevlar reinforced epoxy

NA : not aplicated

Dalam perkembangan teknologi bahan, komposit berpenguat serat merupakan suatu bahan yang aplikatif dalam kehidupan sehari-hari walaupun tidak dapat dielakkan penggunaan komposit dengan berpenguat bukan serat (*partikel* atau *flake*) juga sangat penting perannya. Pada komposit berpenguat serat dapat kita jumpai berbagai jenis bahan serat yang digunakan sebagai *reinforcement agent*. Namun secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu serat sintetik dan serat organik. Serat sintetik atau buatan dapat berupa serat gelas, *aramid*, *carbon*, *grafite*, *borom*, *Kevlar*. *Ceramic*, dan berbagai *jute*, *sisal*, *cotton* ataupun *abaca*.

Untuk komposit yang berpenguat non serat seperti flakes dan partikel bahan yang digunakan sebagai *reinforcement agent* dapat berupa serbuk kayu, karbida wolfram, mika mineral, talk, serbuk logam (Murphy.J., 1994 : 56).

Komposit serat merupakan perpaduan antara serat sebagai komponen penguat dan matrik sebagai komponen penguat serat. Serat biasanya mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih besar dari pada matriks dan pada umumnya bersifat ortotropik. Pada saat serat dan matrik 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 matrik yang digunakan. Dalam artian bahwa kemampuan komposit terdapat antara kemampuan serat dan matrik pengikatnya serta memiliki sifat-sifat dari bahan yang menjadi penyusunnya (Bambang Kismono Hadi, 2000 : 1).



Gambar 1.1. Grafik Kekuatan Tarik Komposit dan Komponen Penyusunnya (Murphy.J, 1994 : 182)

Fiber glass reinforced plastic adalah salah satu jenis komposit yang mempunyai komponen penguat serat. Bahan yang kita kenal dengan FRP ini, mempunyai komponen bahan penguat berupa serat gelas dan matrik pengikat berupa polimer (plastik), bahan komposit ini sering diaplikasikan sebagai komponen penunjang dalam produksi industri kimia, industri pengolahan kertas, pengolahan air minum dan air limbah, industri makanan dan masih banyak aplikasi yang ditemukan dalam bidang-bidang lain.

Karena memiliki sifat dan karakteristik khusus, maka komposit banyak digunakan dan terus dikembangkan dalam performasinya untuk aplikasi-aplikasi produk-produk baru.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui :

1. Pengaruh fraksi berat serat pisang terhadap kekuatan tarik pada bahan komposit.
2. Pengaruh fraksi berat terhadap regangan.
3. Bentuk patahan yang terjadi pada bahan komposit setelah dilakukan uji tarik.

1.3 Batasan Masalah

Komposit serat adalah sebuah material yang sangat dipengaruhi sifat dan jenis bahan dari bahan penyusunnya dalam hal ini khususnya serat pisang sebagai komponen penguat. Pada penelitian ini penulis membatasi masalah pada:

1. Pengujian yang dilakukan pada komposit adalah pengujian tarik.

2. Pada penelitian ini penulis menggunakan serat pisang hutan continuous dengan panjang 24cm sebagai bahan penguat komposit.
3. Matrik sebagai bahan pengikat yang digunakan adalah resin polyester Arindo 3210 AR yang diproduksi oleh PT ARINDO PACIFIC CHEMICALS.
4. Penelitian ini menggunakan orientasi serat searah.

1.4 Sistematika Pembahasan

Pada bab selanjutnya akan diuraikan mengenai komposit, matrik pengikat, serat penguat, tinjauan teoritis tentang teori kekuatan komposit serat continuous. Proses pembuatan spesimen serta pengujian mekanik yang mekanik yang dilakukan pada spesimen akan diuraikan pada bab tiga. Pada bab lima akan diberikan kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Komponen Bahan Komposit

Komposit didefinisikan sebagai Penggabungan dua macam bahan atau lebih dengan fase yang berbeda. Fase pertama disebut matrik yang berfungsi sebagai pengikat dan fase kedua disebut *reinforcement* yang berfungsi untuk memperkuat bahan komposit secara keseluruhan.

Matrik pada bahan komposit berbentuk :

1. Logam
2. Keramik
3. Polimer

Reinforcement pada bahan komposit berbentuk :

1. Fiber (serat)
2. Partikel
3. Flake

2.2 Klasifikasi Bahan Komposit

Berdasarkan matriknya bahan komposit diklasifikasikan sebagai berikut :

2.2.1 Komposit Matrik Logam (Metal Matrik Komposite, MMC)

Phase penguat pada komposit matrik logam dapat berupa partikel keramik atau fiber yang dapat terdiri dari logam, keramik, karbon dan

boron. Cermet merupakan suatu bahan komposit matrik logam dengan penguat berupa keramik. Cermet dapat dibedakan menjadi :

a. *Cermeted Carbides*

Bahan ini berisi satu atau lebih bahan karbida dalam matrik logamnya antara lain: Karbida Wolfram (WC), Karbida Titanium (TiC), Karbida Chrom (Cr_3C_2), Karbida Tantalum (TaC). Logam yang digunakan sebagai binder (pengikat) pada karbida ini adalah Nikel dan Cobalt. Nikel digunakan sebagai binder untuk karbida titanium dan karbida chrom. Binder yang digunakan sekitar 5-15% dan bila kadar Co pada WC-Co bertambah, maka kekerasan karbida tersebut akan berkurang. Karbida titanium digunakan pada pemakaian suhu tinggi, karena nikel yang terdapat didalamnya akan mengurangi laju oksidasi (korosi). Karbida ini banyak digunakan sebagai nosel turbin gas, kedudukan katub, dan *hot-workingspinning tools*. TiC-Ni dapat juga digunakan sebagai *cutting-tools* pada mesin perkakas.

b. *Oxide-based cermets*

Oxide-based cermets menggunakan alumina Al_2O_3 , MgO , dan matrik chromium (Cr). Bahan ini banyak digunakan sebagai cutting tool dan seal mekanis.

2.2.2 Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composite, CMC)

Keramik memiliki sifat-sifat yang cukup menarik seperti : kekakuan, kekerasan, kekuatan tekan yang tinggi serta kerapatan yang

rendah. Bahan ini juga memiliki beberapa kelemahan antara lain ketangguhan dan tegangan tarik rendah serta pada suhu tertentu mudah retak.

Matrik keramik dapat berupa : Alumina (Al_2O_3), Karbida Boron (B_4C), Nitride Boron (BN), Karbida Silikon (SiC), Nitride Silikon (Si_3N_4), Karbida titanium (TiC). Sebagai fiber dapat digunakan karbon, SiC, dan Al_2O_3 .

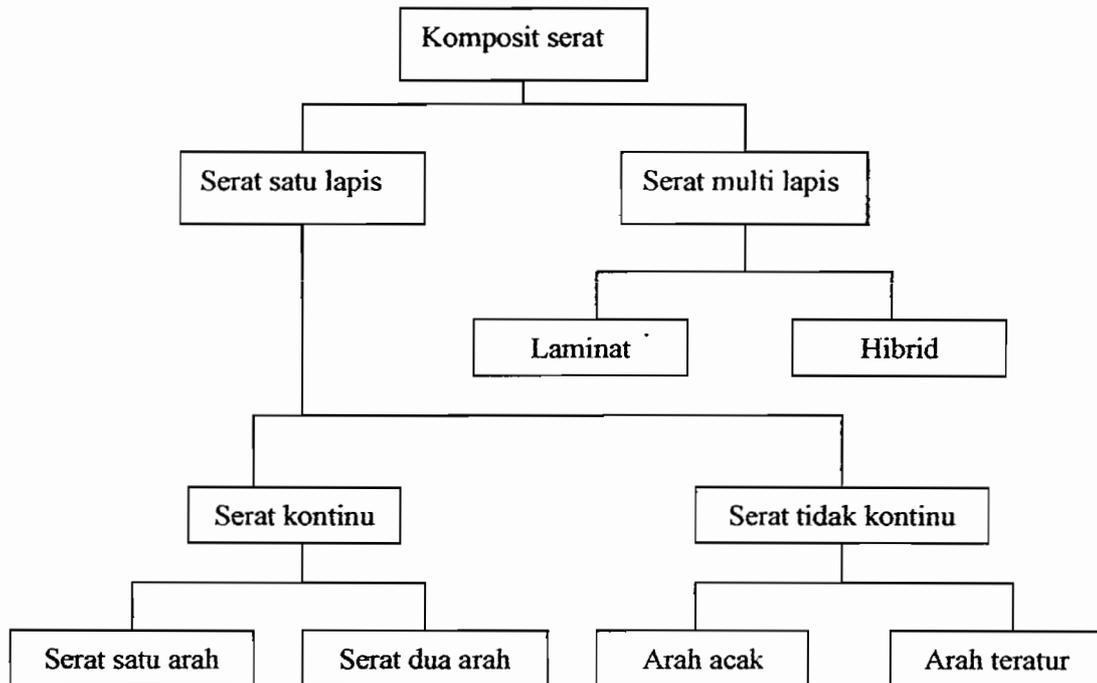
2.2.3 Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrik Composite, PMC)

Komposit ini menggunakan polimer sebagai matrik dan phase penguat berupa fiber, partikel, dan flake. Dalam perdagangan dikenal ada tiga kategori komposit sintetik : *Plastic molding compound*, *Rubber reinforced* dengan karbon titan, *Fiber reinforced polymer (FRP)*.

2.3 Komposisi Fiber Glass Reinforced Plastic

Bahan komposit serat adalah jenis bahan komposit yang umum dikenal, paling banyak dipakai dan dibicarakan, karena itu pengertian bahan komposit dalam tulisan ini berarti bahan komposit serat. Bahan komposit serat dapat diklasifikasikan ke dalam berbagai jenis bergantung pada geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat dimengerti karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Klasifikasi bahan komposit dapat dilihat pada gambar 2.1,

yang secara garis besar, bahan komposit serat terbagi menjadi dua macam, yaitu serat kontinu (*continuous fiber*) dan serat tidak kontinu (*discontinuous fiber*).



Gambar 2.1. Diagram Klasifikasi Komposit Serat (Bambang Kismono Hadi, 2000 : 3)

Ukuran penguat menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya luar. Semakin panjang ukuran serat, semakin efisien juga menahan gaya dalam arah serat. Serat yang panjang itu juga menghilangkan kemungkinan terjadinya retak sepanjang batas pertemuan antara serat dan matrik. Oleh karena itu bahan komposit serat kontinu sangat kuat dan liat (*taugh*) dibandingkan dengan bahan komposit serat tidak kontinu.

Selain bahan serat, komposit juga tidak terlepas dari bahan matrik. Tugas utama bahan matrik adalah mengikat serat bersama-sama. Hal ini dapat dimengerti karena sekumpulan serat tanpa matrik tidak dapat menahan gaya dalam arah tekan dan transversal. Matrik juga berguna untuk meneruskan gaya dari satu serat ke serat lainnya dengan menggunakan mekanisme tegangan geser.

Matrik pada umumnya terbuat dari bahan yang lunak dan liat. Polimer plastic merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Polimer adalah bahan matrik yang tidak dapat menerima suhu tinggi. Poliester, vinillester dan epoksi adalah beberapa jenis bahan polimer termoset yang sejak dahulu sudah dipakai sebagai bahan matrik. Sedangkan untuk bahan matrik termoplastik yang sering dijumpai adalah PEEK (*Poly-Ether-Ether-Katone*), PEI (*Poly-Ether-Imede*), PES (*Poly-Ether-Sulphone*) dan Nilon. Telah diutarakan sebelumnya bahwa gabungan dari serat dan matrik ini disebut bahan komposit. Bahan komposit menggabungkan keunggulan-keunggulan, kekuatan dan kekuatan serat dengan massa jenis matrik yang rendah hasilnya adalah srtu bahan yang ringan tetapi kuat dan kaku. Perkembangan Bahan Teknik Manufaktur pada saat ini sangat pesat. Bahan Fiber Glass Reinforced Plastics (GFRP) sebagai bahan berbasis plastik juga sudah mulai diaplikasikan dalam pembuatan berbagai produk. Selain ringan bahan ini juga mempunyai keunggulan dibidang ketangguhan dalam perlakuan dalam pembuatannya. Oleh karena itu bahan GFRP lebih banyak digunakan sebagai salah satu bahan teknik manufaktur.

Bahan GFRP ini mulai diperkenalkan pada tahun 1941 di Amerika sebagai bahan berbasis plastik berpenguat serat-serat E-glass. GFRP mulai merambah di negara-negara bagian Amerika dan eropa sekitar tahun 1946. Pada dekade 50-an antusiasme dari penggunaan material baru ini mulai memasuki berbagai bidang industri, sebagai contoh penggunaan dalam industri kimia adalah produk *Filament Winding Tank and pipe*. Sedangkan untuk bidang industri yang bergerak dalam bidang konstruksi produk yang digunakan berupa *Fiber Glass Sub Construction Beam* yang diproduksi dengan proses Pultrusion. Beberapa contoh diatas memperlihatkan bahwa GFRP berpenguat serat kontinu dapat sangat aplikatif dalam penggunaan dan penerapannya.

2.3.1 Polyester

Resin polyester tak jenuh adalah bahan matrik *thermosetting* yang paling luas dalam penggunaan sebagai matrik pengikat plastik, dari bagian yang menggunakan proses pengerjaan yang sangat sederhana sampai produk yang dikerjakan dengan proses menggunakan cetakan mesin.

Polyester sebagai resin *thermosetting* mempunyai kekuatan mekanis yang cukup bagus, memiliki kemampuan ketahanan terhadap bahan kimia, isolator listrik, selain itu harganya yang relatif murah. Dalam pengerjaan resin ini juga cukup mudah, karena tidak mengalami perubahan dimensi yang signifikan saat proses curing. Dalam pemakaian resin polyester, untuk mendapatkan hasil sebagai matrik pengikat harus melalui

proses curing. Resin polyester dapat mengalami proses curing dalam suhu kamar dengan cara mereaksikan peroxida organik atau dapat juga melalui penyinaran ultraviolet. Kemampuan proses curing ini dapat dipercepat dengan mereaksikan resin polyester bersama katalis (perioxida organik) dan komponen accelator.

Penggunaan accelator sebagai formula untuk mempersingkat proses curing dapat dipakai dalam proses suhu rendah maupun proses curing menggunakan suhu tinggi. Resin ini mulai mengalami proses curing saat terjadinya reaksi pada bahan pemicu yaitu katalis dan akselerator berupa cobalt. Reaksi panas eksoterm yang berlebihan antara kedua bahan ini dapat mengakibatkan kerusakan pada hasil, untuk menghindarinya maka harus dilakukan pengaturan suhu pada saat curing.

Polyester dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti dalam pembuatan komposit lembaran (SMC) dan pembuatan tangki-tangki penampungan (FW). Kemampuan resin polyester selain sebagai matrik pengikat serat yang bagus juga mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Tahan terhadap panas

Resin ini mempunyai berbagai variasi dalam pasaran, tergantung dalam aplikasi penggunaannya. Karakteristik klasifikasi bahan resin, viskositas mengalami sifat gel (gel time) pada suhu 25°C, dapat bereaksi pada suhu 80°C. Perubahan bentuk bahan dapat dipertahankan sampai pada suhu 70°C.

- Ketahanan terhadap bahan kimia

Bahan ini mempunyai kemampuan tahan terhadap pengaruh korosi bahan-bahan kimia. Dibandingkan dengan bahan logam besi cord dan baja, polyester mempunyai keunggulan terhadap korosi air laut, hydrochloric acid, weak acid, alcohol.

- Kemampuan bahan terhadap beban kejut dan tidak abrasive.

Polyester tak jenuh diperoleh dengan cara meneaksikan asam basa dengan alcohol dihidrat. Adanya reaksi kimia antara keduanya menghasilkan ikatan tak jenuh pada rantai utama polymer kemudian dengan mereaksikan 30% *styrene* sebagai monomer termasuk *vinil tolvone*, *methyl methacrylite* dan *ally alcohol derivates* dengan *polyester* sehingga berikatan dengan gugus tak jenuh saat pencetakan.

Resin polyester dapat mengalami curing dengan bantuan peroksida organik akan mengakibatkan reaksi polimerisasi yang bersifat radikal bebas. Polyester dapat mengalami proses curing pada suhu kamar dengan bantuan katalis (perioksida organik) sebagai pemicu initiator yang bergabung dengan accelerator atau promoter. *Polyester* juga dapat mengalami proses curing dengan penyinaran ultra violet sampai suhu 90°C. Beberapa suhu yang dipergunakan sebagai material dalam industri misalnya *orthopthalic*, *isopthalic*, iso NPG, *bisponel* (Murphy.J, 1994 :18)

2.3.2 Serat

Serat digunakan sebagai bahan penguat komposit. Kekuatan komposit dapat diatur dari persentase jumlah serat, pada umumnya semakin banyak jumlah serat maka kekuatan komposit akan bertambah. Serat organik salah satu serat yang bisa digunakan dalam pembuatan komposit yaitu serat yang berasal dari tumbuhan.

2.3.3 Bahan-bahan tambahan

Bahan sebagai pemicu (*initiator*) yang berfungsi untuk memulai dan mempersingkat reaksi curing pada temperatur ruang adalah katalis. Kelebihan katalis akan menimbulkan panas saat curing dan hal ini bisa merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan sebagai proses curing dalam pembuatan FRP berasal dari *organic peroxide* seperti *methyl ethyl ketone peroxide* dan *Acetyl acetone peroxide*.

Akselerator adalah suatu bahan yang sangat lazim yang digunakan dalam upaya mempercepat proses curing pada pembuatan FRP. Akselerator yang bereaksi dengan katalis, di dalam resin polyester akan memberikan reaksi exoterm antara suhu 80°C sampai 120°C. Cobalt, amine, vanadium adalah akselerator yang biasa digunakan dalam pembuatan FRP. Pada proses curing perbandingan komposisi yang dipergunakan sebagai campuran untuk cobalt akselerator sekitar 1% volume resin, sedangkan untuk katalis menggunakan perbandingan 0,5% dari volume resin (Wilee. J, 1998 : 19).

Filer, bahan ini dalam penggunaan dimaksudkan untuk mengurangi biaya dalam produksi. Selain itu filer juga dipergunakan untuk meningkatkan viskositas resin. Penggunaan filer sebagai bahan campuran tidak boleh memiliki 30% dari perbandingan terhadap berat resin. Alumina, calcium carbonate, serbuk silica adalah filer yang sering digunakan sebagai penyusun komposit FRP.

Pigmen dan pasta pewarna hanya dipergunakan pada akhir proses dari pembuatan FRP, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya penurunan kemampuan dari FRP, dan memperendah harga pembuatan. Apabila pigmen dan pasta pewarna ini harus dipakai pada produksi maka harus dipergunakan bahan yang sesuai karena bahan ini dapat mempengaruhi proses curing dari resin. Dalam pelapisan akhir (Gelcoating) perbandingan pigmen atau pasta pewarna adalah 10% sampai 15% dari berat resin. Zinc yellow, chrom orange, red iron oxide adalah beberapa pewarna yang sering digunakan dalam pembuatan FRP.

Karena proses pembuatan akan mengakibatkan lengketnya produk dengan cetakan maka untuk menghindari itu harus diadakan proses pelapisan terhadap cetakan dengan realese agent sebelum dilakukan pembuatan. Dalam pembuatan FRP pelapisan realese agent sangat penting sebelum pembuatan proses pencetakan dilakukan. Realese agent yang sering digunakan berupa *waxes* (semir), *mirror glass*, *polyvinyl alcohol*, *ascralon*, dan bahan lain yang berfungsi melapisi.

Selain bahan-bahan tersebut ada bahan tambahan lain untuk memberikan tampilan lebih baik dari material FRP ini. Aditif sebagai penambah kemampuan elektrik, bahan yang dapat meningkatkan kemampuan terhadap suhu tinggi seperti *melamine syanurate*, dan masih banyak lagi bahan yang dapat diaplikasikan.

2.4 Fraksi Berat Serat

Komponen penyusun bahan komposit mempunyai pengaruh terhadap sifat mekanik akhir bahan komposit. Besar pengaruh terhadap sifat mekanik akhir bahan komposit dapat ditinjau dari seberapa banyak komponen tersebut terdapat dalam bahan komposit. Dalam analisis sifat mekanik bahan komposit persamaan-persamaan yang digunakan menggunakan komponen fraksi volume, namun dalam kenyataannya pengukuran yang dilakukan berdasarkan fraksi berat. Fraksi volume merupakan ratio antara volume komponen penyusun dengan dengan volume total komposit.

Pada bahan komposit jumlah fraksi massa komponen penyusunnya harus sama dengan satu, dengan mengasumsikan tidak adanya void :

$$W_f + W_m = 1 \quad (2.1)$$

Dengan W_f = fraksi berat serat

W_m = Fraksi berat matrik

Massa jenis total komposit merupakan gabungan dari massa jenis komponen penyusunnya:

$$\text{dengan } \rho_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m \quad (2.2)$$

ρ_c = Massa jenis komposit

ρ_f = Massa jenis fiber

ρ_m = Massa jenis matrik

V_f = Volume fiber

V_m = Volume matrik

Dengan mengetahui besar massa jenis total komposit dan komponen penyusunnya maka fraksi volume serat akan dapat diketahui.

Fraksi massa serat dalam komposit merupakan parameter penting dalam dalam mengatur sifat mekanik komposit lamina yang dihasilkan. Pada umumnya besar fraksi massa bahan komposit berkisar antara 20% sampai 65%. Terdapat beberapa macam cara untuk mengetahui besarnya fraksi massa komposit, salah satunya adalah dengan menimbang bobot total komposit dan komponen-komponen penyusunnya untuk menghitung massa jenisnya kemudian diselesaikan dengan persamaan diatas.

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan FRP

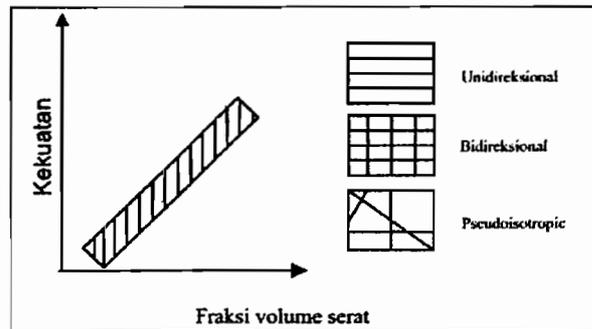
FRP adalah suatu bahan komposit yang diperkuat dengan serat dimana bahan yang berbentuk serat diikat dalam bahan lain yang disebut matrik. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi sifat bahan komposit yang diperkuat dengan serat adalah orientasi, panjang, bentuk, komposisi serat, dan sifat mekanik dari matrik, serta ikatan di dalam campuran antara serat dan matrik (*interface* atau *bonding*) (Wilee. J, 1998 : 10).

2.5.1 Orientasi Serat

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

- *Unidirectional* : serat disusun secara searah paralel satu sama lain, sehingga didapat kekakuan dan kekuatan optimal pada arah serat sedangkan kekuatan paling kecil terjadi pada arah tegak lurus serat.
- *Bidirectional* : serat disusun secara tegak lurus satu sama lain (ortogonal). Pada susunan ini kekuatan tertinggi terdapat pada arah pemasangan serat.
- *Pseudoisotropic* : Penyusunan serat dilakukan secara acak, sifat dan susunan ini adalah isotropic yaitu kekuatan pada satu titik pengujian mempunyai kekuatan yang sama.

Sifat mekanik dan pemasangan satu arah ini adalah jenis yang paling proporsional, Karena pada pemasangan satu arah serat ini dapat memberikan kontribusi pemakaian serat paling banyak. Hal tersebut disebabkan karena pemasangan serat yang semakin acak kontribusi serat yang dipasang akan semakin sedikit (fraksi massa kecil) mengakibatkan kekuatan komposit menurun, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Hubungan Antara Kekuatan, Fraksi Volume dan Susunan serat.

Jumlah serat bahan komposit serat dapat dinyatakan dalam bentuk fraksi massa serat (w_f) yaitu perbandingan massa serat (w_f) terhadap massa bahan komposit (w_c). Semakin besar kandungan massa serat dalam komposit maka akan meningkatkan kekuatan dari komposit tersebut.

2.5.2 Jenis serat

Berdasarkan ukuran panjang serat menjadi serat kontinu (continuous) secara teori serat panjang akan lebih efektif dalam hal transmisi beban dibandingkan serat pendek. Namun hal tersebut sulit diwujudkan dalam praktek, mengingat faktor manufaktur yang tidak memungkinkan dihasilkannya kekuatan optimum pada seluruh panjang fiber dan pada pembuatan pembuatan bahan komposit, karena pada pemakaian serat panjang terjadi ketimpangan pada penerimaan beban antara serat, sebagian serat mengalami tegangan sedangkan yang lain dalam posisi bebas dari tegangan. Sehingga jika komposit tersebut dibebani sampai mendekati kekuatan patahnya, sebagian serat akan patah

mendahului serat yang lainnya. Komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat dihasilkan kekuatan yang lebih besar dari pada yang diperkuat serat panjang yaitu dengan cara pemasangan orientasi pada arah optimum yang dapat ditahan oleh serat.

2.5.3 Komposisi dan Bentuk Serat

Berdasarkan bentuk, serat penguat mempunyai penampang lingkaran dan bentuk lain misalnya, bujur sangkar. Kekuatan serat dapat juga dilihat dari diameter serat, diameter serat yang semakin kecil maka maka penambahan kekuatan semakin cepat sebaliknya penambahan diameter akan mengakibatkan kekuatan berkurang.

Berdasarkan komposisi serat yang digunakan sebagian bahan penguat komposit dibedakan atas :

- Serat organik, yaitu serat yang berasal dari bahan organik, misalnya selulosa, polipropilena, grafit, serat jerami, serat pisang, serat kapas, dll.
- Serat anorganik, yaitu serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik, misalnya glass dan keramik. Adapun serat yang mempunyai kekuatan tinggi dan tahan panas (*hybrid fibre*).

2.5.4 Faktor Matrik

Adapun fungsi dari matrik adalah :

- Sebagai transfer dari beban, yaitu mendistribusikan beban ke serat sebagai bahan yang mempunyai modulus kekuatan tinggi.
- Sebagai pengikat fase serat pada posisinya, pada proses pembuatan bahan komposit yang diperkuat serat dan diikat oleh matrik, matrik harus mempunyai sifat adhesi yang baik terhadap serat untuk menghasilkan struktur komposit yang sempurna karena hal ini berhubungan erat dengan transfer beban. Jika matrik mempunyai sifat adhesi yang kurang baik maka transfer beban tidak sempurna dan menyebabkan kegagalan berupa lepasnya ikatan antara matrik dengan serat (*debonding failure*). Secara garis besar kualitas matrik ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kemampuan membasahi serat, banyak tidaknya rongga (void) saat dituang, temperatur atau tekanan curing, *viskositas* dan *pot life* selama proses *impregnasi*.
- Melindungi permukaan serat penguat dari abrasi yang diakibatkan oleh perlakuan secara mekanik misalnya gesekan antara serat.

2.5.5 Fase Ikatan (*Bonding Phase*)

Kemampuan ikatan antara fiber dan matrik dapat ditingkatkan dengan memberikan aplikasi perlakuan permukaan yang disebut dengan *coupling agent*, yang meningkatkan sifat adhesi antara matrik 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 antara serat sebelum dibuat menjadi struktur komposit.

2.6 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 pada 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 :

- Sifat mekanik komponen penyusunnya
- Geometri susunan masing-masing komponen
- *Interface* antar komponen

Mekanika komposit dapat dianalisis dari dua sudut pandang yaitu dengan analisa mikromekanik bahan komposit dengan memperlihatkan sifat-sifat mekanik bahan penyusunnya, hubungan antar komponen penyusun tersebut dan sifat-sifat akhir dari komposit yang dihasilkan. Sedangkan

analisa mikromekanik memperlihatkan sifat-sifat bahan komposit secara umum tanpa memperhatikan sifat maupun hubungan antara komponen penyusunnya (Robert.J.M, 1975 : 11). Jika komposit lamina diambil sebagai komponen dasar analisa bahan komposit, analisa makro mekanik dari lamina dapat diambil dari tegangan rata-rata, maupun sifat mekanik rata-rata dari bahan homogen yang ekuivalen.

2.7 Hubungan Tegangan dan Regangan Komposit

Secara makro mekanik bahan komposit dapat ditinjau sebagai bahan yang homogen tanpa memperhatikan hubungan antara komponen penyusunnya. Dengan penyederhanaan ini sifat mekanik dapat didekati dengan persamaan-persamaan mekanika bahan.

Hukum Hooke yang menyatakan hubungan tegangan dan regangan pada mekanika bahan dapat dinyatakan dengan (Robert.J.M., 1975 : 32) :

Persamaan :

$$\sigma_1 = C_{1\gamma} \times \varepsilon_\gamma \quad (2.3)$$

dengan σ_1 merupakan komponen tegangan, $C_{1\gamma}$ merupakan komponen matrik kekakuan bahan, dan ε_γ merupakan komponen regangan.

Pada bahan anisotropik, dimana bahan tersebut tidak mempunyai sumbu simetri, persamaan tersebut dapat ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut (Robert.J.M, 1975 : 34) :

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_{23} \\ \sigma_{31} \\ \sigma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45} & c_{46} \\ c_{51} & c_{52} & c_{53} & c_{54} & c_{55} & c_{56} \\ c_{61} & c_{62} & c_{63} & c_{64} & c_{65} & c_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{31} \\ \lambda_{12} \end{Bmatrix} \quad (2.4)$$

Analisa persamaan tersebut cukup kompleks, salah satu parameter yang membantu analisis mekanik bahan pada bahan komposit adalah sifat orthotropic dari bahan komposit yaitu bahwa bahan komposit mempunyai sifat-sifat yang bergantung pada arah namun sifat-sifat tersebut sama pada bidang simetri tertentu. Pada bahan yang bersifat orthotropik akan terdapat simetri pada matrik kekuatan bahan.

Pada analisis bahan komposit lamina mempunyai ketebalan yang relative kecil maka tegangan yang terjadi diasumsikan sebagai tegangan dua dimensi (*plane stress*).

Dalam penelitian ini Untuk menghitung kekuatan tarik dan regangan adalah

1. Kekuatan Tarik:

$$\sigma_u = \frac{\text{Beban}(F)}{\text{Luaspenampang}(A_0)} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (2.5)$$

2. Regangan:

$$\epsilon = \frac{\text{PertambahanPanjang}(\Delta L)}{\text{PanjangAwal}(L_0)} \times 100\% \quad (2.6)$$

2.8 Teori Kegagalan Lamina

2.8.1. Teori Kegagalan Maksimum

Pada teori tegangan maksimum, tegangan yang dialami lamina pada arah utama bahan harus lebih kecil dari kekuatan tarik maksimum bahan tersebut. Jika hal tersebut tidak terpenuhi komposit akan mengalami kerusakan (Robert.J.M., 1975 : 73).

$$\begin{aligned}\sigma_1 &< X_t \\ \sigma_2 &< Y_t \\ \tau_{12} &< S_t\end{aligned}\tag{2.7}$$

dengan :

X_t = tegangan tarik maksimum arah-1

Y_t = tegangan tarik maksimum arah-2

T_{12} = Tegangan maksimum arah bidang 1-2

Tegangan uniaksial arah θ dapat ditransformasikan ke arah sumbu utama bahan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sigma_x \cos^2 \theta \\ \sigma_2 &= \sigma_x \sin^2 \theta \\ \sigma_3 &= -\sigma_x \sin \theta \cos \theta\end{aligned}\tag{2.8}$$

Sehingga kriteria kegagalan tegangan tarik maksimum lamina unidireksional dapat ditulis dalam persamaan :

$$\begin{aligned}\sigma_x &< \frac{X}{\cos^2 \theta} \\ \sigma_x &< \frac{Y}{\sin^2 \theta} \\ \sigma_x &< \frac{X}{\sin \theta \cos \theta}\end{aligned}\quad (2.9)$$

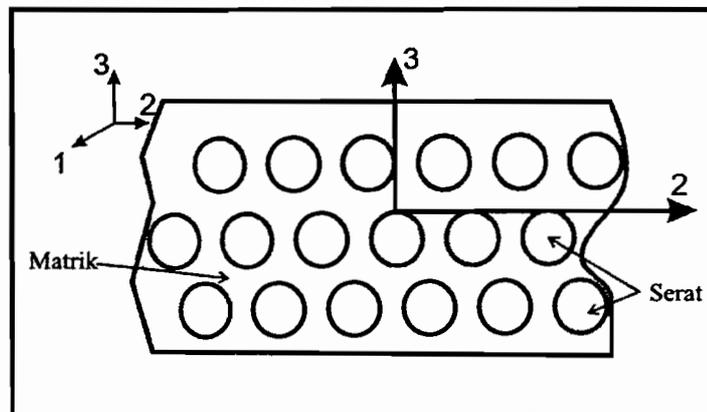
dengan :

X = Tegangan tarik maksimum arah-1

Y = Tegangan tarik maksimum arah-2

S = Tegangan geser maksimum bidang 1-2

Pada kondisi plane stress pada bidang 1-2 dari lamina unidireksional dengan orientasi arah serat pada arah 1, tegangan-tegangan pada arah 3 sama dengan nol ($\sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{23} = 0$).



Gambar 2.5. Penampang Lintang Lamina Unidireksional Pada Arah-1

2.8.2 Modulus Kegagalan Lamina

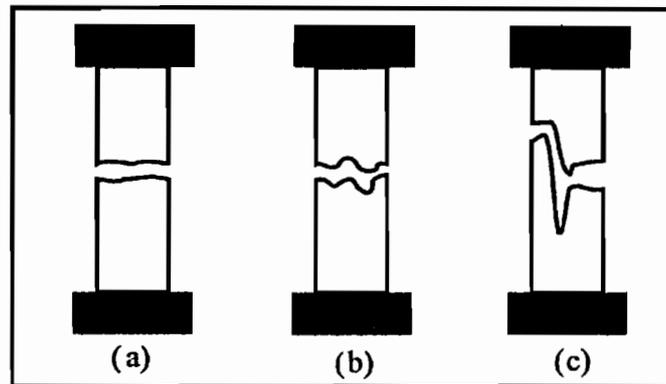
Pada umumnya ada tiga macam pembebanan yang menyebabkan suatu bahan komposit rusak, yaitu pembebanan tarik tekan baik dalam arah longitudinal maupun transversal, serta geser.

2.8.2.1 Modus Kegagalan Akibat Tegangan Tarik Longitudinal

Pada bahan komposit lamina yang diberi beban tarik searah serat, kegagalan bermula dari serat-serat yang patah pada penampang terlemah. Bila beban semakin besar, 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 relative kecil, kurang dari 50% beban maksimum. Pada mulanya ketika jumlah serat yang patah sedikit, matrik masih mampu menanggulangi hal tersebut dengan mendistribusikan gaya ke sekitar atau ke serat lainnya.

Bila serat yang patah semakin banyak, maka ada 3 kemungkinan (Bambang Krismono Hadi, 2000 : 136):

1. Bila matrik 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 pada gambar 2.6a.
2. Bila matrik tidak dapat menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul diujung serat dapat terlepas dari matrik (*debonding*) dan komposit rusak searah serat seperti nampak pada gambar 2.6b.
3. Kombinasi dari dua tipe di atas pada kasus ini patah serat yang terjadi di sembarang tempat bersamaan dengan kerusakan matrik. Modus kerusakan berwujud seperti sikat (*brush type*) seperti terlihat pada gambar 2.6c.



Gambar 2.6. Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal

Modus kegagalan diatas dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kekuatan serat dan matrik, maupun fraksi volume serat dan matrik. Bila fraksi volume serat pada pada bahan komposit mengecil , modus patahan yang terjadi kebanyakan bertipe getas. Suatu percobaan dengan bahan komposit 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 matrik atau bahkan rusak akibat gaya geser. Ini akan terjadi bila kandungan void (gelembung udara) pada bahan tersebut diabaikan.

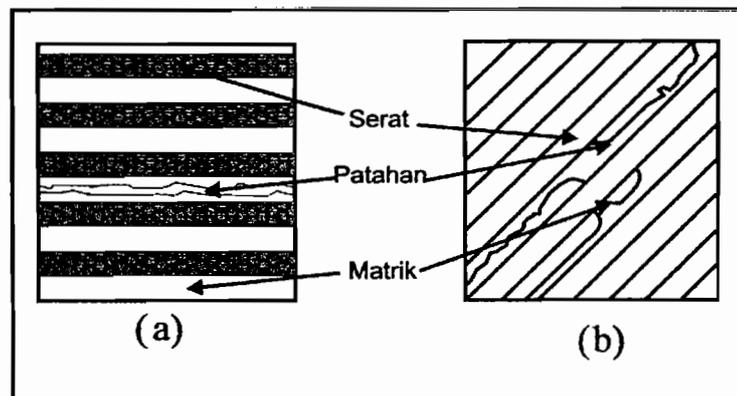
2.8.2.2 Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Transversal

Serat yang tegak lurus pada arah pembebanan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada interface antara serat dan matrik dan pada matrik itu sendiri karena itu bahan komposit yang mendapat beban

transversal akan gagal pada *interface* antar serat dan matrik meskipun kadang-kadang terjadi juga kegagalan trabsversal pada serat bila arah-arrah serat sangat acak dan lemah pada arah transversal. Dengan demikian modus kegagalan akibat beban tarik transversal terjadi karena (Bambang Krismono Hadi, 2000 : 141):

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

Gambar 2.7 menunjukkan modus kegagalan tarik pada matrik tersebut.



Gambar 2.7. Kegagalan pada komposit akibat beban tarik transversal (Bambang Krismono Hadi, 2000 : 41):

2.8.3 Modus Kegagalan Internal Mikroskopik

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

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

1. Patah pada serat (*fiber breaking*)
2. Retak mikro pada matrik (*matrik micro crack*)
3. Terkelupasnya serat dari matrik (*debonding*)
4. Terpisahnya lamina satu sama lain (*delamination*)

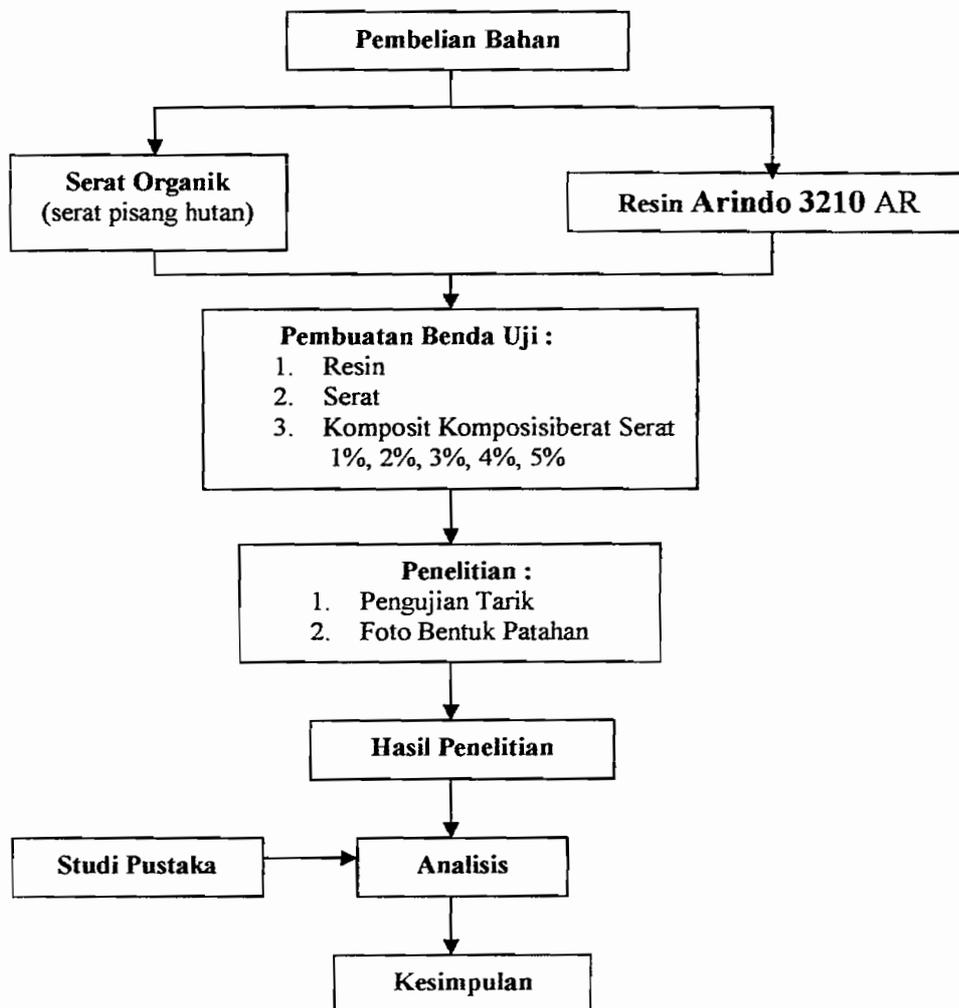
Kerusakan ini sama sekali tidak dapat diamati dengan mata telanjang dan baru dapat terlihat mata bila kerusakan cukup besar di tempat yang sama. Karena itu pada kondisi sebenarnya sangat susah untuk menentukan kapan suatu bahan komposit dikatakan rusak atau gagal.

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 (Bambang Krismono Hadi, 2000 : 132).

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Skema Jalan Penelitian

Agar lebih sistematis dalam penelitian maka dibuat alur penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema Jalan Penelitian

3.2 Persiapan Benda Uji

3.2.1 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan komposit dengan serat pisang dipergunakan alat-alat sebagai berikut:

1. Bahan-bahan untuk membuat cetakan : kayu, kaca, besi, skrup dan spons (dimensi sesuai dengan cetakan yang akan dibuat).
2. Alat pemotong (Gergaji, pisau, gunting)
3. Tempat untuk mengaduk dan mencampur resin (gelas plastik, stik pengaduk).
4. Alat Bantu dalam pencetakan (kuas, kapas)
5. Alat ukur (gelas ukur 500 cc, neraca, penggaris/meteran, jangka sorong)
6. Alat untuk finishing (gerinda, amplas, kikir)

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat komposit serat organik adalah sebagai berikut:

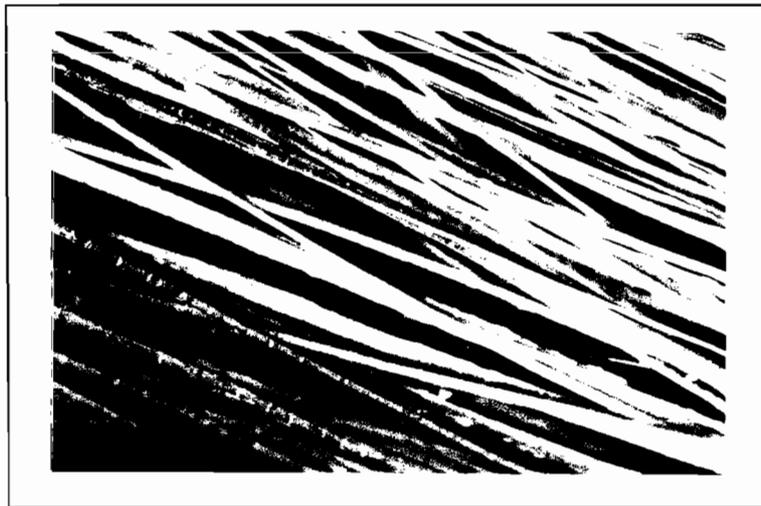
1. Resin

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin polyester produksi PT ARINDO PACIFIC CHEMICALS dengan tipe Arindo 3210 AR. Ciri-ciri dari resin ini berwarna merah muda.

Data dan perhitungan selengkapnya disajikan dalam lampiran tabel dan perhitungan.

2. Serat

Dalam penelitian ini serat yang digunakan adalah serat organik yaitu serat pisang hutan. Karena masih merupakan penelitian maka sifat mekanik dari serat ini diketahui dengan mengadakan pengujian secara langsung untuk mengetahui kekuatannya. Dari serat yang digunakan data dan perhitungan selengkapnya disajikan dalam lampiran tabel dan perhitungan.



Gambar 3.2. Serat Penguat

3. Katalis

Percabangan antara rantai polyester pada suhu kamar dapat terjadi pada waktu yang sangat lama. Untuk mempercepat dapat dipicu dengan penambahan katalis dengan perbandingan 1% volume, sehingga terjadi reaksi yang bersifat eksoterm. Ketika reaksi dimulai akan timbul panas (60-90°C) yang cukup untuk mereaksikan resin

sehingga diperoleh kekuatan maksimal dan bentuk plastik. Dalam penelitian ini digunakan katalis *metoxone* (methyle ethyl katone peroxide) untuk mempercepat laju curing komposit. Laju curing komposit ditentukan oleh jumlah katalis yang ditambahkan dalam resin, semakin banyak katalis yang ditambahkan semakin cepat laju curing yang dihasilkan. Namun jika katalis yang digunakan terlalu banyak matrik komposit yang dihasilkan cenderung bersifat getas, sehingga penggunaan katalis harus disesuaikan dengan kebutuhan. Dengan menggunakan katalis *metoxone* $\pm 1\%$ waktu yang dibutuhkan untuk curing berkisar antara 4-6 jam.

4. Release Agent

Karena dalam proses pembuatan dengan bahan resin ini akan bersifat *adhesive* maka untuk mempermudah pemisahan komposit dari cetakan diperlukan suatu bahan yang dapat mengurangi/menghilangkan sifat *adhesive* (daya rekat). Dalam hal ini yang digunakan sebagai anti *adhesive* dalam proses pembuatan komposit adalah *mirrorglass* atau MMA.

Pemakaian *release agent* berbentuk pasta ini digunakan dengan cara mengoleskan dan melapisi seluruh cetakan yang akan mengalami kontak langsung dengan resin pada saat pembuatan. Perlakuan pelapisan dengan bahan anti *adhesive* ini akan mempermudah proses pelepasan produk yang dibuat dari *moulding*/cetakan. Pelapisan *release agent* ini dapat dilakukan sebanyak 3 kali dalam setiap proses

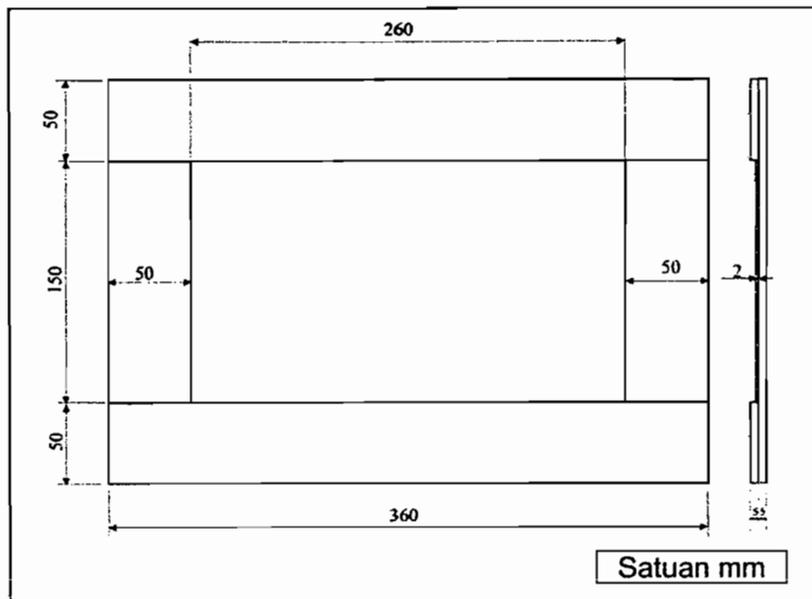
pembuatan, semakin banyak proses pelapisan akan semakin mengurangi sifat *adhesive* resin terhadap *moulding*.

5. Acetone

Acetone dapat digunakan untuk membersihkan resin yang belum mengalami proses pengeringan (*curing* sempurna) dari alat-alat yang kita gunakan dalam proses pembuatan. Pemakaian *acetone* hanya dapat berfungsi sebelum resin menjadi keras dan kering, apabila resin telah mengeras dan kering pada alat akan sulit dan lama dalam pelunakannya. Bahan *acetone* tidak dapat digunakan sebagai pengencer dalam pembuatan, walaupun bahan ini mempunyai sifat pengencer resin, karena pemakaian bahan ini akan mempengaruhi proses *curing* dan sifat dari bahan yang dihasilkan.

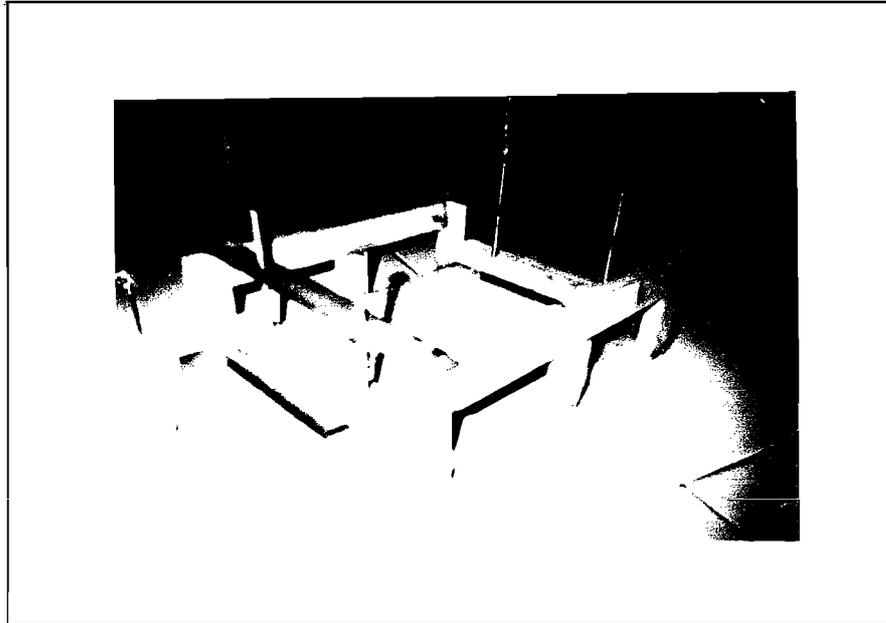
3.2.2 Pembuatan Cetakan

Pembuatan komposit serat pisang ini menggunakan cetakan kaca sebagai cetakan utamanya, sedangkan cetakan pembantu berupa kayu, besi, spons dan skrup, dimana nantinya dihasilkan komposit dengan bentuk dan dimensi yang sama dengan bentuk dan dimensi dari produk yang dibuat dari cetakan tersebut. Bentuk dan dimensi cetakan utama dapat dilihat dari Gambar 3.3. berikut.



Gambar 3.3. Cetakan utama

Cetakan pembantu berfungsi untuk menarik dan menekan serat. Karena serat panjang dan untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka dalam pencetakan diperlukan penarikan serat. Setelah serat ditarik maka harus di tekan bagian pinggirnya dengan menggunakan alas spons, yang ditekan dengan menggunakan skrup. Bentuk dan dimensi cetakan pembantu dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Cetakan pembantu

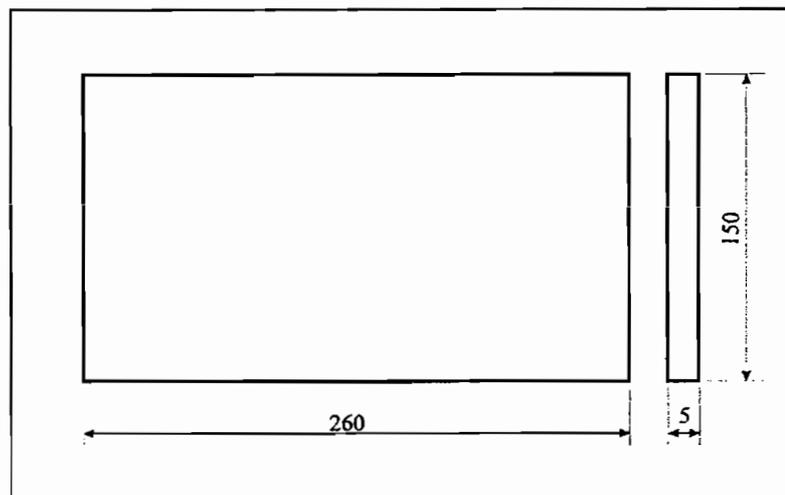
3.3. Pembuatan Benda Uji

3.3.1. Pembuatan Benda Uji Matrik Pengikat

Pembuatan benda uji matrik pengikat sangat sederhana karena hanya menggunakan cetakan utama yang berupa kaca. Matrik pengikat yang dicetak mempunyai dimensi 26x15 cm dengan tebal cetakan yang dihasilkan mencapai 5 mm. Dimensi dari cetakan dibuat berdasarkan dimensi hasil akhir benda yang diharapkan seperti yang dihasilkan dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1. Dimensi Cetakan Matrik Pengikat

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm ³)
260	150	5	195



Gambar 3.5. Dimensi Dari Cetakan Matrik Pengikat

Langkah-langkah pencetakan benda uji matrik pengikat adalah sebagai berikut:

1. Permukaan cetakan dilapisi dengan release agent. Pelapisan dilakukan sebanyak 3 kali, setiap pelapisan dikeringkan terlebih dahulu pada sinar matahari sampai menjadi keras seperti lapisan lilin. Pelapisan release agent dilakukan untuk mempermudah pelepasan produk dari cetakan.
2. Resin disiapkan sesuai dengan volume cetakan sebesar 200 gr (185 ml). Resin diletakkan pada sebuah wadah pencampur ditambahkan

katalis sebanyak $\pm 1\%$ dari jumlah resin. Berarti katalis yang digunakan sebanyak 2 gr.

3. Campuran resin dan katalis diaduk sampai rata. Setelah campuran teraduk rata dituang ke dalam cetakan. Campuran yang dituang ke dalam cetakan diusahakan rata-rata air.
4. Proses curing terjadi pada kurung waktu 8-12 jam. Matrik dikeluarkan dari cetakan.
5. Potong-potong produk sesuai dengan ukuran spesimen.

Catatan : penggunaan acetone untuk membersihkan peralatan dari resin lakukan sebelum resin mengering dan menjadi keras.

3.3.2. Pembuatan Benda Uji Komposit

Proses pembuatan dan pencetakan benda uji komposit berbeda dengan pembuatan benda uji matrik, dimana pada pembuatan benda uji komposit harus menggunakan cetakan pembantu karena adanya serat yang digunakan sebagai bahan tambahan penguat. Langkah-langkah pencetakan benda uji komposit adalah sebagai berikut:

1. Cetakan disiapkan, kemudian cetakan dilapisi release agent sebanyak 3 kali.
2. Serat organik yang masih panjang sesuai dengan persentase serat yang dibutuhkan disiapkan, dimana sudah dilakukan penimbangan dan perhitungan terlebih dahulu sehingga nantinya didapat jumlah serat yang dibutuhkan. Panjang serat ± 60 cm dibentangkan sepanjang

cetakan dan diusahakan memiliki lebar sesuai dengan cetakan (lebar 15 cm). Agar serat bisa tegang selama pencetakan, maka harus dilakukan penarikan kedua ujung serat dan penjepitan serat di kedua ujung cetakan dengan bantuan spon dan skrup. Sewaktu dilakukan penarikan maka skrup juga harus dikencangkan sampai didapatkan kelurusan maksimal serat.

3. Resin dan katalis disiapkan sebanyak persentase yang dibutuhkan yang sesuai dengan persentase serat yang digunakan. Resin dan katalis dicampur dalam gelas plastik dan diaduk hingga rata.
4. Campuran resin dan katalis dituang kedalam cetakan yang sudah berisi serat secara perlahan, dan diusahakan dituang merata ke seluruh cetakan sampai seluruh serat tertutup.
5. Setelah 4-6 jam proses curing selesai, komposit dapat dilepas dari cetakan. Hasil cetakan benda uji komposit dipotong menurut standar pengujian tarik.

Catatan : penggunaan acetone untuk membersihkan peralatan dari resin lakukan sebelum resin mengering dan menjadi keras.

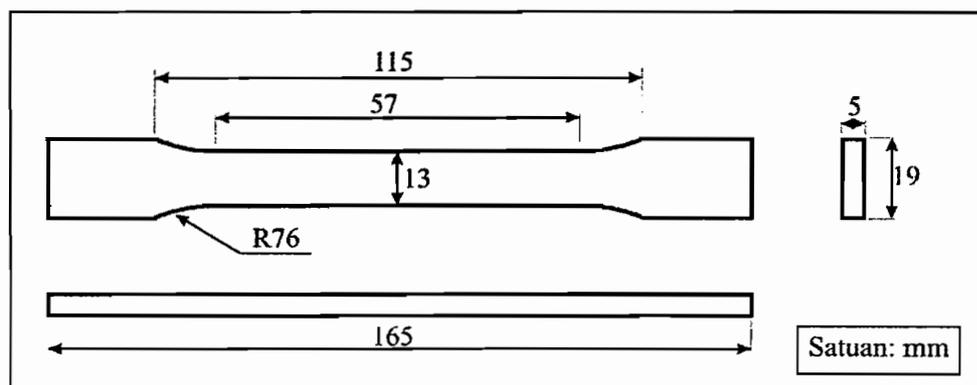
Tabel 3.2. Dimensi dan Komposisi Benda Uji Komposit

No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm ³)	Berat Fiber (gr)	Berat resin (gr)	Berat Katalis (gr)	Berat komposit (gr)
1	260	150	3	117	10	188,1	1,90	200
2	260	150	3	117	8	190,08	1,92	200
3	260	150	3	117	6	192,06	1,94	200
4	260	150	3	117	4	194,04	1,96	200
5	260	150	3	117	2	196,02	1,98	200

3.4. Standard dan Ukuran Benda Uji

3.4.1. Benda uji matrik pengikat

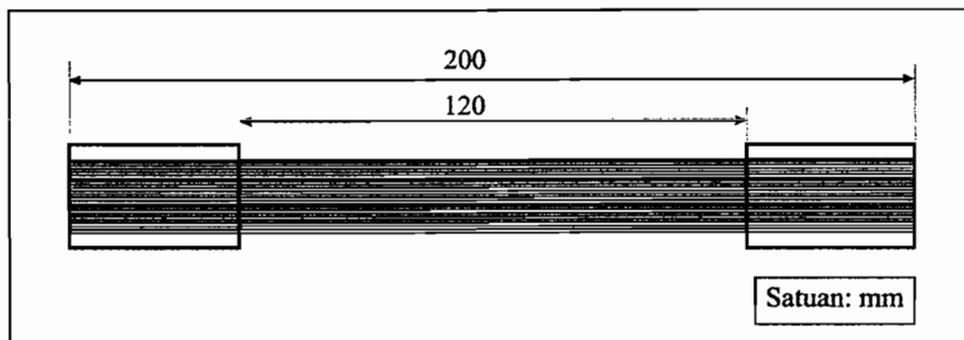
Pengujian matrik pengikat mengacu pada standar pengujian ASTM D 638-1 (*Standar Test Methode for Tensile Properties of Plastic*). Dimensi benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.6. Dimensi Benda Uji Tarik Matrik Pengikat

3.4.2. Benda uji serat pengikat

Pengujian tarik serat penguat dilakukan dengan membuat dimensi benda uji sendiri, dimana kedua ujung serat penguat diikat dengan resin. Untuk mempermudah mengetahui luas penampang serat maka serat dipelintir agar diketahui diameter dari serat penguat tersebut yaitu 3 mm. Dimensi serat penguat yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.7. Dimensi Benda Uji Serat Penguat

Luas penampang untuk serat penguat:

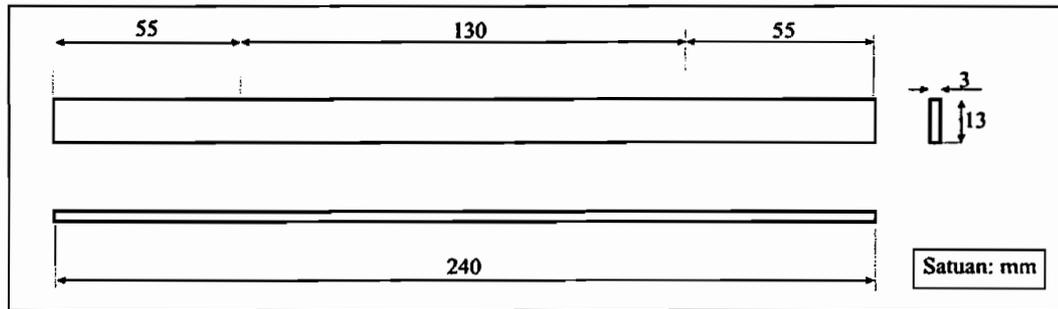
$$A_o = \pi \times r^2$$

$$A_o = \frac{22}{7} \times 1,5^2 \quad (3.1)$$

$$A_o = 7,065 \text{ mm}^2$$

3.4.3. Benda Uji Komposit

Pengujian tarik komposit mengacu pada standar pengujian ASTM D 3039-76, dimensi benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.8. Dimensi Benda Uji Komposit

3.5. Metode Pengujian

3.5.1. Pengujian Matrik Pengikat

3.5.1.1. Pengujian Tarik Matrik Pengikat

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik matriks pengikat secara terpisah digunakan pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik. Dalam pengujian matrik pengikat ini digunakan 4 buah benda uji dengan dimensi benda uji sesuai dengan standar ASTM D 638-91.

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

3.5.1.2. Pengujian massa jenis matrik pengikat

Massa jenis matrik pengikat ditentukan dengan persamaan (3.1) dengan menggunakan matrik pengikat yang telah dicetak, dengan dimensi panjang 260 mm, lebar 150 mm dan tebal 5 mm. Massa matrik pengikat

telah diketahui dari penimbangan awal resin yaitu 200 gr. Persamaan untuk menghitung massa jenis matrik pengikat :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.2)$$

dengan; v = volume (cm^3)

ρ = massa jenis (gr/cm^3)

m = bobot (gr)

3.5.2. Pengujian Serat

3.5.2.1. Pengujian Tarik Serat

Dalam penelitian untuk mengetahui sifat-sifat mekanik serat penguat dilakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik. Untuk mengetahui kekuatan serat digunakan dua buah benda uji yang dimensi benda uji telah ditentukan oleh penulis dimana nanti akan mempermudah untuk menghitung kekuatan dari serat pengikat. Dalam pengujian tarik menggunakan mesin tarik ini diperoleh print-out berupa grafik hubungan beban dan pertambahan panjang yang terjadi selama pengujian.

3.5.2.2. Pengujian Massa Jenis Serat

Massa jenis serat ditentukan dengan menentukan dimensi dari serat pengikat dimana serat mempunyai panjang 100 mm dan diameter setelah dipuntir 3 mm. Kemudian serat ditimbang sehingga diketahui massa dari serat tersebut.

3.5.3. Pengujian Komposit

3.5.3.1. Pengujian Tarik Komposit

Pengujian komposit dilakukan untuk semua komposit dengan komposisi serat 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dengan menggunakan mesin uji tarik. Dalam pengujian tarik komposit menggunakan 4 buah benda uji tarik untuk setiap persentase serat dengan dimensi benda uji sesuai dengan standar ASTM d 3039-76.

Pada pengujian ini diukur perpanjangan dan beban yang terjadi selama pengujian berlangsung. Hasil pengujian tarik berupa print-out grafik hubungan beban dan penambahan panjang selama pengujian berlangsung.

3.5.3.2. Pengujian Massa Jenis Komposit

Massa jenis komposit total dapat ditentukan dengan dengan menghitung bobot volume komposit yang dihasilkan pada pembuatan komposit dengan dimensi tebal 3 mm, panjang 260 mm, lebar 150 mm.

Pengujian massa jenis komposit dapat juga dilakukan dengan standar JIS 7032 dengan dimensi benda 50 mm x 50 mm dan ketebalan sesuai dengan benda uji yang dibuat yaitu 3 mm, menggunakan lima buah benda uji. Dengan membandingkan massa jenis pada setiap percobaan maka akan diketahui massa jenis komposit rata-rata.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian dilakukan beberapa pengujian tarik secara terpisah yaitu pengujian tarik untuk matrik pengikat, serat penguat dan komposit yang dihasilkan, ini dilakukan untuk mengetahui beberapa sifat mekanik matrik pengikat, serat penguat, dan komposit. Hasil pengujian, analisis dan perhitungan disajikan dalam bentuk tabel. Sedangkan data selengkapnya mengenai hasil pengujian disajikan dalam lampiran.

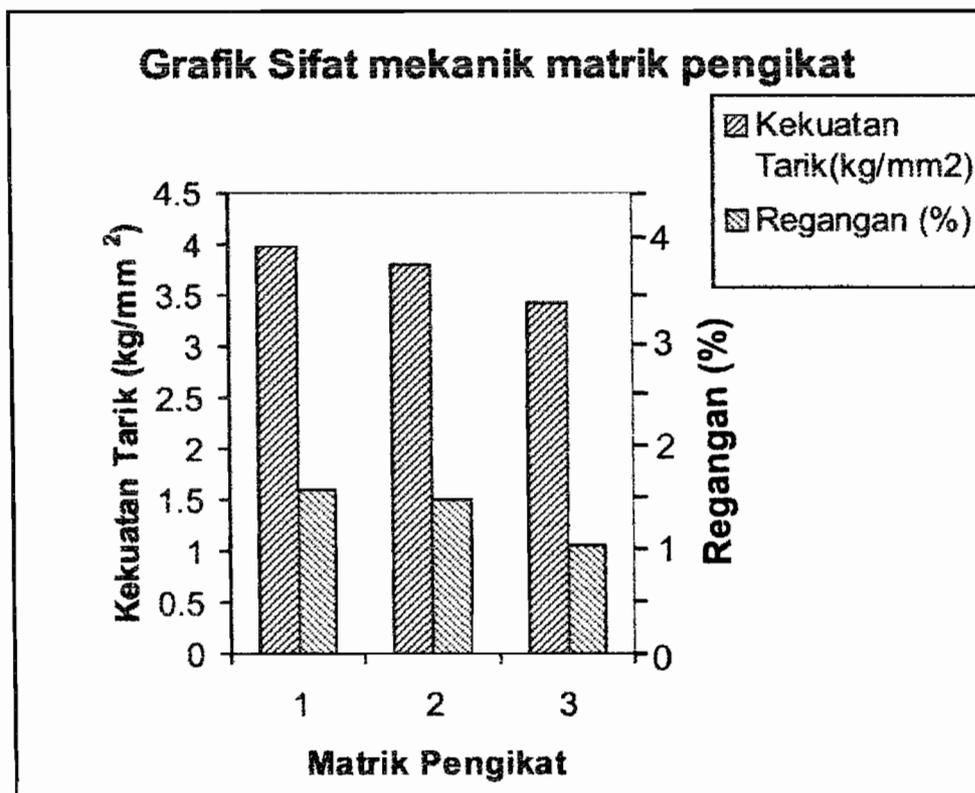
4.1. Hasil Pengujian Tarik Matrik Pengikat

Pengujian yang dilakukan dengan mesin uji tarik menghasilkan print-out grafik hubungan beban-pertambahan panjang pada masing-masing benda uji, contoh disajikan pada lampiran. Dengan pembacaan grafik beban-pertambahan panjang tersebut diperoleh beberapa sifat mekanis yang disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Sifat Mekanik Matrik Pengikat

No	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas penampang awal A_o (mm ²)	Panjang awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	259,2	2,75	65	165	3,987	1,6
2	246,7	2,51	65	165	3,795	1,5
3	223,2	1,72	65	165	3,433	1,04

Dari pengujian tarik terhadap matrik pengikat, menunjukkan perpanjangan yang cukup tinggi, matrik polimer dalam aplikasi komposit secara umum dikenal dengan sifat regangan yang tinggi jika meninjau model kerusakan matrik yang terjadi, model kerusakan yang terjadi cenderung berupa patah getas sehingga matrik pengikat yang digunakan bersifat getas.



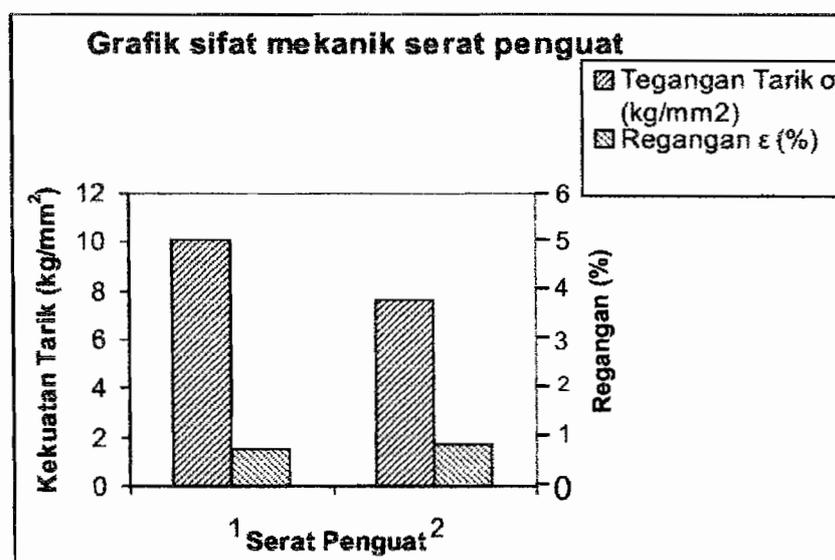
Gambar 4.1. Grafik Sifat Mekanik Matrik Pengikat

4.2. Hasil Pengujian Tarik Serat Penguat

Pengujian yang dilakukan dengan mesin uji tarik menghasilkan print-out grafik hubungan beban-pertambahan panjang pada masing-masing benda uji, contoh disajikan pada lampiran. Dengan pembacaan grafik beban-pertambahan panjang tersebut diperoleh beberapa sifat mekanis yang disajikan dalam Tabel 4.2.

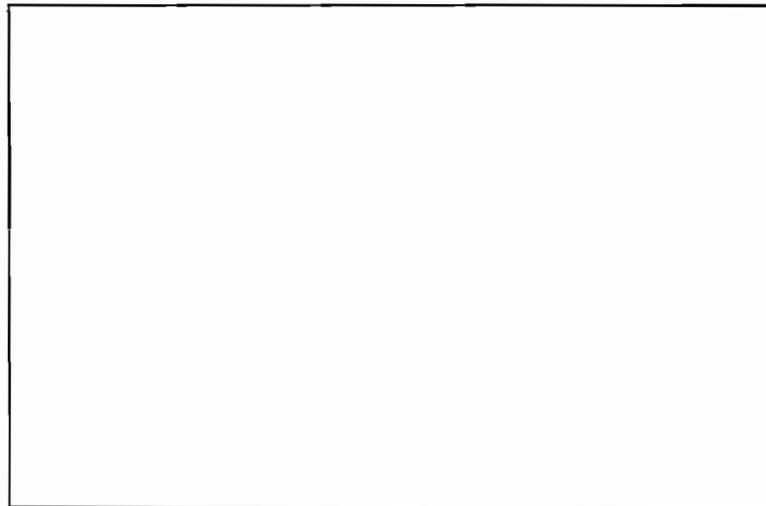
Tabel 4.2. Sifat Mekanik Serat Penguat:

No	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas penampang awal A_0 (mm ²)	Panjang Ukur awal L_0 (mm)	Tegangan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	71,6	2,75	7,065	180	10,13	1,52
2	53,7	3,10	7,065	180	7,60	1,72



Gambar 4.2. Grafik Sifat Mekanik Serat Penguat

Dari tabel sifat mekanik serat penguat diatas menunjukkan bahwa tegangan tarik dari serat sangat besar bila dibandingkan dengan kekuatan tarik komposit. Regangan yang terjadi pada serat juga cukup tinggi dibandingkan dengan komposit.



Gambar 4.3. Penampang Melintang Serat Pisang Dalam Komposit

4.3. Hasil Pengujian Komposit

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik menghasilkan print-out grafik hubungan beban-pertambahan panjang yang disajikan dalam lampiran. Dari analisis grafik pengujian tarik diperoleh beberapa sifat mekanik komposit yang ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tugas Akhir Komposit

Tabel 4.3. Sifat Mekanik Komposit Dengan Fraksi berat Serat 1% :

No	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas penampang awal A_o (mm ²)	Panjang Ukur awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	241,2	2,15	39	240	6,180	0,87
2	291,7	2,60	39	240	7,476	1,08
3	241,5	1,85	39	240	6,190	0,7
4	298,2	2,10	39	240	7,646	0,87

Tabel 4.4. Sifat Mekanik Komposit Dengan Fraksi berat Serat 2% :

No	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas penampang awal A_o (mm ²)	Panjang Ukur awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	210,4	1,85	39	240	5,390	0,7
2	206,2	2,20	39	240	5,287	0,9
3	208,0	1,80	39	240	5,330	0,75
4	196,0	2,05	39	240	5,025	0,85

Tabel 4.5. Sifat Mekanik Komposit Dengan Fraksi berat Serat 3% :

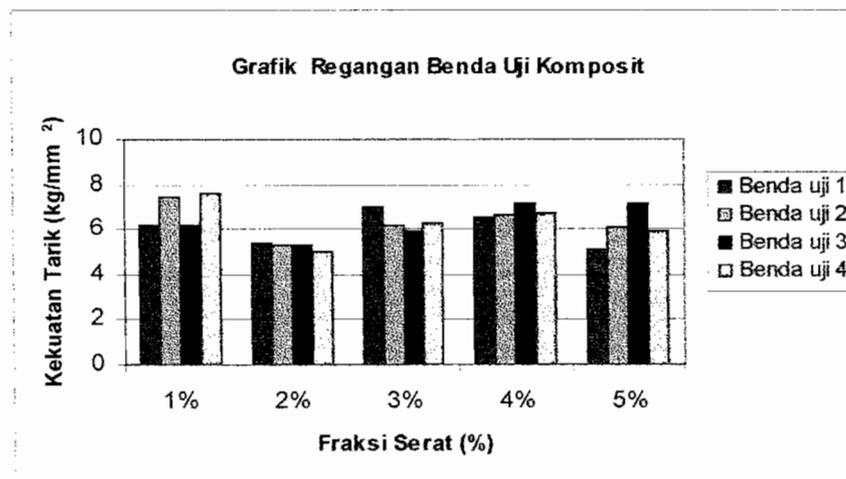
No	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas penampang awal A_o (mm ²)	Panjang Ukur awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	271,4	2	39	240	6,990	0,83
2	240,8	1,60	39	240	6,174	0,6
3	231,9	2,05	39	240	5,946	0,85
4	246,4	1,95	39	240	6,317	0,81

Tabel 4.6. Sifat Mekanik Komposit Dengan Fraksi berat Serat 4% :

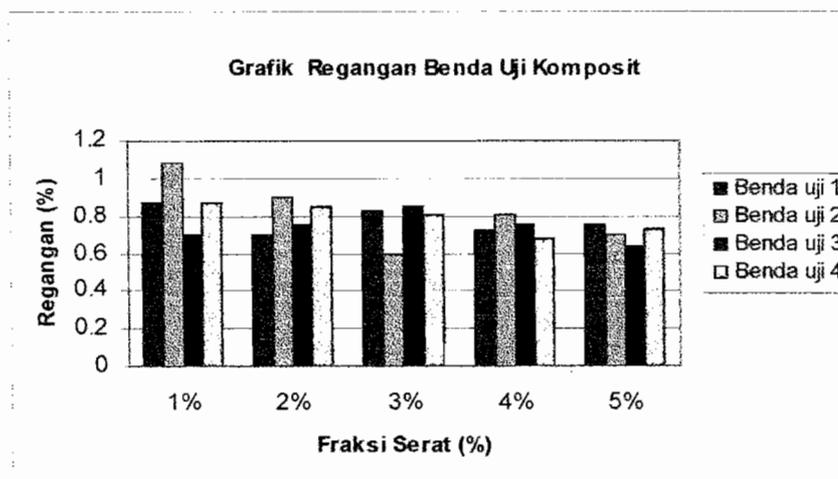
No	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas penampang awal A_o (mm ²)	Panjang Ukur awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	253,9	1,75	39	240	6,510	0,72
2	260,6	1,95	39	240	6,680	0,81
3	278,0	1,80	39	240	7,128	0,75
4	260,9	1,65	39	240	6,689	0,68

Tabel 4.7. Sifat Mekanik Komposit Dengan Fraksi berat Serat 5% :

No	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas penampang awal A_o (mm ²)	Panjang awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	200,2	1,80	39	240	5,130	0,75
2	239,3	1,70	39	240	6,135	0,70
3	278,8	1,55	39	240	7,148	0,64
4	230,9	1,75	39	240	5,920	0,73



Gambar 4.4. Grafik Tegangan Tarik Benda Uji Komposit



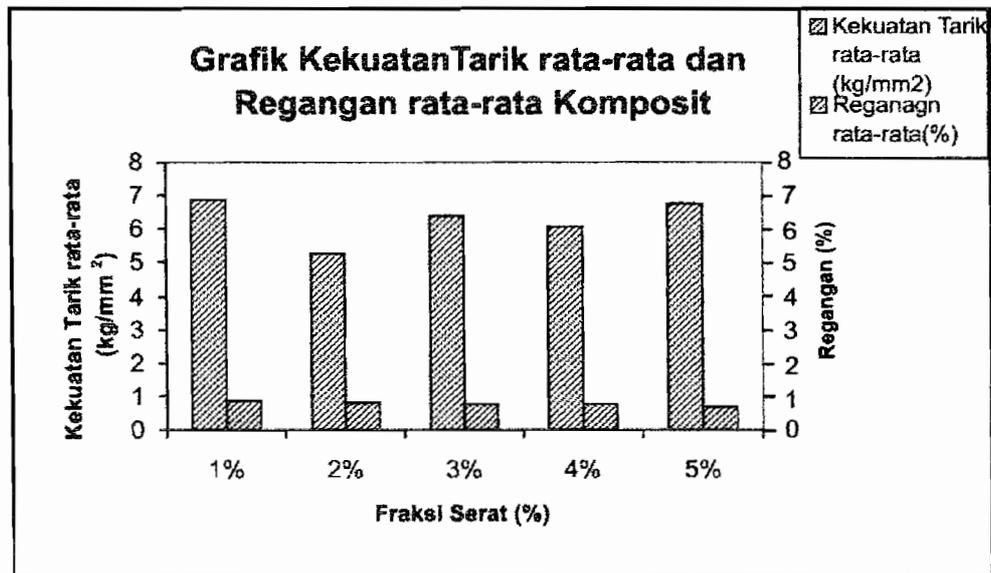
Gambar 4.5. Grafik Regangan Benda Uji Komposit

Dari pengujian tarik terhadap komposit pada variasi berat serat telah diperoleh beberapa sifat mekanik pada setiap fraksi berat serat yang ditentukan. Dari tabel diatas penambahan fraksi berat serat tidak menyebabkan meningkatnya tegangan tarik pada komposit, justru kekuatan tarik tertinggi ada pada serat dengan fraksi serat 1%. Tegangan yang terjadi ditumpu oleh serat penguat dan matrik pengikat yang mengalami 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.

Dari masing-masing fraksi berat serat dapat diambil nilai rata-rata tegangan tarik dan regangan yang ditunjukkan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Kekuatan Tarik dan Regangan Rata-Rata

No	Fraksi (%)	Kekuatan Tarik (σ) rata-rata (kg/mm ²)	Regangan (ϵ) rata-rata (%)
1	1	6,8737	0,88
2	2	5,2530	0,80
3	3	6,3567	0,77
4	4	6,0832	0,74
5	5	6,7517	0,70



Gambar 4.6. Grafik kekuatan Tarik Rata-Rata dan Regangan Rata-Rata

Dari hasil pengujian tarik komposit diatas, fraksi serat 2% mempunyai kekuatan tarik terendah. Rendahnya kekuatan tarik ini disebabkan kurang hati-hatian pada saat melakukan proses pencetakan benda uji. Kemungkinan paling besar yang mempengaruhi rendahnya kekuatan tarik ini adalah karena persentasi katalis yang terlalu banyak, dimana persentasi katalis yang terlalu banyak akan mengakibatkan benda uji menjadi getas sehingga kekuatannya berkurang. Faktor yang lain yang menyebabkan menurunnya kekuatan tarik ini adalah kurang lurus nya serat pada saat pencetakan, hal ini terlihat pada Gambar 4.10. Karena serat tidak lurus pada komposit maka distribusi beban dari matrik pengikat ke serat menjadi tidak optimal, hal ini mengakibatkan kekuatan komposit menurun.

4.4. Model Kerusakan Komposit

Kerusakan yang terjadi pada komposit serat searah cenderung tergolong kerusakan jenis patah getas, karena patahan yang terjadi cenderung tegak lurus terhadap arah pembebanan seperti pada gambar patahan komposit. Ketika jumlah serat yang terputus masih sedikit dan kekuatan *interface* antar serat dan matrik baik, matrik 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*).

Selain mengalami patah getas komposit menjadi lemah juga karena terkelupasnya serat dari matrik (*debonding*), seperti terlihat pada Gambar 4.7 ada serat yang terpisah dari matrik pengikatnya, hal ini akan mengakibatkan menurunkan kekuatan serat.

Kerusakan komposit juga terjadi karena kurang ratanya serat diseluruh komposit, sehingga tidak sama kekuatan komposit disemua titik. Misalnya pada komposit 5% berat serat ada bagian yang mungkin kekuatannya hanya 4% berat serat atau mungkin juga dibawahnya.

4.5. Analisis Kekuatan Tarik Komposit dengan Menggunakan Teori Tegangan Maksimum

Menurut teori kegagalan maksimum, kerusakan komposit dapat terjadi melalui tiga mekanisme yaitu kerusakan akibat tegangan tarik,

kerusakan ikatan serat matrik akibat tegangan geser dan kerusakan ikatan serat akibat tegangan tarik

Tegangan komposit pada teori kegagalan tegangan maksimum adalah tegangan yang terkecil dari persamaan diatas. Dengan menggunakan teori tegangan maksimum maupun harga tegangan uji digunakan harga tegangan uji rata-rata yang disajikan dalam Tabel 4.8.

Secara umum teori kegagalan lamina dapat digunakan untuk memprediksikan harga tegangan tarik maksimum dan hasil data yang dihasilkan pengujian dapat dikatakan sesuai dengan teori kegagalan lamina meskipun masih terdapat sedikit penyimpangan antara data pengujian dengan teori kegagalan lamina. Penyimpangan yang terjadi antara lain disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- Proses pembuatan benda uji

Benda uji dibuat secara manual dengan proses *hand lay-up* yang sederhana sehingga hasil pencetakan kurang sempurna keseragaman dimensi hasil pencetakan masih kurang bagus jika dibanding dengan hasil proses fabrikasi.

- Distribusi serat yang kurang lurus

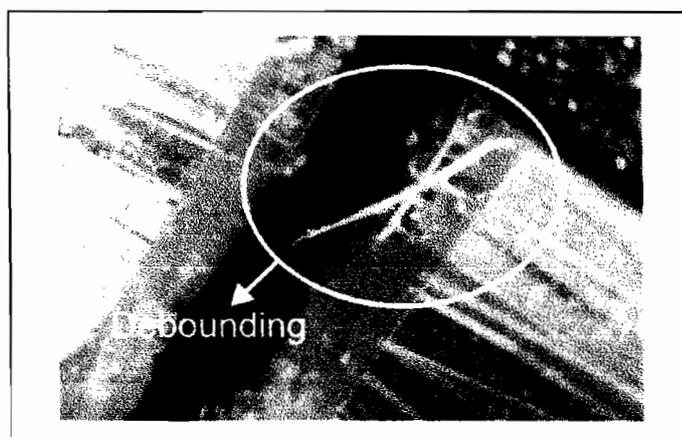
Dalam proses pencetakan secara manual dengan proses *hand lay-up* distribusi serat pada matrik pengikat tidak lurus sepenuhnya ketidak homogenan jumlah serat pada seluruh bagian cetakan menyebabkan perbedaan penguatan pada setiap bagian cetakan

sehingga pada bagian yang lemah kerusakan serat komposit akan terjadi dan tampak bahwa distribusi serat tidak lurus diseluruh penampang permukaan komposit.

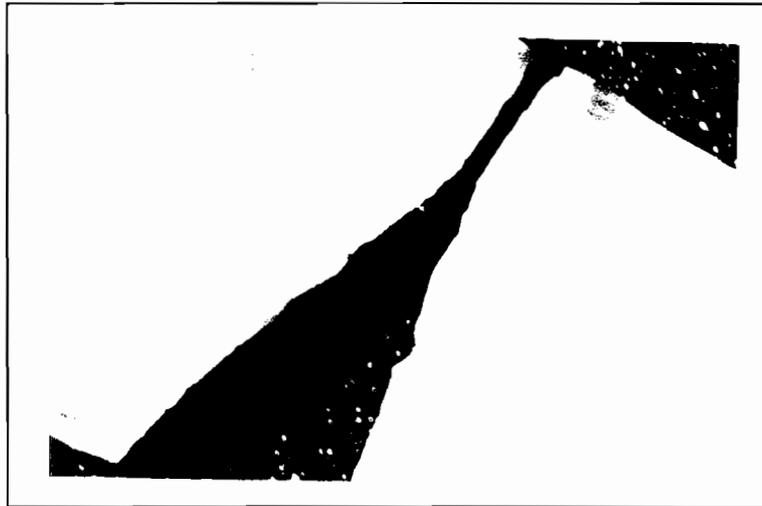
- Faktor pengujian dan pengambilan data

Faktor ini merupakan faktor teknis yang sulit dihadirkan dalam pengujian yang disebabkan beberapa hal antara lain:

- Kurang hati-hati dalam pemasangan benda uji kedalam mesin uji tarik yang dapat mengakibatkan kerusakan awal pada spesimen yang tidak dideteksi sebelum beban diberikan.
- Pemasangan benda uji yang tidak lurus dengan arah penarikan pada mesin uji tarik sehingga menimbulkan momen lengkung pada spesimen. Hal ini mempengaruhi/menyebabkan patahan pada daerah dekat pemegang benda uji.



Gambar 4.7. Kerusakan Debonding Pada Komposit



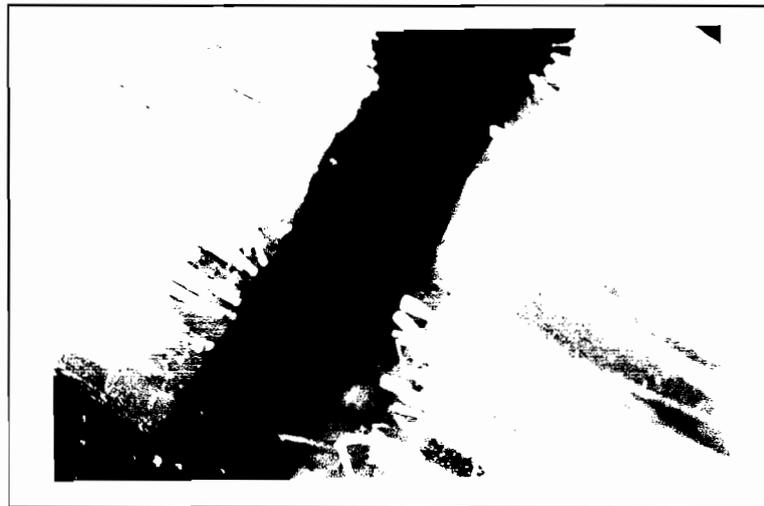
Gambar 4.8. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Matrik Pengikat



Gambar 4.9. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 1%



Gambar 4.10. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2%



Gambar 4.11. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 3%



Gambar 4.12. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 4%



Gambar 4.13. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 5%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini penulis dapat mengambil suatu kesimpulan bahwa:

1. Fraksi berat serat pisang menaikkan kekuatan tarik bahan komposit bila dibandingkan dengan kekuatan tarik matrik pengikat. Pada fraksi berat serat 1% dihasilkan kekuatan yang paling besar sekitar $6,9 \text{ kg/mm}^2$, sedangkan pada fraksi berat serat 2% memiliki kekuatan tarik yang paling rendah sekitar $5,2 \text{ kg/mm}^2$.
2. Fraksi berat serat mempengaruhi regangan komposit, semakin besar persentase serat maka regangan akan semakin kecil. Pada fraksi berat serat 1% regangannya 0,88%, sedangkan pada fraksi berat serat 5% regangannya 0,70%.
3. Kerusakan yang terjadi pada komposit setelah dilakukan uji tarik tergolong kerusakan jenis patah getas, karena patahan yang terjadi cenderung tegak lurus terhadap arah pembebanan.

5.2. Saran

Dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Untuk lebih menyempurnakan penelitian yang lebih lanjut maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Pada proses pencetakan benda uji dengan proses *hand lay-out*, untuk mendapatkan ketebalan yang merata sebaiknya pembuatan cetakan benda uji dibuat seteliti mungkin. Ini dilakukan untuk mendapatkan ketebalan komposit yang merata dan menghindarkan dari pengerjaan ulang sebab dapat mengakibatkan perubahan struktur dari komposit yang akan diteliti.
2. Dalam metode pengujian tarik untuk mengurangi kesalahan penelitian pada proses pencarian data, maka harus diperhatikan fungsi dari griper agar dapat dipergunakan secara optimal.
3. Dengan fraksi berat serat 1% - 5% kekuatan tarik masih sangat kecil walaupun dengan jumlah serat yang banyak. Untuk menaikkan kekuatan tarik ada baiknya persentase serat dinaikkan lagi, tetapi proses pencetakan harus dilakukan dengan cara menekan agar matrik pengikat dapat mengikat semua serat penguat. Dengan demikian kekuatan komposit akan jauh lebih besar.
4. Karena penelitian tentang pengaruh fraksi berat serat dengan bahan berupa serat pisang sebagai serat penguat dan resin poliester sebagai matrik pengikat terhadap pengaruh kekuatan tarik telah diketahui maka untuk memperkaya pengetahuan tentang pengaruh fraksi berat serat dapat diteliti tentang pengaruh terhadap penekanan, kelelahan momen lengkung maupun pengaruh beban kejut.

DAFTAR PUSTAKA

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

Bambang Kismono Hadi , November 2000. *Mekanika Struktur Komposit*
Departemen Pendidikan Nasional.

Murphy, J., 1994. *Reinforced Plastics Hand Book*, Elsevier Sience Publisers.
LTD.

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

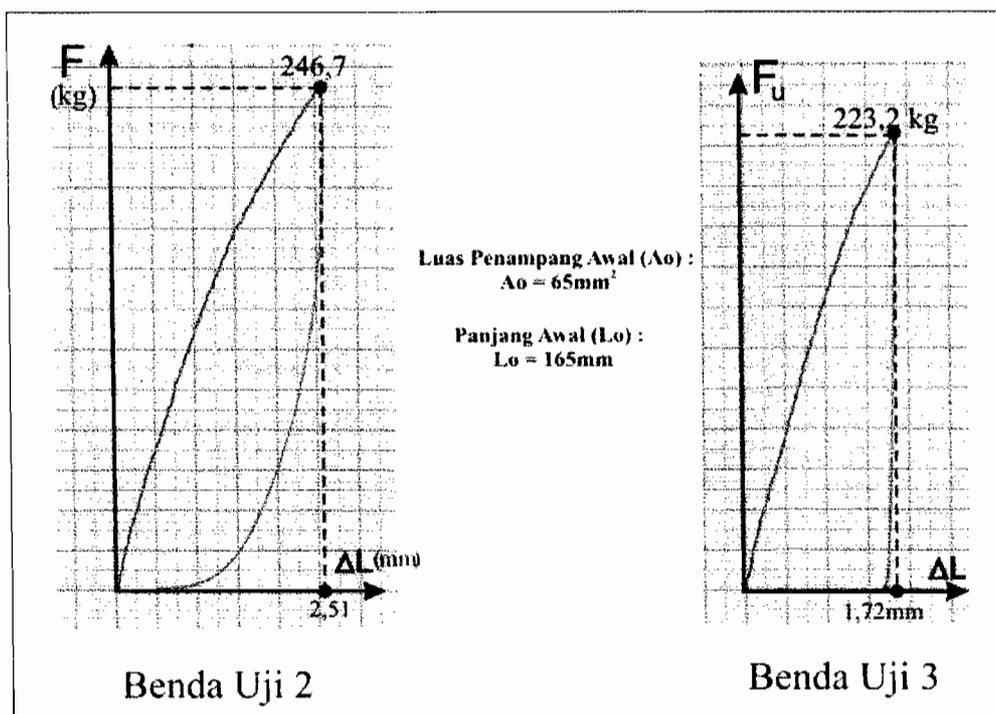
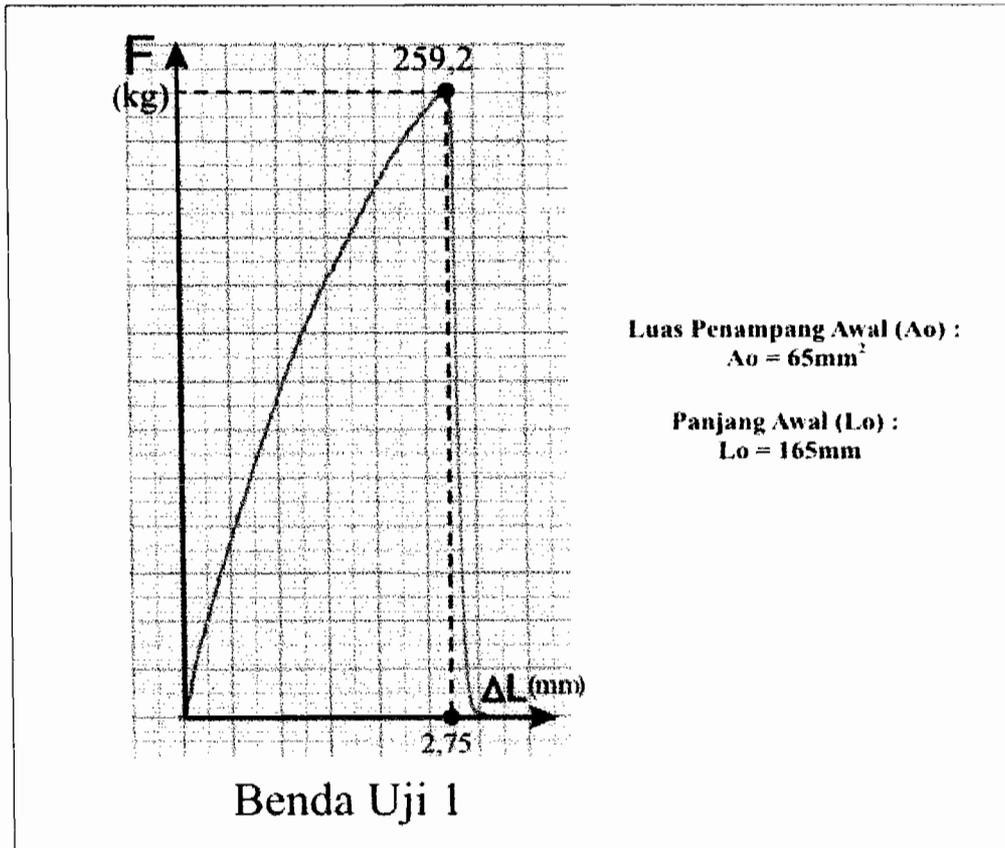
Schwarts, M.M., 1984. *Composites Material Hand Book*, Mc Graw Hill.

Wilee J, 1998. *Working with Fiber Glass Techniques and Projects*.

LAMPIRAN

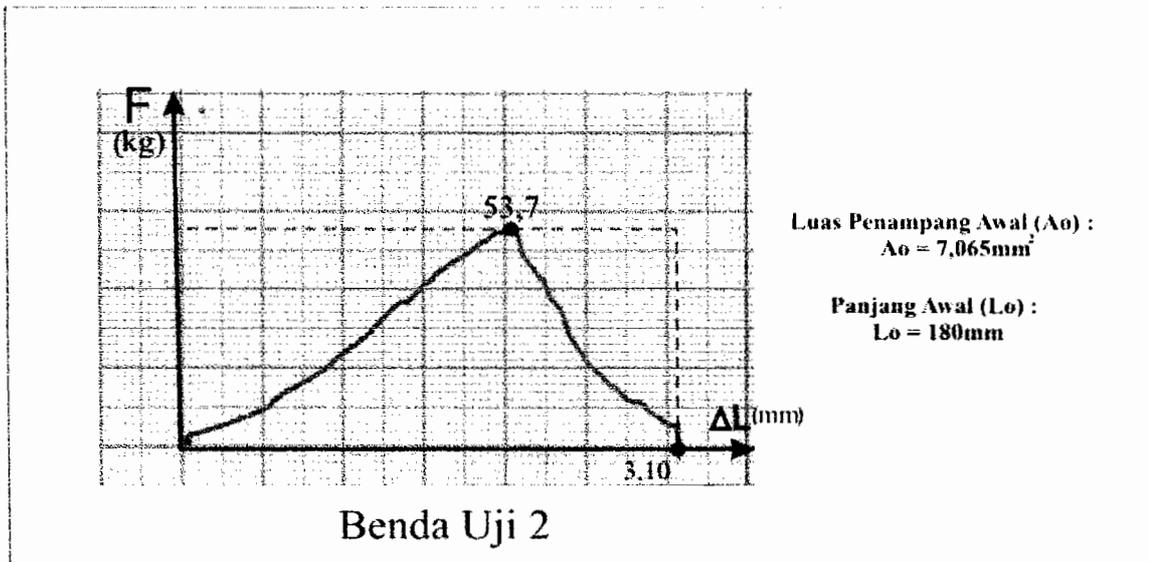
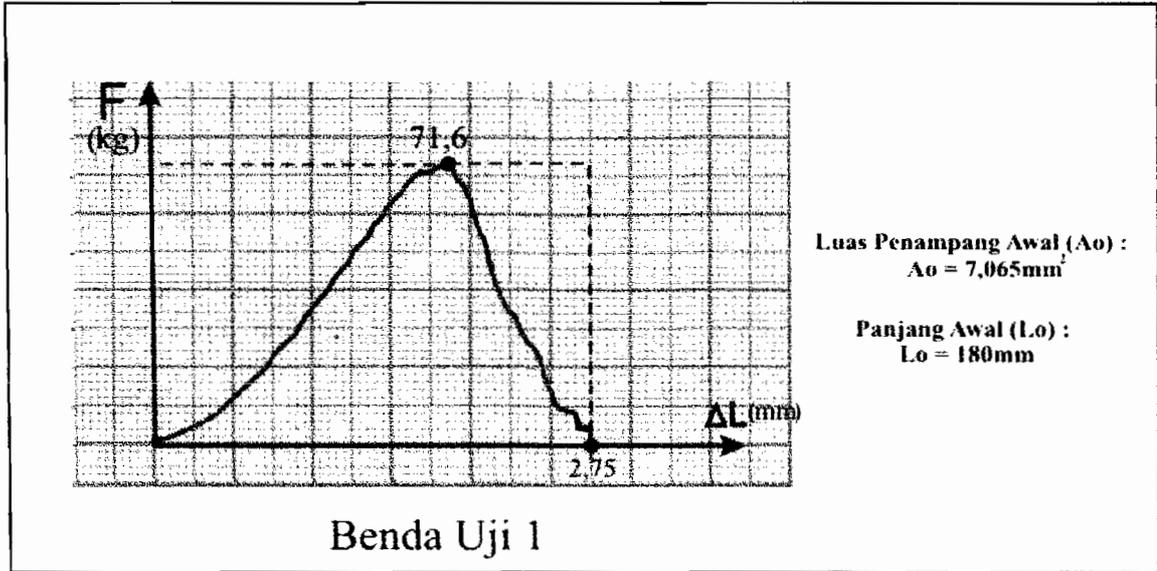
Lampiran 1

Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Matrik Pengikat



Lampiran 2

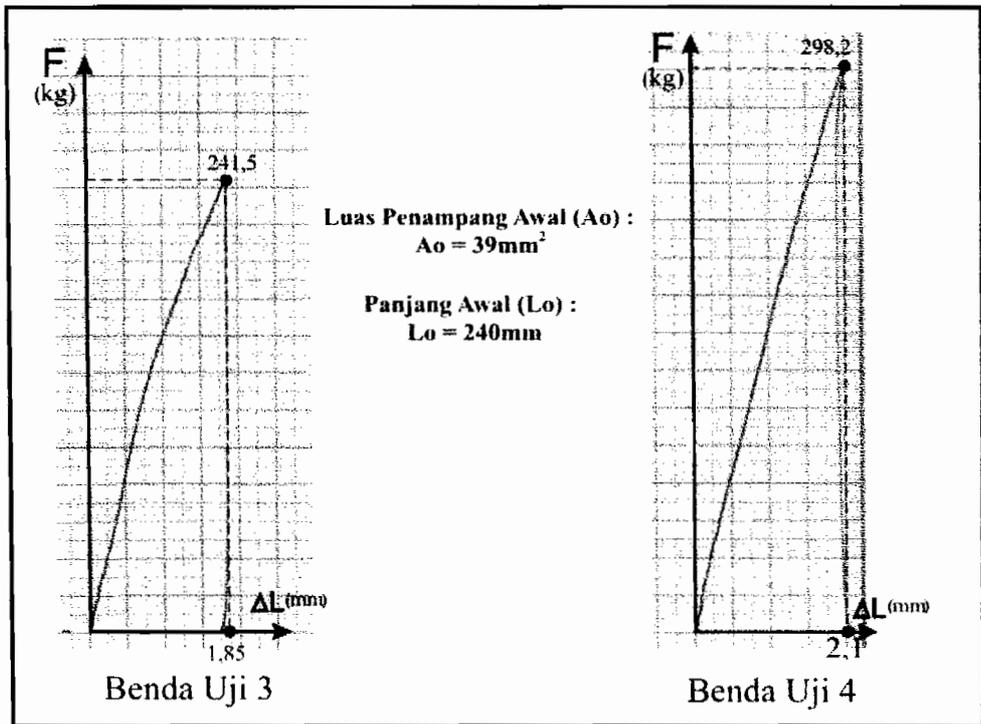
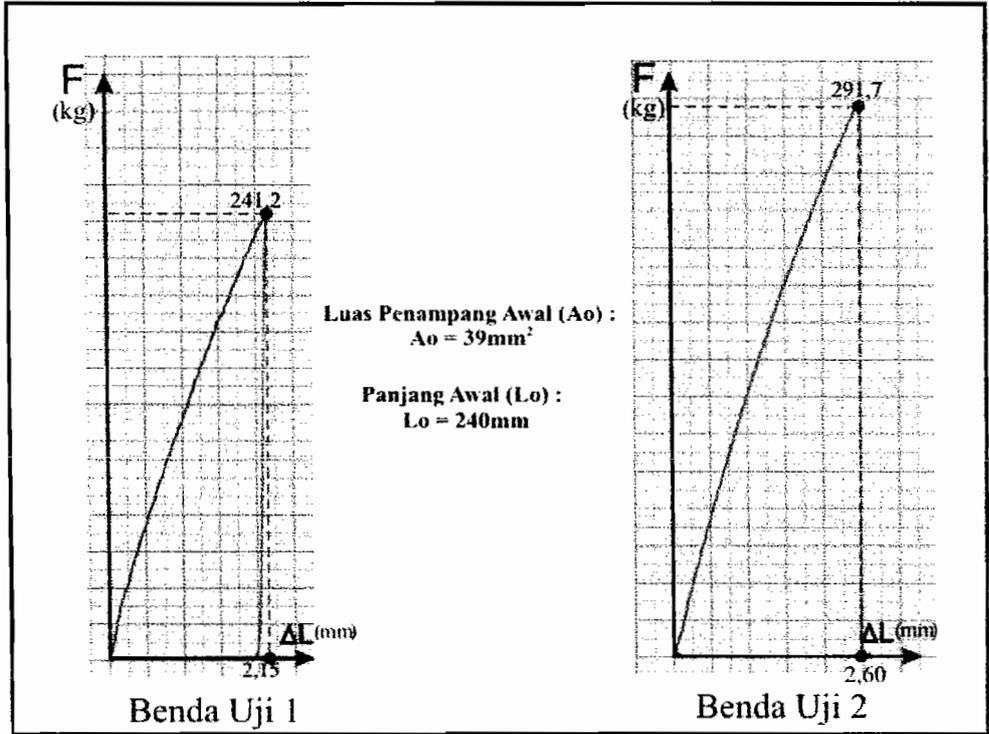
Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Serat Penguat



Tugas Akhir Komposit

Lampiran 3

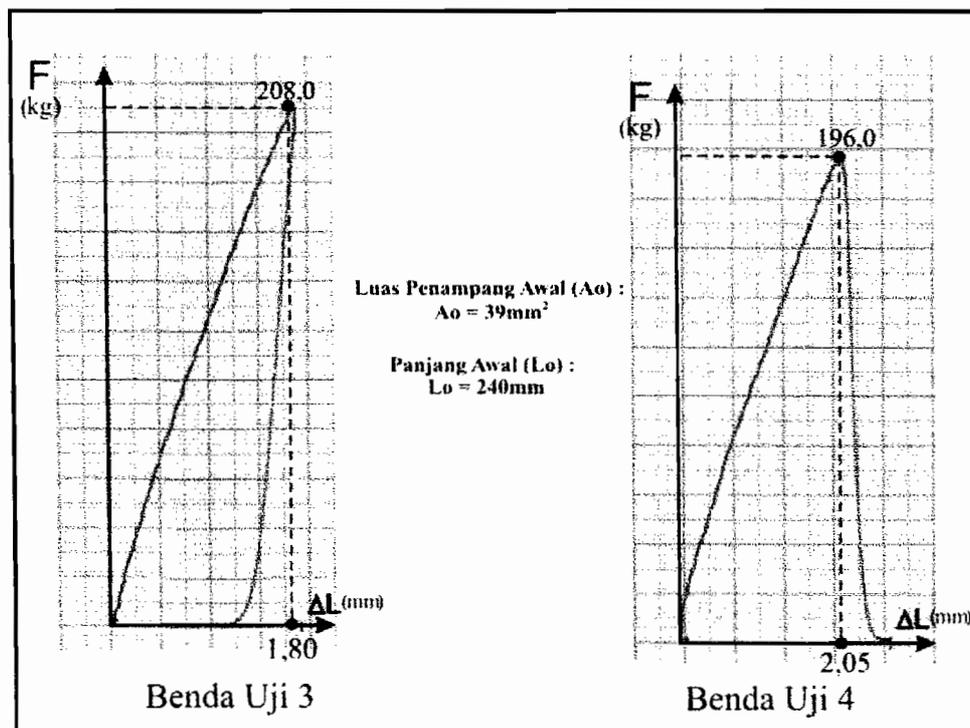
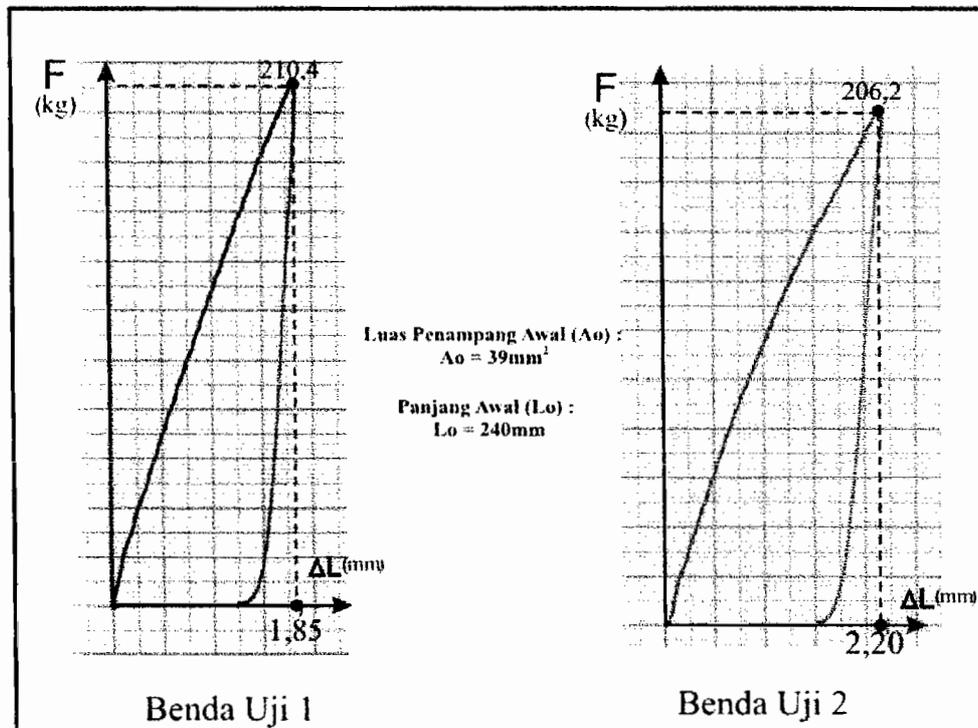
Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat 1%



Tugas Akhir Komposit

Lampiran 4

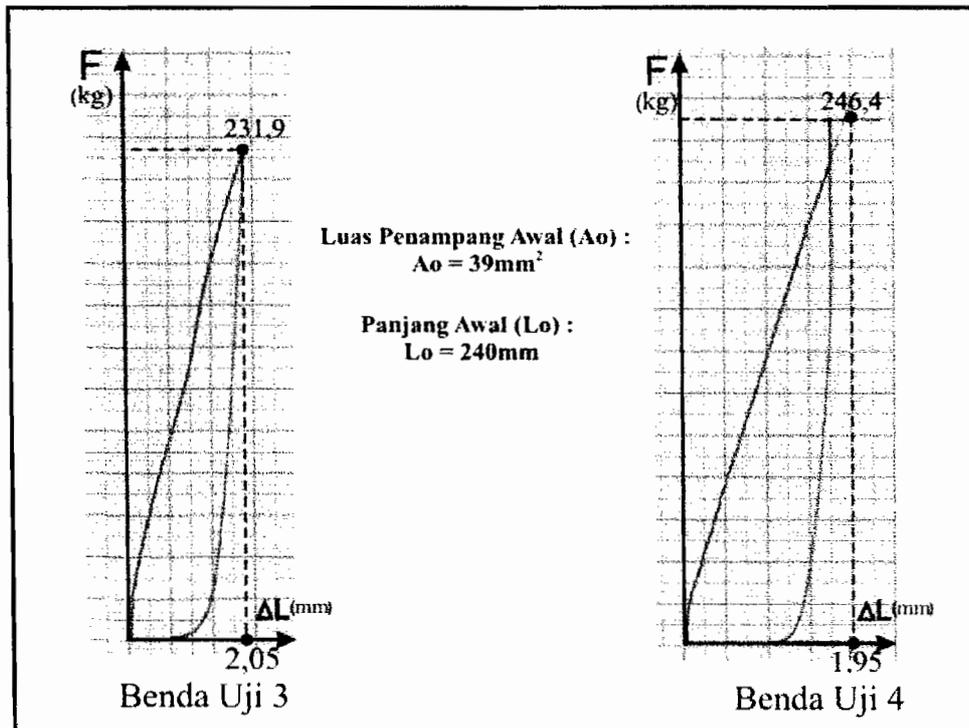
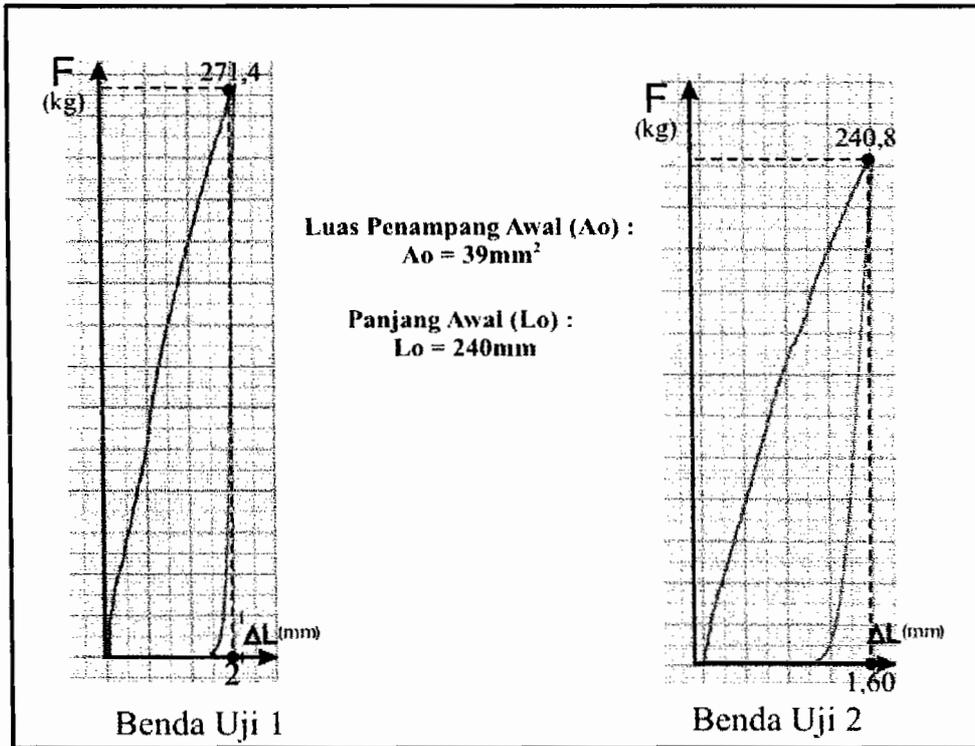
Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2%



Tugas Akhir Komposit

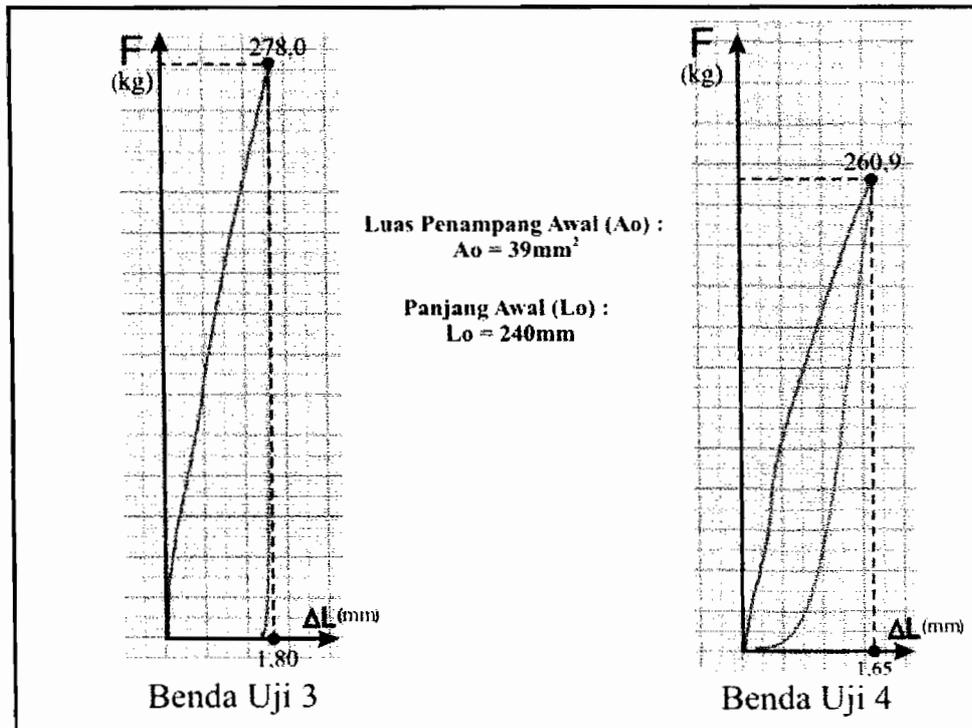
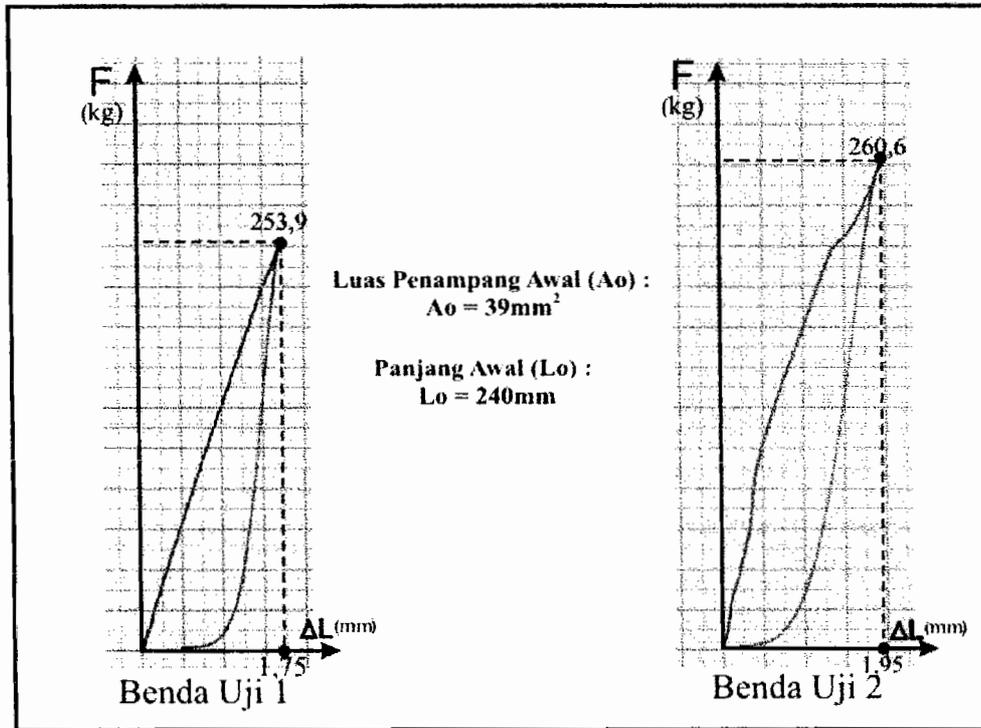
Lampiran 5

Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat 3%



Lampiran 6

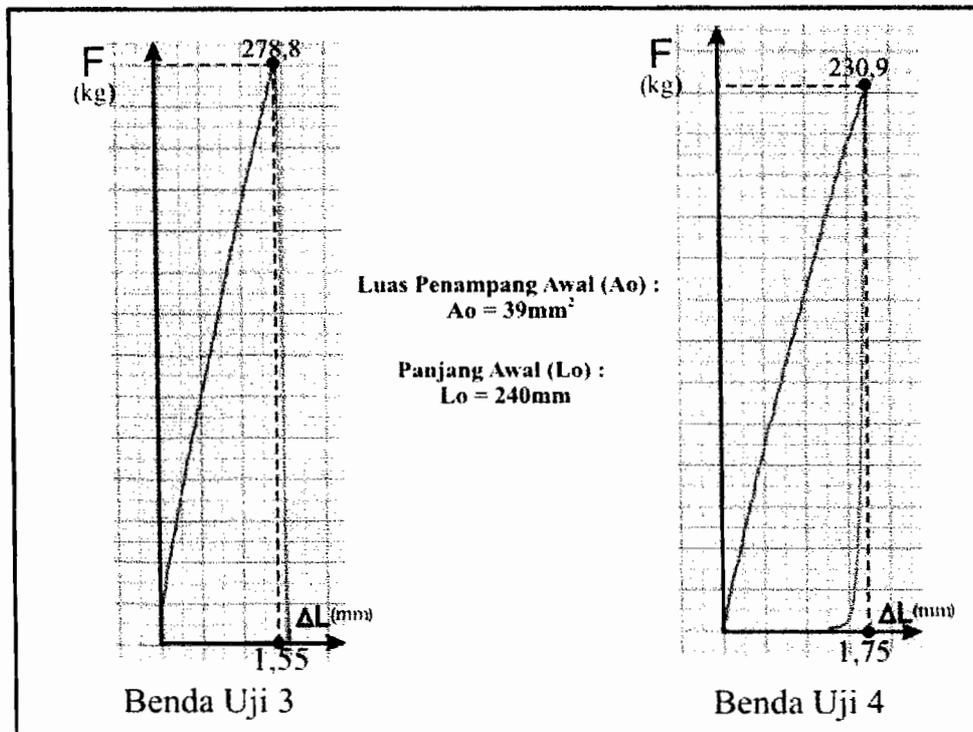
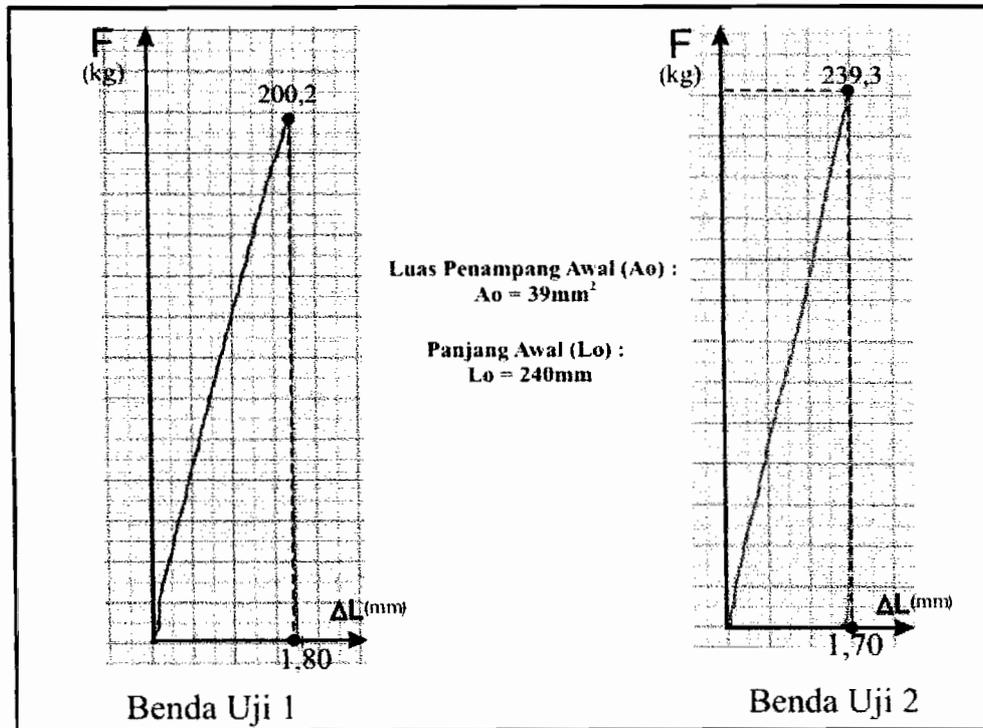
Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat 4%



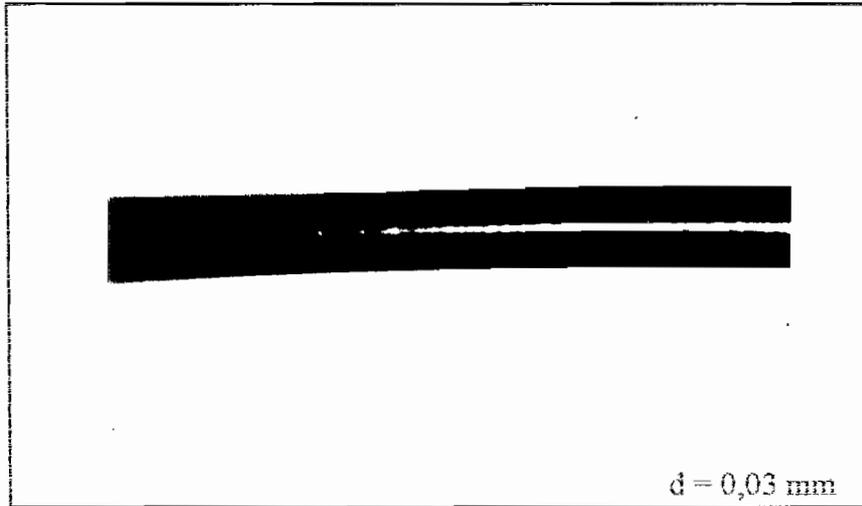
Tugas Akhir Komposit

Lampiran 7

Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat 5%



Lampiran 8



Kawat Tembaga