

**PENGARUH FRAKSI SERAT
TERHADAP KEKUATAN TARIK
KOMPOSIT SERAT PISANG ACAK**

TUGAS AKHIR

No: 535 / FT. USD / TM / April / 2005

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

JHONSU DARMAN SINAGA

NIM : 985214100



Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2005**

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

TUGAS AKHIR

No: 535 / FT. USD / TM / April / 2005

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**

**Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin**



Diajukan oleh :

JHONSU DARMAN SINAGA

NIM : 985214100



Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2005

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

Yang dipertahankan dan disusun oleh
NAMA : JHONSU DARMAN SINAGA
NIM : 985214100
Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 07 Mei 2005

Susunan Dewan Penguji

Pembiimbing Utama

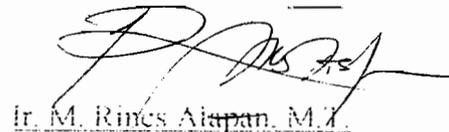


Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Anggota Dewan Penguji



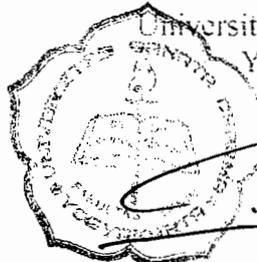
Budi Sugiharto, S.T., M.T.



Ir. M. Rines Alapan, M.T.

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

Yogyakarta, 17 Mei 2005
Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta
Dekan



Ir. Greg. Heliarko, SJ., 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 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.



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: 535 / FT. USD / TM / April / 2005

NAMA : Jhonsu Darman Sinaga
NIM : 985214100
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA : The Effect of Fiber Fraction on Discontinuous Banana's Fiber Composite
Tensile Strength (Pengaruh Fraksi Serat Terhadap Kekuatan Tarik Pada
Komposit Serat Pisang Acak).
Tanggal dimulai :

Pembimbing II

Yogyakarta, 12 April 2005

Pembimbing I

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk :

Tuhan Yesus Kristus yang dengan Berkat dan karunianya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini
Kedua orang tuaku yang telah memberikan dorongan moral maupun materi kepada penulis selama penulis kuliah.

Abang dan adikku (Andi dan Anto) dan seluruh keluarga yang ada di Raya yang dengan penuh perhatian selalu memberikan dorongan kepada penulis untuk berusaha menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Frans Sarayih atas kerjasamanya selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Teman-temanku (Frans, Budi, Erick, Nando, Koko, Anto, Edo, Ita, Mati, Lili, Wien, Heny, Dayah, Sarah dan yang lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu) yang selalu memberikan bantuan dan dukungan dengan cara masing-masing serta kritikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang oleh karena berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di Universitas Sanata Dharma. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa pihak baik yang terlibat secara langsung ataupun tidak atas bantuan, bimbingan dan nasehat-nasehat yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih ini ditujukan kepada:

1. Romo Dr. Paul Suparno SJ. MST, Rektor Universitas sanata Dharma, Yogyakarta.
2. Romo Ir. Greg Heliarko, SJ., SS., B.ST., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Santa 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 Utama 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. Mas Martono dan Mas Intan, Laboran Ilmu Logam Teknik Mesin.

8. Mas Kunto, Laboran Kimia Analisis Fakultas Farmasi.
9. Kedua orang tuaku (Bapak J. Sinaga dan Ibu D. Saragih)
10. Abang dan adikku (Andi dan Anto).
11. Frans, Budi, Erick, Nando, Koko, Anto, Edo, Ita, Wati, Lili, Wien, Dayah, Saroh.
12. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan '98 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 kritik dan saran yang membangun agar tulisan ini lebih sempurna.

Yogyakarta 22 April 2005

Penulis

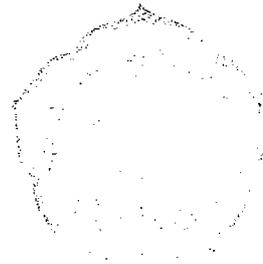
INTISARI

Penelitian ini membahas pengaruh fraksi berat serat pada bahan komposit yang berpenguat serat pisang yang disusun secara acak terhadap kekuatan tarik, regangan dan bentuk patahan yang terjadi setelah dilakukan pengujian tarik pada komposit. Komposit yang dibuat terdiri atas: serat pisang sebagai bahan penguat, resin Arindo 3210 AR sebagai bahan pengikat dan katalis *metoxene* (*methyle ethyl peroxide*).

Langkah pertama dengan membuat cetakan matriks pengikat dengan dimensi $165 \times 150 \times 5$ mm, kemudian pembuatan benda uji matrik pengikat dan pengujian tarik benda uji mengacu pada standar pengujian ASTM D638-91. Kedua, pembuatan benda uji serat penguat dan melakukan pengujian tarik. Ketiga, membuat cetakan benda uji komposit dengan dimensi $260 \times 150 \times 3$ mm, kemudian pembuatan benda uji komposit yang mengacu pada standar pengujian tarik ASTM D 3039-76. Pengujian tarik terhadap komposit dilakukan sesuai dengan fraksi berat serat yaitu 1%, 2%, 3%, dan 4%. Untuk setiap fraksi berat serat dilakukan 5 kali pengujian. Seluruh proses pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik yang terdapat di Laboratorium Ilmu Logam Fakultas Teknik USD. Pada saat pengujian selesai didapatkan hasil berupa print-out grafik hubungan beban dan pertambahan panjang. Dari pengujian tarik tersebut diambil nilai rata-rata untuk kekuatan tarik dan regangan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: pertama, kekuatan tarik rata-rata matrik pengikat sekitar 4 kg/mm^2 sedangkan regangan rata-ratanya sekitar 1,4%. Kedua, kekuatan tarik rata-rata serat penguat (serat pisang) sekitar $8,9 \text{ kg/mm}^2$ sedangkan regangan rata-ratanya sekitar 1,6%. Ketiga, kekuatan tarik tertinggi pada komposit terdapat pada fraksi serat 2% yaitu $5,6 \text{ kg/mm}^2$ dan kekuatan tarik terendah pada fraksi berat serat 4% sekitar 4 kg/mm^2 . Regangan tertinggi terdapat pada fraksi berat serat 2% yaitu 1,4% dan regangan terendah terdapat pada fraksi berat serat 3% yaitu 0,9%. Keempat, bentuk patahan komposit pada fraksi berat serat 1% dan 2% tergolong kerusakan jenis patah getas (*brittle failure*) sedangkan bentuk patahan komposit pada fraksi berat serat 3% dan 4% tergolong kerusakan jenis *debonding*.

DAFTAR ISI



HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN DAFTAR PENGUJI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENETAPAN NASKAH	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	5
BAB II : DASAR TEORI	
2.1. Komponen Bahan Komposit	7
2.1.1. Polyester	10
2.1.2. Serat	13
2.1.3. Bahan-bahan Tambahan	14
2.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi FRP	16
2.2.1. Orientasi Serat	16
2.2.2. Jenis Serat	18
2.2.3. Komposisi dan Bentuk Serat	19
2.2.4. Faktor Matriks	19
2.2.5. Fase Ikatan (Bonding Phase)	20

2.3. Mekanika Komposit	21
2.4. Hubungan Tegangan dan Regangan Komposit	22
2.5. Fraksi Berat Serat	23
2.6. Teori Kegagalan Lamina	25
2.6.1. Teori Tegangan Maksimum	25
2.7. Modus Kegagalan Lamina	25
2.7.1. Modulus Kegagalan Akibat Beban Tarik Longitudinal	25
2.7.2. Modus kegagalan Akibat Beban Tarik Transversal	27
2.7.3. Modus kegagalan Internal Mikroskopik	28

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Skema Alur Penelitian	30
3.2. Persiapan Benda Uji	31
3.2.1. Alat dan Bahan	31
3.2.1.1. Resin	31
3.2.1.2. Serat	32
3.2.1.3. Katalis	32
3.2.1.4. Release Agent	33
3.2.1.5. Acetone	34
3.2.2. Pembuatan Cetakan	34
3.3. Pembuatan Benda Uji	36
3.3.1. Pembuatan Benda Uji Matrik Pengikat	36
3.3.2. Pembuatan Benda Uji Komposit	37
3.4. Standar dan Ukuran Benda Uji	39
3.4.1. Benda Uji Matriks Pengikat	39
3.4.2. Benda Uji Serat Penguat	40
3.4.3. Benda Uji Komposit	40
3.5. Metode Pengujian	41
3.5.1. Pengujian Tarik Matriks Pengikat	41

3.5.2. Pengujian Serat Penguat	41
3.5.2.1. Pengujian Tarik Serat Penguat	41
3.5.2.2. Pengujian Massa Jenis Serat	42
3.5.3. Pengujian Tarik Komposit	42
BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Pengujian Tarik Matriks Pengikat	43
4.2. Hasil Pengujian Tarik Serat Penguat	44
4.3. Hasil Pengujian Tarik Komposit	46
4.4. Model Kerusakan Komposit	50
4.5. Analisis Kerusakan Pada Komposit	53
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	60

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 Diagram Hubungan antara Kekuatan Fraksi Volume dan Susunan Serat.
4. Gambar 2.3 Modulus Kerusakan pada Bahan Komposit Akibat Beban Tarik.
5. Gambar 2.4 Kegagalan pada Komposit Akibat Beban Tarik Transversal.
6. Gambar 3.1 Skema Alur Penelitian.
7. Gambar 3.2 Serat Pisang.
8. Gambar 3.3 Cetakan Matrik Pengikat.
9. Gambar 3.4 Cetakan Komposit.
10. Gambar 3.5 Rangkaian Serat yang disusun Acak didalam Cetakan.
11. Gambar 3.6 Dimensi Benda Uji Tarik Matriks Pengikat.
12. Gambar 3.7 Dimensi Benda Uji Tarik Serat Penguat.
13. Gambar 3.8 Dimensi Benda Uji Tarik Komposit.
14. Gambar 4.1 Grafik Sifat Mekanik Matriks Pengikat.
15. Gambar 4.2 Grafik Sifat Mekanik Serat Penguat.
16. Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Fraksi Serat terhadap Kekuatan Tarik.
17. Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Fraksi Serat terhadap Regangan.
18. Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kekuatan Tarik rata-rata Komposit terhadap Fraksi Serat.
19. Gambar 4.6 Grafik Hubungan Regangan rata-rata Komposit terhadap Fraksi Serat.
20. Gambar 4.7 Penampang Acak Serat Pisang/ Resin Arindo 3210 AR
21. Gambar 4.8 Void pada Komposit.
22. Gambar 4.9 Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 1%.

23. Gambar 4.10 Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 2%.
24. Gambar 4.11 Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 3%.
25. Gambar 4.12 Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 4%.

DAFTAR TABEL

1. Tabel 1.1. Kombinasi dua Komponen yang dapat dilakukan pada Komposit.
2. Tabel 3.1. Dimensi dan Komposisi Benda Uji Komposit.
3. Tabel 4.1. Sifat Mekanik Matriks Pengikat.
4. Tabel 4.2. Sifat Mekanik Serat Pisang sebagai Serat Penguat.
5. Tabel 4.3. Sifat Mekanik Komposit Serat Pisang terhadap Fraksi Serat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bahan teknik merupakan salah satu komponen yang sangat berpengaruh pada perkembangan kemajuan teknologi pada saat ini. Penggunaan jenis bahan tertentu menunjukkan tingkat perkembangan teknologi yang digunakan, manusia berusaha menyatukan beberapa unsur bahan menjadi satu bahan campuran yang mempunyai sifat jauh lebih baik dari bahan sebelumnya.

Pada saat ini komposit merupakan bahan teknik yang sangat banyak digunakan dan terus dikembangkan, sebagaimana kita ketahui komposit merupakan sejumlah sistem multi phase sifat gabungan, yaitu penggabungan antara bahan *matriks* (bahan pengikat) dan *reinforcement* (bahan penguat). Dalam berbagai aplikasi komposit terbukti efektif pada penggunaannya sebagai bahan teknik. Keunggulan komposit dibandingkan dengan bahan logam (Robert. J. M., 1975 : 1):

1. Dapat dirancang dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi, sehingga dapat memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi sifat logam.
2. Sifat-sifat *fatigue* dan *toughness* yang baik.
3. Dapat dirancang sedemikian rupa sehingga terhindar dari korosi.
4. Daya hantar termal dan listrik dapat diatur.
5. Daya redam bunyi yang baik.

6. Dapat memberikan tampilan dan kehalusan permukaan yang lebih baik.

Bahan komposit sangat luas dalam penggolongan maupun penggunaannya, dalam penggunaan jenis komposit sering dibedakan menurut bentuk dan bahan matrik pengikat sebagai bahan penguatnya. Bahan penguat untuk komposit dapat berupa serat maupun jenis non serat (partikel dari *flake*). Untuk komposit menurut jenis matrik yang digunakan dapat dibedakan menjadi komposit bermatrik: pengikat jenis logam (*Metal Matrix Composite*), keramik (*Ceramic Matrix Composite*) maupun polimer (*Polimer Matrix Composite*). Untuk memperjelas beberapa kombinasi antara komponen-komponen yang menjadi penyusun pada komposit dapat dilihat pada Tabel 1.1.

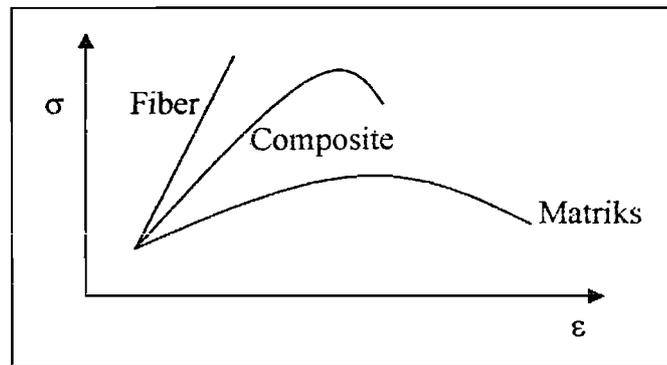
Tabel 1.1. Kombinasi Dua Komponen yang dapat dilakukan pada Komposit

		Primary Phase, Matriks		
		Metal (MMC)	Ceramic (CMC)	Polimer (PMC)
Secondary Phase, Reinforced	Metal	Kawat berpenguat baja	Alat-alat potong	Plastik berpenguat whisker tembaga
	Ceramic	Fiber reinforced Metal (carbida sementit)	SiC whisker reinforced Al_2O_3	Fiber reinforced Plastics
	Polimer	NA	NA	Kevlar reinforced epoxy

NA : not aplicable currently

Pada komposit berpenguat serat dapat kita jumpai berbagai jenis bahan serat yang digunakan sebagai *reinforcement agent*. Namun secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu serat sintetik dan serat organik, serat sintetik atau serat buatan dapat berupa serat *glass, aramid, carbon, grafit, boron, kevlar, ceramic* dan berbagai *jute, sisal, cotton* maupun *abaca*. Untuk komposit yang berpenguat serat 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 paduan antara serat sebagai komponen penguat dan matrik sebagai komponen pengikat serat. Serat biasanya mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih besar daripada matriks dan umumnya bersifat ortotrofik. Pada saat serat dan matriks dipadukan untuk menghasilkan komposit, kedua komponen tersebut tetap mempertahankan sifat-sifat yang dimiliki dan secara langsung akan berpengaruh terhadap sifat komposit yang dihasilkan. Secara khusus dapat dikatakan bahwa harga kekuatan maupun kekakuan komposit terletak diantara kekuatan dan kekakuan serat dan matriks yang digunakan. Dalam pengertian bahwa kemampuan komposit terdapat diantara 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

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

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.

Untuk mendapatkan karakteristik dari komposit yang baik maka harus diperhatikan faktor-faktor dari bahan penyusunnya. Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan pada komposit serat untuk mendapatkan produk yang efektif yaitu :

1. Komponen penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada komponen matriksnya
2. Harus ada ikatan permukaan (*interface*) antara komponen penguat dan matrik.
3. Orientasi, panjang, bentuk dan komposisi dari serat.

Selain memahami kegunaan dan membuat komposit serat secara efisien juga penting untuk mengerti sifat-sifat mekaniknya dan sifat faktor yang menjadi penyusunnya. Adapun beberapa sifat yang digunakan dalam aplikasi teknik seperti tegangan tarik dan modulus elastisitas.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun diadakan penelitian ini mempunyai beberapa tujuan yang ingin dicapai yaitu:

1. Mengetahui kekuatan tarik rata-rata dan regangan rata-rata matriks pengikat (Resin Arindo 3210 AR).
2. Mengetahui kekuatan tarik rata-rata dan regangan rata-rata serat penguat (serat pisang).
3. Mengetahui kekuatan tarik rata-rata dan regangan rata-rata komposit sesuai dengan fraksi berat masing-masing, dengan serat yang disusun secara acak.
4. Mengetahui bentuk patahan yang terjadi pada bahan komposit setelah dilakukan pengujian tarik.

1.4. Batasan Masalah

Komposit yang diteliti adalah komposit serat dengan bahan serat adalah serat pisang yang disusun secara discontinuous (acak) dan matriks pengikat berupa resin Arindo 3210 AR yang diproduksi oleh PT. ARINDO PACIFIC CHEMICALS Semarang.

Variabel yang dipakai dalam penelitian ini adalah penyusunan serat secara acak, variasi pemasangan serat, temperatur dan kelembaban udara dianggap konstan.

Dalam penelitian komposit serat pisang ini akan dilakukan serangkaian pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian tarik matriks pengikat

Untuk mengetahui sifat mekanik matriks pengikat secara eksperimental pengujian menggunakan standart pengujian ASTM D 638-91.

2. Pengujian tarik komposit

Untuk mengetahui kekuatan tarik komposit yang disusun secara acak berdasarkan fraksi berat serat (1%, 2%, 3% dan 4%) dengan panjang serat 20 mm.

3. Pengujian tarik serat penguat

Untuk mengetahui kekuatan tarik serat penguat secara eksperimental.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Komponen Bahan Komposit

Komposit didefinisikan sebagai penggabungan dua macam material atau lebih dengan phase yang berbeda. Phase pertama disebut dengan matriks yang berfungsi sebagai bahan pengikat dan phase kedua disebut *reinforcing agent* yang berfungsi untuk memperkuat bahan komposit secara keseluruhan.

Phase *reinforcing* ini berupa :

- a. Fiber (serat)
- b. Partikel
- c. Flake

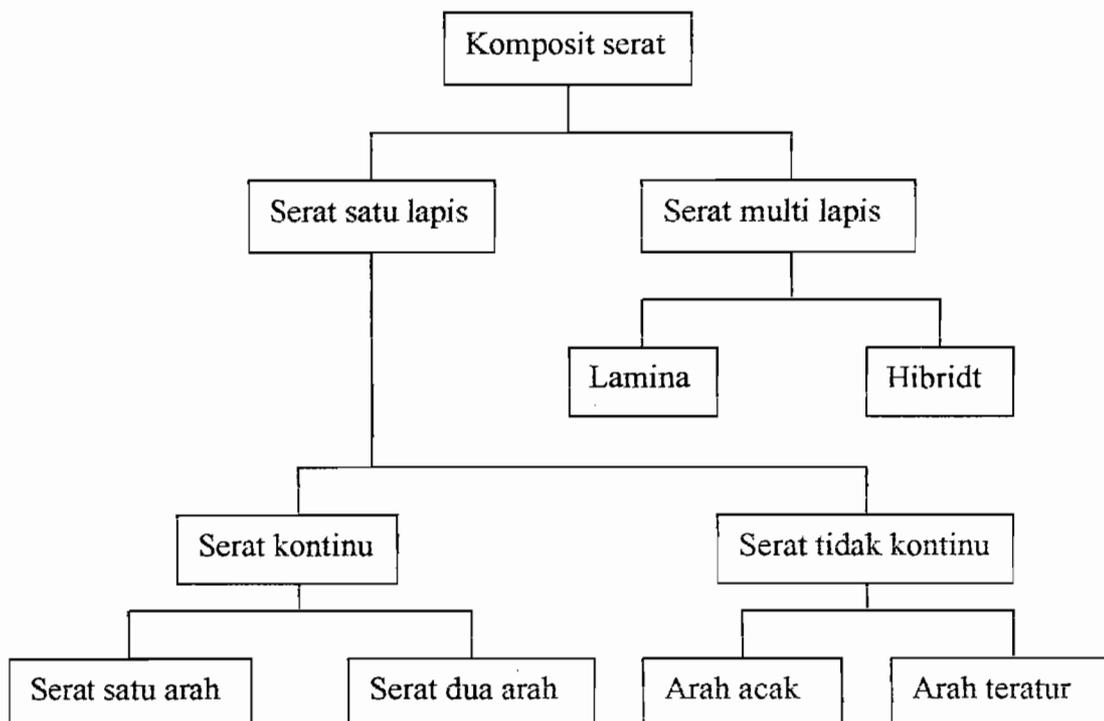
Sedangkan phase matrik bahan komposit dapat berupa:

- a. Logam
- b. Keramik
- c. Polimer

Bahan komposit serat merupakan jenis bahan komposit yang paling banyak digunakan karena serat dapat menentukan karakteristik dari bahan komposit tersebut, seperti kekakuan, kekuatan dan sifat-sifat mekanik yang lain. Serat juga menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada komposit sedangkan matrik berfungsi melindungi dan mengikat serat agar bekerja dengan baik. Oleh sebab itu untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat dan getas sedangkan untuk bahan

matrik dipilih bahan yang lunak seperti plastik dan logam-logam lunak (Bambang Kismono Hadi, 2000 : 2)

Bahan komposit serat dapat diklasifikasikan kedalam berbagai jenis tergantung pada geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat dimengerti karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Klasifikasi bahan komposit serat dapat dilihat pada Gambar 2.1. yang secara garis besar, bahan komposit serat terbagi menjadi dua macam, yaitu serat kontinu (*continuous*) dan serat tidak kontinu (*discontinuous*).



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

Ukuran penguat serat menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya-gaya luar. Semakin panjang ukuran serat, semakin efisiensi pula dalam menahan gaya dalam arah serat. Serat yang panjang tersebut juga menghilangkan kemungkinan terjadinya retak sepanjang batas pertemuan antar serat dan matrik. Karenanya bahan komposit serat kontinu sangat kuat dan liat (*tough*) bila dibandingkan dengan komposit serat tidak kontinu.

Selain bahan serat, komposit juga tidak lepas 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-bahan yang lunak dan liat. Polimer plastik merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Polimer adalah bahan matrik yang tidak dapat menerima suhu tinggi, polyester, vinilester dan epoksi adalah beberapa jenis bahan polimer termoset yang sejak dulu telah digunakan sebagai bahan matrik. Sedangkan untuk bahan matrik termoplastik yang sering dijumpai adalah *PEEK (Poly-Ether-Ether-Sulphone)*, *PEI (Poly- Ether-Imide)*, *PES (Poly-Ether-Sulphone)* dan *Nilon*. Bahan komposit menggabungkan keunggulan-keunggulan, kekuatan dan kekakuan serat dengan massa jenis matrik yang rendah hasilnya adalah suatu bahan yang ringan tetapi kuat dan kaku. Bahan *Fiber Glass Reinforced Glass Reinforced Plastics (GRFP)* sebagai bahan berbasis plastik juga mulai diaplikasikan dalam pembuatan berbagai produk. Selain ringan bahan ini juga mempunyai keunggulan dibidang ketangguhan dan perlakuan saat

pembuatannya. Oleh karena sifat-sifat tersebut maka komposit semakin luas dalam penggunaannya sebagai salah satu bahan teknik manufaktur.

Bahan *GFRP* ini mulai diperkenalkan pada tahun 1941 di Amerika sebagai bahan berbasis plastik berpenguat serat E-glass. *GFRP* mulai merambah dinegara-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 yang digunakan adalah produk *Filament Winding Tank and Pipe*. Sedangkan untuk bidang industri yang bergerak dibidang konstruksi produk yang digunakan berupa *Fiberglass Sub Construction Beam* yang diproduksi dengan proses pultrusion. Beberapa contoh diatas memperlihatkan bahwa *GFRP* berpenguat serat kontinu dapat sangat aplikatif dalam penggunaan dan penerapannya.

2.1.1. Polyester

Resin polyester tak jenuh adalah bahan matrik *termosetting* 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 *termosetting* mempunyai kekuatan yang cukup bagus, memiliki kemampuan ketahanan terhadap bahan kimia, isolator listrik selain itu harganya yang cukup 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 sinar ultraviolet. Kemampuan proses *curing* ini dapat dipercepat dengan mereaksikan resin polyester bersama katalis (sebagai 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 antara bahan pemicu yaitu katalis dan akselerator berupa *cobalt*. Reaksi panas *exsoterm* yang berlebihan antara kedua bahan ini akan 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 matriks pengikat serat yang bagus juga mempunyai karakteristik yaitu:

1. 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.

2. Ketahanan terhadap bahan kimia

Bahan ini mempunyai kemampuan tahan terhadap pengaruh korosi bahan-bahan kimia. Dibandingkan dengan bahan-bahan logam besi cor dan baja, polyester mempunyai keunggulan terhadap korosi air laut, *hydrochloric acid*, *weac acid*, alkohol.

3. Kemampuan bahan terhadap beban kejut.

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

Resin polyester dapat mengalami proses *curing* dengan bantuan peroksida organik dan akan mengakibatkan reaksi polymerisasi yang bersifat radikal bebas. Polyester dapat mengalami proses *curing* pada temperatur kamar dengan bantuan katalis (peroksida organik) sebagai pemicu initiator yang gabungan dengan accelerator atau promotor. Polyester juga dapat mengalami proses curing dengan penyinaran ultraviolet sampai suhu 90°C. Beberapa polyester yang dipergunakan sebagai material dalam industri misalnya, *orthopthalic*, *isopthalic*, *iso NPG*, *bispenol*.

2.1.2. Serat

Serat adalah salah satu bahan yang sangat dibutuhkan dalam pembuatan komposit. Serat glass merupakan material anorganik sintetik yang digunakan sebagai salah satu bahan penguat dalam penggunaan komposit. Serat glass mempunyai kekuatan tinggi, harga yang rendah, tidak mudah terbakar, isolator listrik yang baik dan mempunyai sifat anti korosi, hal ini menyebabkan material ini aplikatif dalam penggunaan polymer matriks komposit.

Serat glass diproduksi dengan melebur bahan dasar berupa bahan dasar berupa pasir silika, batu kapur dan bahan tambahan seperti aluminium hidroksida, naterium karbonat dan borax dalam sebuah dapur listrik dengan suhu yang sangat tinggi, kemudian material yang sudah melebur di bentuk menjadi filamen-filamen serat glass dapat dibedakan dalam berbagai jenis antara lain (Murphy. J., 1994 : 18):

- a. Serat glass A
- b. Serat glass E
- c. Serat glass D
- d. Serat glass R dan S

Pada penelitian ini komposit yang dipakai adalah komposit tradisional, bahan serat yang dipakai sebagai bahan penguat adalah serat dari pohon pisang hutan (*Musaparadisiaca*), serat pisang termasuk dalam kelompok serat organik. Alasan kenapa penulis mengambil serat pisang sebagai

penguat adalah kita tahu bahwa di kepulauan Nusantara ini banyak terdapat berbagai macam jenis pohon pisang, jadi penulis berpikiran untuk mencoba membuat komposit dengan serat pisang sebagai serat penguat selain ringan, mudah didapat dan tidak harus mengeluarkan banyak biaya.

2.1.3. 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 pada saat *curing* dan hal ini bisa merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan sebagai proses *curing* dalam *FRP* berasal dari *organic peroxide* seperti *methyl ethyl ketone peroxide* dan *Acetyl acetone peroxide*.

Akselerator adalah suatu bahan yang sangat lazim dipergunakan dalam upaya mempercepat proses *curing* pada pembuatan *FRP*. Akselerator yang bereaksi dengan katalis, didalam 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 $\pm 1\%-2\%$ dari volume resin (Jack wilee, 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 silika adalah *filer* yang sering digunakan sebagai penyusun komposit *FRP*.

Pigment 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 *Pigment* 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 *Pigment* atau pasta pewarna adalah 10% sampai 15% dari berat resin. *Zinc yellow*, *chrome orange*, *Red iron oxide* adalah beberapa pewarna yang dipergunakan dalam pembuatan *FRP*.

Karena proses pembuatan akan mengakibatkan lengketnya produk dengan cetakan maka untuk menghindari hal tersebut harus dilakukan proses pelapisan terhadap cetakan dengan *Release agent* sebelum dilakukan pembuatan. Dalam pembuatan *FRP* pelapisan *Release agent* sangat penting sebelum pencetakan dilakukan. *Release agent* yang biasa digunakan berupa *waxes* (semir), *mirror glass*, *polyvinyls alcohol*, *film forming*, *ascralon* dan bahan lain yang berfungsi melapisi.

Selain bahan-bahan tersebut ada bahan tambahan lain untuk memberikan tampilan lebih dari material *FRP* ini. Adiktif sebagai penambah kemampuan elektrik, bahan yang dapat meningkatkan

kemampuan terhadap suhu tinggi seperti *melamine syanurate*, dan masih banyak lagi bahan yang dapat diaplikasikan.

2.2. 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 matriks. 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 didalam campuran antara serat dan matrik (*interface* atau *bonding*) (Schwartz, M.M., 1984 : 10).

2.2.1. Orientasi Serat

Orientasi serat dapat 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 optimal pada arah serat sedangkan kekuatan paling kecil terjadi 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.

Jumlah serat bahan komposit serat sering dinyatakan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) yaitu perbandingan volume serat (V_f) terhadap volume bahan komposit (V_c). Semakin besar kandungan volume serat dalam komposit maka akan meningkatkan kekuatan dari komposit tersebut.

2.2.2. Jenis Serat

Berdasarkan ukuran panjang serat menjadi serat kontinu (*continue*) dan serat tidak kontinu (*discontinue*) secara teori serat panjang akan lebih efektif dalam hal transmisi beban dibandingkan serat pendek. Namun hal tersebut sulit untuk diwujudkan dalam praktek, mengingat faktor manufaktur yang tidak memungkinkan dihasilkannya kekuatan optimum pada seluruh panjang fiber dan pada pembuatan bahan komposit, karena pada pemakaian serat panjang akan terjadi ketimpangan dalam 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 lainnya. Komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat menghasilkan kekuatan yang lebih besar dari pada yang diperkuat serat panjang yaitu dengan cara pemasangan orientasi pada arah optimum yang dapat ditahan oleh serat.

2.2.3. 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, perbandingan antara panjang dan diameter serat harus cukup besar. Hal ini dilakukan agar tegangan geser yang terjadi pada permukaan antar serat dan matriks kecil. biasanya diisyaratkan agar *aspect ratio* lebih besar dibanding 100, agar serat dapat melaksanakan tugasnya dengan baik. Berdasarkan komposisinya serat yang digunakan sebagai bahan penguat komposit dibedakan atas:

- a. Serat organik, yaitu serat yang berasal dari bahan organik, misalnya selulosa, polipropilene, serat rami, serat kapas, dll.
- b. Serat anorganik yaitu serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik, misalnya glass dan keramik. Adapun serat yang mempunyai kekuatan tinggi dan tahan panas (*hybrid fiber*).

2.2.4. Faktor Matriks

Adapun fungsi dari matriks adalah:

1. Sebagai transfer dari beban, yaitu mendistribusikan beban ke serat sebagai bahan yang mempunyai modulus kekuatan tinggi.
2. Sebagai pengikat phase serat pada posisinya, pada proses pembuatan bahan komposit yang diperkuat serat dan diikat oleh matrik, matrik harus mempunyai sifat *adhesive* yang baik terhadap serat untuk menghasilkan struktur komposit yang sempurna karena

hal ini berhubungan erat dengan transfer beban. Jika matrik mempunyai sifat *adhesive* 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*.

3. Melindungi permukaan serat penguat dari *abrasi* yang diakibatkan oleh perlakuan secara mekanik misalnya gesekan antar serat.

2.2.5. Fase Ikatan (*Bonding Phase*)

Kemampuan ikatan antar fiber dan matrik dapat ditingkatkan dengan memberikan aplikasi perlakuan permukaan yang disebut dengan *coupling agent*, yang meningkatkan sifat *adhesive* 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.

2.3. Mekanika Komposit

Sifat mekanik bahan komposit berbeda dengan bahan teknik konvensional lainnya. Tidak seperti bahan teknik lain yang pada umumnya bersifat homogen dan isotropik, komposit bersifat heterogen, bahan komposit merupakan bahan yang 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:

1. Sifat mekanik komponen penyusunnya
2. Geometri susunan masing-masing komponen
3. *Interface* antar komponen

Mekanika bahan komposit dapat dianalisa dari dua sudut pandang yaitu dengan analisa mikromekanik yaitu dengan memperlihatkan sifat-sifat mekanik bahan penyusunnya, hubungan antara komponen penyusun 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 : 11). Jika komposit lamina diambil sebagai komponen dasar analisa bahan komposit, maka analisa makromekanik dari lamina dapat diambil dari tegangan rata-rata, maupun sifat mekanik rata-rata dari bahan homogen yang ekuivalen.

2.4. Hubungan Tegangan dan Regangan Komposit

Secara makromekanik 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 persamaan (Robert, J. M., 1975 : 32):

$$\sigma_i = C_{ij} \times \varepsilon_j \quad (2.1)$$

dengan σ_i merupakan komponen tegangan, C_{ij} merupakan komponen matriks kekakuan bahan, dan ε_j merupakan komponen regangan.

Pada bahan yang anisotropik, dimana bahan tersebut tidak mempunyai sumbu simetri, persamaan tersebut dapat ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_{23} \\ \sigma_{31} \\ \sigma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{31} \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} \quad (2.2)$$

Analisa persamaan tersebut cukup kompleks, salah satu parameter yang membantu analisis mekanika bahan komposit adalah sifat orthotropik dari bahan komposit yaitu bahwa bahan komposit mempunyai sifat-sifat yang bergantung pada arah serat namun sifat-sifat tersebut sama pada bidang simetri tertentu. Pada

bahan yang bersifat orthotropik akan terdapat simetri pada matrik kekakuan bahan.

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

Untuk menghitung Kekuatan tarik dan regangan digunakan persamaan:

Kekuatan Tarik:

$$\sigma_u = \frac{\text{Beban}(F)}{\text{Luaspenampang}(A_0)} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (2.3)$$

Regangan:

$$\varepsilon = \frac{\text{PertambahanPanjang}}{\text{PanjangAwal}} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.5. 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 analisa sifat mekanik bahan komposit persamaan-persamaan yang digunakan menggunakan komponen fraksi volume, namun dalam kenyataannya pengukuran dilakukan berdasarkan fraksi berat. Fraksi volume merupakan perbandingan antara volume komponen penyusun dengan volume total komposit.

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

Fraksi berat dapat ditulis sebagai:

$$W_f + W_m = 1 \quad (2.5)$$

Dengan:

W_f = Fraksi berat serat

W_m = Fraksi berat matriks

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

$$\rho_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m \quad (2.6)$$

Dengan:

ρ_c = Massa jenis komposit

ρ_f = Massa jenis fiber

ρ_m = Massa jenis matriks

V_f = Volume fiber

V_m = Volume matriks

Persamaan diatas dapat pula ditulis sebagai:

$$\begin{aligned} \rho_c &= \rho_f V_f + \rho_m (1 - V_f) \\ &= (\rho_f - \rho_m) V_f + \rho_m \end{aligned} \quad (2.7)$$

Sehingga fraksi volume serat dapat diketahui dari persamaan:

$$V_f = \frac{\rho_c - \rho_m}{\rho_f - \rho_m} \quad (2.8)$$

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

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

2.6. Teori Kegagalan Lamina

2.6.1. Teori Tegangan 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 maka komposit akan mengalami kerusakan.

2.7. Modus 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.

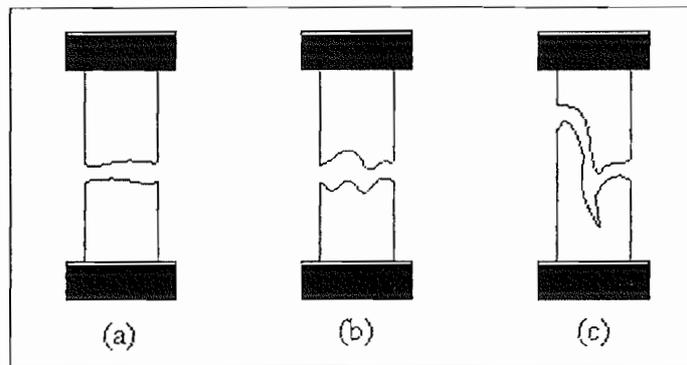


2.7.1. Modulus Kegagalan Akibat Beban Tarik Longitudinal

Pada bahan komposit lamina yang diberi beban tarik searah serat, kegagalan bermula dari serat-serat yang patah pada penampang terlemah. Bila beban semakin 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 kesekitar atau keserat lainnya.

Bila serat yang patah semakin banyak, maka ada tiga kemungkinan (Bambang Kismono, 2000 : 136):

1. Bila matriks mampu menahan gaya geser dan meneruskan keserat sekitar, maka serat yang patah akan semakin banyak sehingga timbul retakan. Bahan komposit akan patah getas (*brittle failure*) seperti pada gambar 2.3a.
2. Bila matriks tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul diujung serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*) dan komposit rusak searah serat seperti pada gambar 2.3b.
3. Kombinasi dari kedua tipe diatas pada kasus ini patah serat yang terjadi disembarang tempat diikuti dengan kerusakan matriks. Modus kerusakan berwujud seperti sikat (*brush type*) seperti terlihat pada gambar 2.3c.



Gambar 2.3. Modulus Kerusakan pada Bahan Komposit Akibat Beban Tarik

Modus kegagalan diatas dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kekuatan serat dan matriks, maupun fraksi volume atau berat 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. 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, $0,40 < 0,65$, 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.

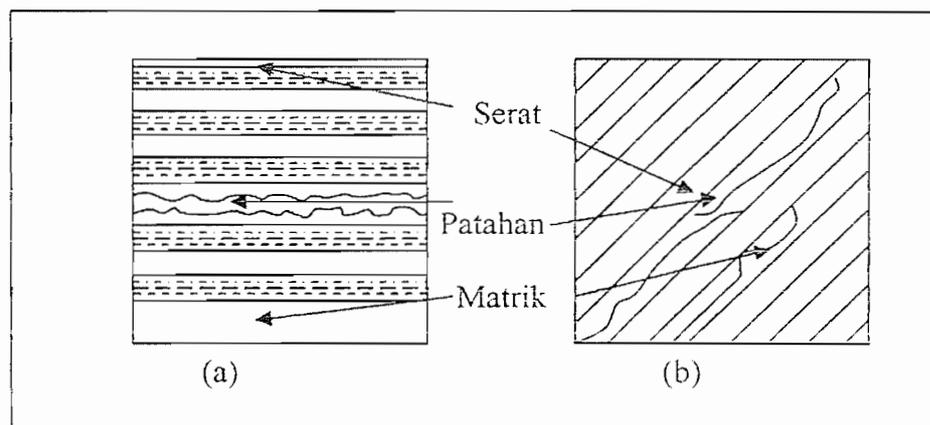
2.7.2. Modus kegagalan Akibat Beban Tarik Transversal.

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-arrah serat sangat acak dan lemah dalam arah transversal. Dengan demikian modus kegagalan akibat beban tarik transversal terjadi karena (Bambang Kismono, 2000 : 141):

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

Gambar 2.4. menunjukkan modus kegagalan tarik pada matriks tersebut.



Gambar 2.4. Kegagalan pada Komposit Akibat Beban Tarik Transversal (Bambang Kismono, 2000 : 136)

2.7.3. 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 mencolok 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 (*matrik micro crack*)
3. Terkelupasnya serat dari matriks (*debonding*)
4. Terpisahnya lamina satu sama lain (*delamination*)

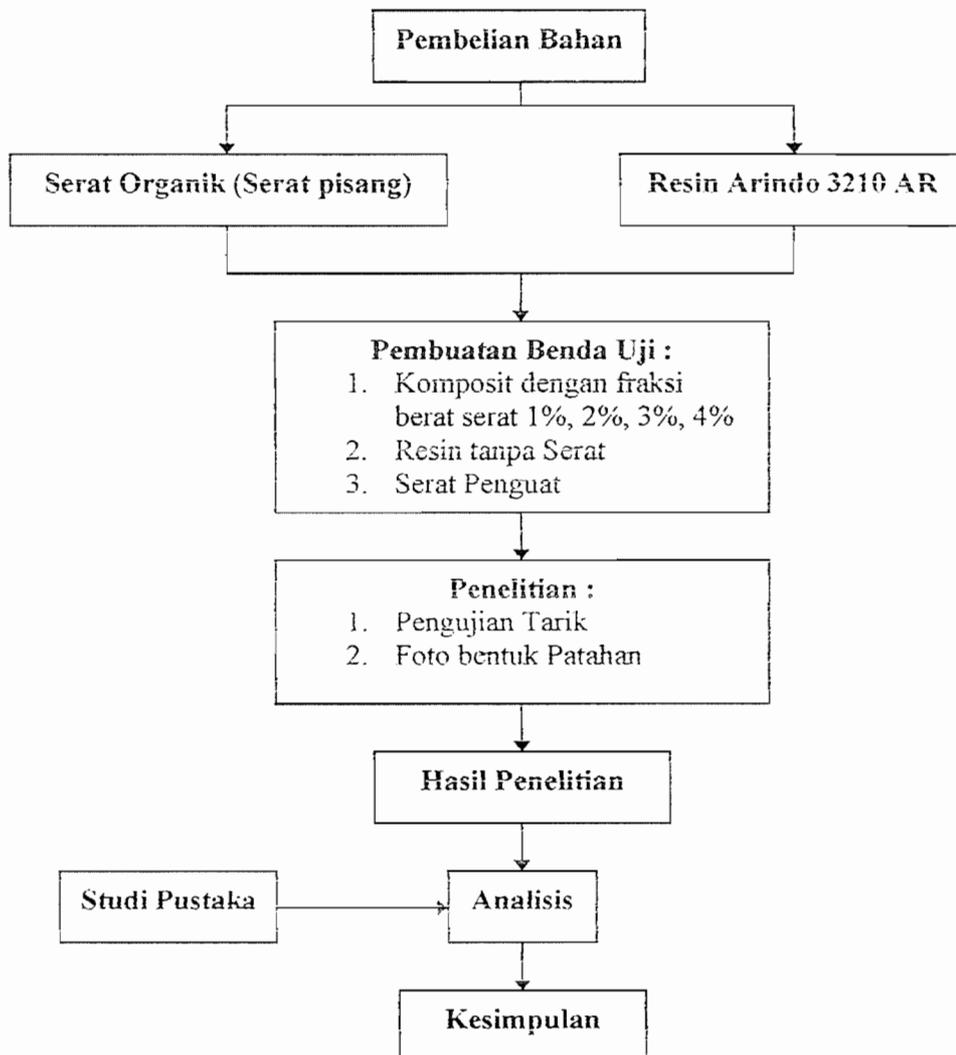
Kerusakan ini sama sekali tidak dapat diamati dengan mata telanjang dan baru dapat terlihat mata bila kerusakan cukup besar ditempat yang sama. Karena itu pada lokasi sebenarnya sangat susah untuk menentukan kapan suatu bahan komposit dikatakan rusak atau gagal. Karena rumitnya masalah tersebut pada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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Skema Alur Penelitian

Supaya lebih sistematis dalam melaksanakan penelitian dibuat alur penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema Alur Penelitian

3.2. Persiapan Benda Uji

3.2.1. Alat dan Bahan

Dalam pembuatan komposit serat organik (serat pisang) dipergunakan alat-alat sebagai berikut:

1. Bahan pembuat cetakan, kaca bening dengan ketebalan 5 mm dan 3 mm (luasan sesuai dengan cetakan yang akan dibuat).
2. Alat pemotong (gergaji, pisau dan gunting).
3. Tempat untuk mengaduk campuran resin dan katalis (ember/gayung, stik pengaduk)
4. Alat untuk membantu dalam proses pencetakan (alat perata, kuas, double tape dan scraber).
5. Alat ukur (gelas ukur 500 cc, neraca, penggaris, jangka sorong).
6. Alat untuk finishing (gerinda, amplas, kain lap).

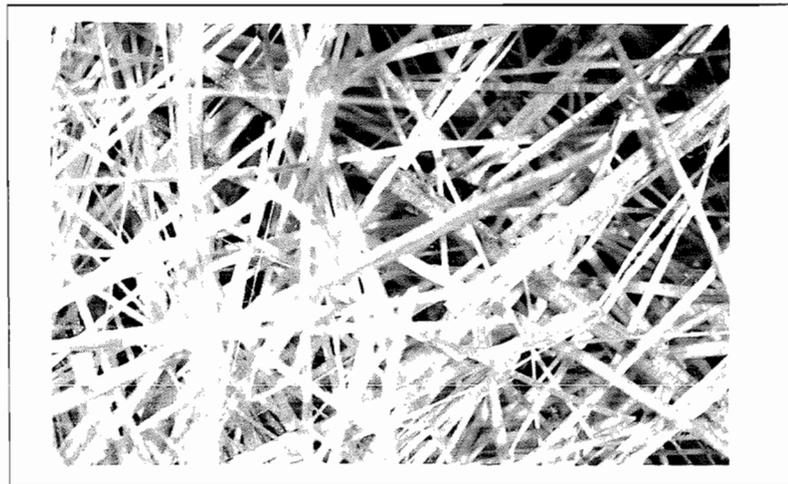
Sedangkan bahan-bahan utama yang digunakan untuk membuat komposit serat pisang adalah sebagai berikut:

3.2.1.1. Resin

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin polyester produksi P.T.Arindo Pacific Chemicals Semarang dengan tipe Arindo 3210 AR. Ciri-ciri fisik resin ini berwarna merah muda, untuk mengetahui sifat-sifat mekaniknya dilakukan pengujian tarik terhadap resin pengikat tanpa serat. Data dan perhitungan selengkapnya disajikan dalam lampiran Tabel dan perhitungan.

3.2.1.2. Serat

Dalam penelitian ini serat penguat yang digunakan adalah serat pisang. Karena serat yang digunakan tidak disertai spesifikasi khusus sehingga untuk mengetahui sifat-sifat mekanik harus dilakukan pengujian secara langsung hal ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dan massa jenis serat secara aktual. Dari serat yang digunakan data dan perhitungan selengkapnya disajikan dalam lampiran Tabel dan perhitungan.



Gambar 3.2. Serat Pisang

3.2.1.3. Katalis

Percabangan antara rantai polyester pada suhu kamar dapat terjadi dalam waktu yang sangat lama. Untuk mempercepat dapat dipicu dengan penambahan katalis dengan perbandingan $\pm 1\% - 2\%$ dari jumlah volume resin, sehingga terjadi reaksi yang bersifat *ekstorn*. Ketika reaksi dimulai akan timbul panas ($60^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$) yang cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan maksimal dan

bentuk plastik. Dalam penelitian ini untuk mempercepat laju *curing* komposit digunakan katalis *metoxene* (*methyle ethyl peroxide*). Laju *curing* komposit ditentukan oleh jumlah katalis yang ditambahkan kedalam resin, semakin banyak katalis yang ditambahkan semakin cepat laju *curing* yang dihasilkan. Namun jika katalis yang digunakan terlalu banyak matriks komposit yang dihasilkan cenderung bersifat getas, sehingga penggunaan katalis harus disesuaikan dengan kebutuhan dengan menggunakan katalis *metoxene*. Waktu yang dibutuhkan untuk proses *curing* berkisar antara 4-6 jam.

3.2.1.4. Release Agent

Bahan ini adalah bahan yang digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan sifat *adhesive* (daya rekat) antara bahan cetakan dengan komposit nantinya. Pada proses pembuatan komposit ini bahan yang digunakan sebagai anti *adhesive* 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 saat pencetakan. Perlakuan pelapisan dengan bahan anti *adhesive* ini akan mempermudah proses pelepasan produk yang dibuat dari *molding* cetakan. Pelapisan *release agent* ini dapat dilakukan sebanyak tiga kali dalam setiap proses pembuatan, semakin banyak proses pelapisan akan semakin mengurangi sifat *adhesive* resin terhadap *molding*.

3.2.1.5. 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* ini hanya dapat berfungsi sebelum resin menjadi keras dan kering, apabila resin telah mengeras dan kering maka alat akan sulit dan lama dalam pelunakannya. Bahan *acetone* tidak dapat digunakan sebagai pengencer dalam pembuatan, walaupun bahan ini mempunyai sifat mengencerkan resin, karena pemakaian bahan ini akan mengakibatkan pengaruh terhadap proses *curing* dan sifat dari bahan yang dihasilkan.

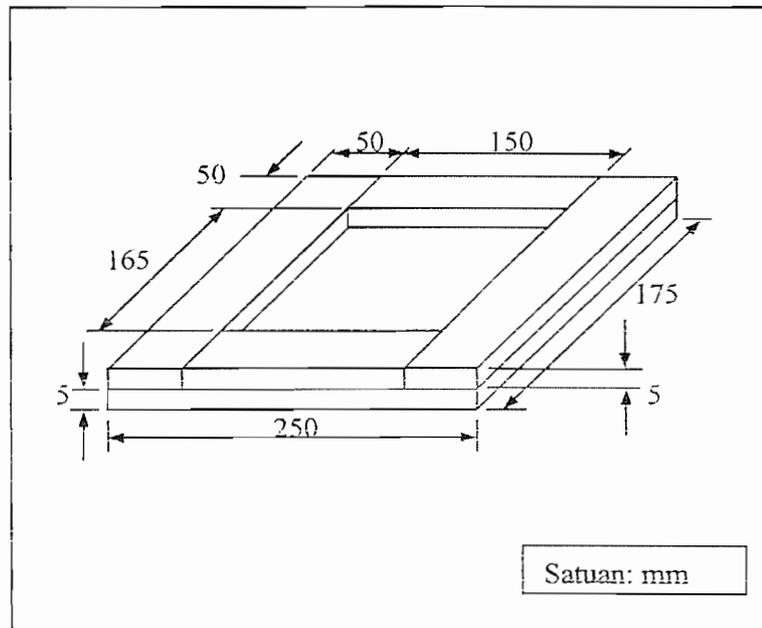
3.2.2. Pembuatan Cetakan

Dalam proses pembuatan komposit, dibutuhkan sebuah cetakan yang nantinya bentuk dan dimensi dari cetakan ini akan menjadi bentuk dan dimensi dari produk yang dibuat dalam cetakan tersebut.

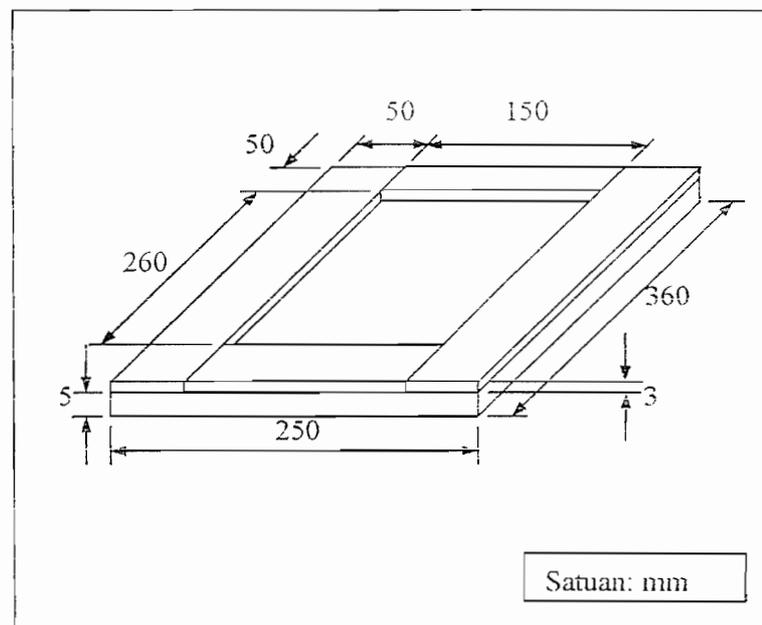
Proses pembuatan cetakan tersebut mempunyai urutan sebagai berikut:

1. Dimensi dan ukuran kaca bening yang akan dipakai disiapkan.
2. Resin disiapkan, begitu juga dengan katalis (jumlah katalis yang digunakan biasanya tidak lebih dari $\pm 1 - 2\%$ dari jumlah resin) dan *release agent*.
3. Batas tepi pada cetakan dengan potongan kaca yang sesuai dengan ukuran komposit yang akan dibuat sudah disiapkan terlebih dahulu.

Gambar 3.2. dan 3.3. memperlihatkan ukuran dan dimensi pembuatan cetakan matriks pengikat dan komposit:



Gambar 3.3. Cetakan Matrik Pengikat



Gambar 3.4. Cetakan Komposit

3.3. Pembuatan Benda Uji

3.3.1. Pembuatan Benda Uji Matrik Pengikat

Pencetakan benda uji matrik pengikat dilakukan dengan metode *hand lay-up*, mengingat proses pencetakan yang relatif sederhana dan hasil yang cukup baik cetakan yang digunakan untuk pembuatan matriks pengikat ini mempunyai dimensi dengan tebal cetakan 5 mm dan menghasilkan tebal benda uji 5 mm juga.

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

1. Permukaan cetakan terlebih dahulu dilapisi dengan *release agent* dan sebaiknya dilakukan sebanyak tiga kali, ini dilakukan untuk mempermudah pemisahan produk yang telah jadi dari cetakan. Pengeringan dilakukan selama 30-45 menit.
2. Resin disiapkan sesuai dengan ketentuan yang diberikan, untuk pembuatan matriks pengikat ini resin yang dibutuhkan adalah 200 gr. Kemudian resin yang telah diletakkan pada wadah pencampur ditambahkan katalis sesuai yang dianjurkan yaitu sebesar $\pm 1\% - 2\%$ dari jumlah berat resin.
3. Campuran resin dan katalis diaduk hingga rata, setelah resin dan katalis tercampur dengan rata, lakukan penuangan pada cetakan. Resin yang dituang pada cetakan diusahakan rata.
4. Proses *curing* dilakukan dalam waktu 4-6 jam. Keluarkan matriks dari cetakan dengan bantuan scraber.

5. Produk dipotong-potong sesuai dengan ukuran spesimen.

Catatan: Penggunaan aceton untuk membersihkan peralatan dari resin sebaiknya dilakukan sebelum resin mengering dan menjadi keras

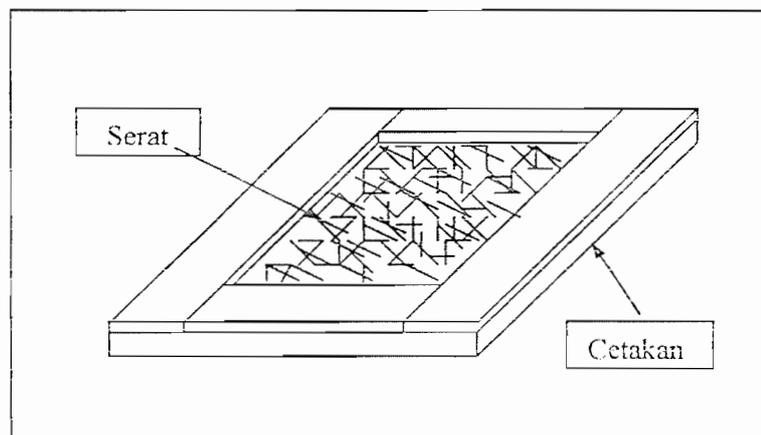
3.3.2. Pembuatan Benda Uji Komposit

Benda uji komposit dibuat dengan ketebalan 3 mm. Untuk benda uji komposit proses pembuatan dan pencetakan hampir sama dengan proses pencetakan matriks pengikat, hanya perlu diperhatikan adanya serat dalam pembuatan produk.

Langkah-langkah pencetakan benda uji komposit adalah sebagai berikut:

1. Cetakan disiapkan, yang sebelumnya sudah dilapisi dengan *release agent* (sebanyak tiga kali).
2. Serat pisang disiapkan dalam bentuk roving yang telah terpotong-potong sesuai dengan ukuran (panjang 20 mm) sebanyak 20 gr yang dibagi menjadi empat bagian, yaitu: untuk fraksi serat sebanyak 2 gr untuk pencetakan komposit pertama, 4 gr untuk pencetakan komposit kedua, 6 gr untuk pencetakan komposit yang ketiga dan 8 gr untuk pencetakan komposit yang keempat.
3. Serat pisang disusun secara acak didalam cetakan, setelah serat merata lakukan penekanan terhadap serat supaya waktu penuangan campuran resin dan katalis tidak mengalami kesulitan. Demikian juga untuk proses pencetakan yang berikutnya.

4. Resin disiapkan, untuk komposit dengan fraksi serat 1% siapkan resin sebanyak 196,02 gr jumlah ini sudah dikurangi oleh jumlah serat dan katalis. Demikian juga untuk fraksi serat 2%, 3% dan 4%.
5. Campuran resin dan katalis dituangkan ke dalam cetakan, supaya resin dapat meresap keseluruhan bagian cetakan dan dapat membasahi serat dengan merata dapat dilakukan dengan sapuan kuas.
6. Waktu proses *curing* adalah 4-6 jam, setelah selesai, hasil cetakan dapat dilepas dengan bantuan scraber.
7. Hasil cetakan benda uji komposit dipotong sesuai dengan spesimen yang dibutuhkan.



Gambar 3.5. Rangkaian Serat yang disusun Acak didalam Cetakan

Catatan: Penggunaan aceton untuk membersihkan peralatan dari resin sebaiknya dilakukan sebelum resin mengering dan menjadi keras

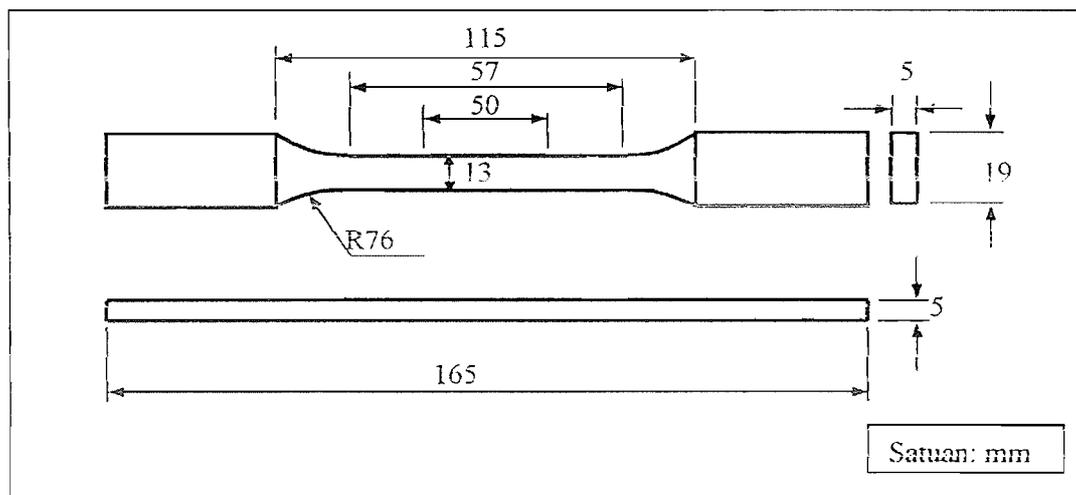
Tabel 3.1. Dimensi dan Komposisi Benda Uji Komposit

Fraksi serat	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm ³)	Berat serat (gr)	Berat resin (gr)	Berat katalis (gr)	Berat komposit (gr)
1%	260	150	3	117	2	196,02	1,98	200
2%	260	150	3	117	4	194,04	1,96	200
3%	260	150	3	117	6	192,06	1,94	200
4%	260	150	3	117	8	190,08	1,92	200

3.4. Standar dan Ukuran Benda Uji

3.4.1. Benda Uji Matriks Pengikat

Pembuatan dan pengujian matriks pengikat mengacu pada standar pengujian ASTM D638 – 91 (*Standart Test Method for Tensile Properties of Plastic*), dimensi benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

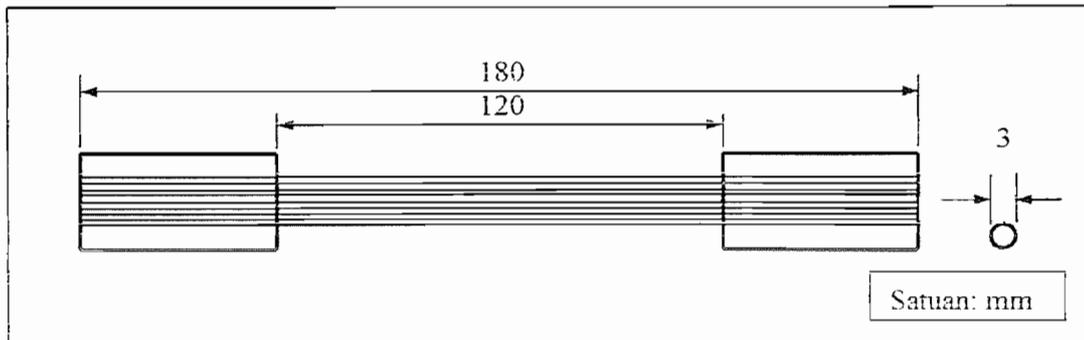


Gambar 3.6. Dimensi Benda Uji Tarik Matriks Pengikat

3.4.2. Benda Uji Serat Penguat

Pengujian tarik serat penguat berupa serat pisang ini dilakukan dengan cara menjepit kedua belah ujung serat dimana kedua belah ujungnya telah diberi campuran resin dan katalis adapun panjang ukur serat adalah 12 cm

dengan diameter serat 3 mm dan panjang penjepit seratnya 30 mm, dimensi benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.7. Dimensi Benda Uji Tarik Serat Penguat

Luas penampang untuk serat penguat:

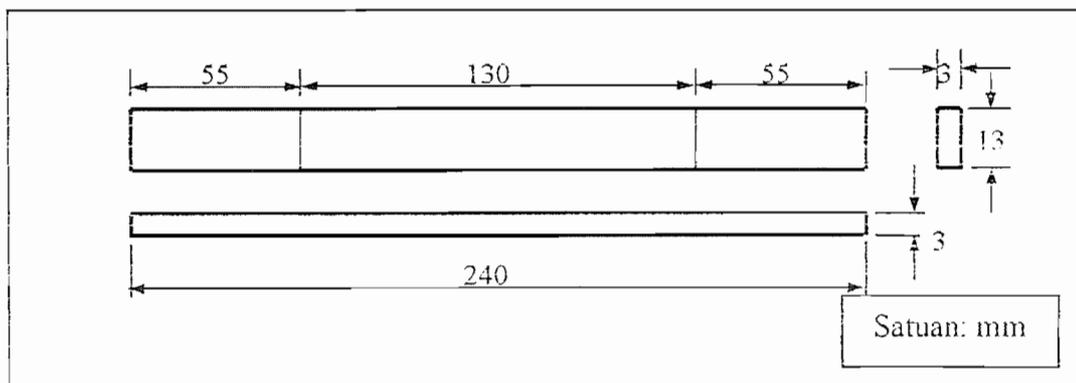
$$A_o = \pi \times r^2 \quad (3.1)$$

$$A_o = \frac{22}{7} \times 1,5^2$$

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

3.4.3. Benda Uji Komposit.

Pembuatan dan pengujian benda uji komposit mengacu pada standar pengujian ASTM D3039 – 76, dimensi benda uji yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3.8. Dimensi Benda Uji Tarik Komposit

3.5. Metode Pengujian.

3.5.1. Pengujian Tarik Matriks Pengikat

Dalam penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat mekanik matriks pengikat secara terpisah digunakan pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik. Dalam pengujian tarik matriks pengikat digunakan tiga buah benda uji dengan dimensi benda uji mengacu pada standar ASTM D638 – 91.

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

3.5.2. Pengujian Serat Penguat

3.5.2.1. Pengujian Tarik Serat Penguat

Dalam penelitian untuk mengetahui sifat-sifat mekanik serat penguat dilakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik. Dalam pengujian tarik menggunakan mesin tarik ini diperoleh print out berupa data grafik hubungan beban dan penambahan panjang. Data dan hasil pengujian tarik serat terlampir dalam data hasil pengujian.

3.5.2.2. Pengujian Massa Jenis Serat

Massa jenis serat pisang berbentuk roving/tali, pada pengujian ini dilakukan penimbangan serat pisang sepanjang 100 mm dengan timbangan mikro, hasil dari penimbangan dapat diketahui berat dari 100 mm panjang. Sedangkan untuk mengetahui penampang dan luasan dari serat pisang dapat diketahui dengan foto mikro.

3.5.3. Pengujian Tarik Komposit

Pengujian komposit dengan fraksi berat serat sebesar 1%, 2%, 3% dan 4% dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik. Dalam pengujian tarik komposit digunakan lima buah benda uji untuk masing-masing fraksi serat dengan dimensi benda uji yang mengacu pada standar ASTM D3039 – 76.

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

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

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

4.1. Hasil Pengujian Tarik Matriks Pengikat

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

Metode analisis terhadap pengujian tarik serat dan komposit dapat juga dilakukan terhadap pengujian tarik matriks, sehingga dari analisis grafik pengujian dan perhitungan diperoleh beberapa sifat mekanis yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Sifat Mekanik Matris Pengikat

Matris	Gaya (kg)	Perubahan Panjang ΔL (mm)	Luas Penampang Awal L ₀ (mm ²)	Panjang Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	Regangan (%)
1	259,2	2,75	65	165	3,98
2	246,7	2,51	65	165	3,79
3	223,2	1,72	65	165	2,43
Rate-rata	243,03	2,33	65	165	3,73

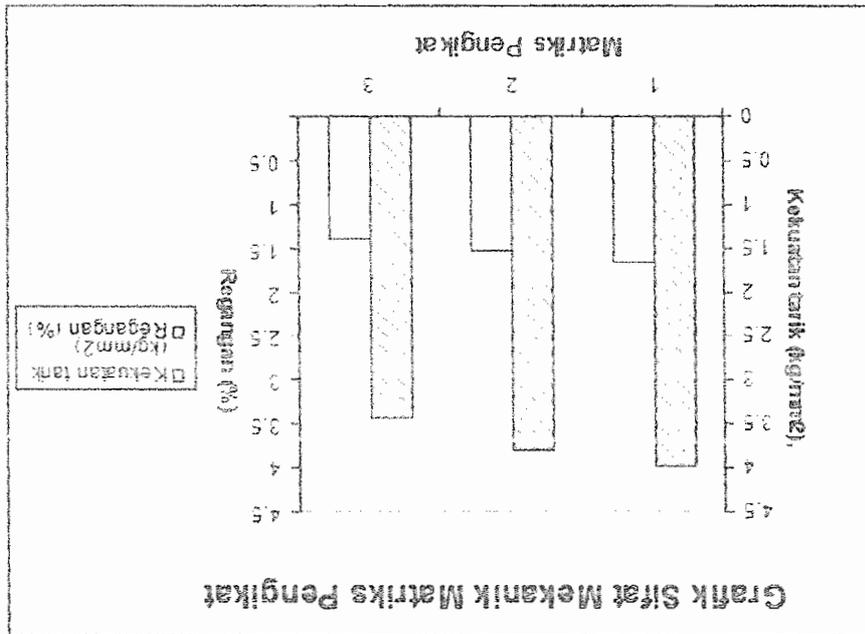
Dari pengujian tarik terhadap matris pengikat, menunjukkan sifat

perantaraan yang cukup tinggi. Matris polimer termoset dalam aplikasi

komposit secara umum dikenal mempunyai sifat regangan yang tinggi. Jika

meninjau model kerusakan matris yang terjadi, model kerusakan yang terjadi

cenderung berupa patah getas.



Gambar 4.1. Grafik Sifat Mekanik Matris Pengikat

4.2. Hasil Pengujian Tarik Serat Pengikat

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik yang menghasilkan

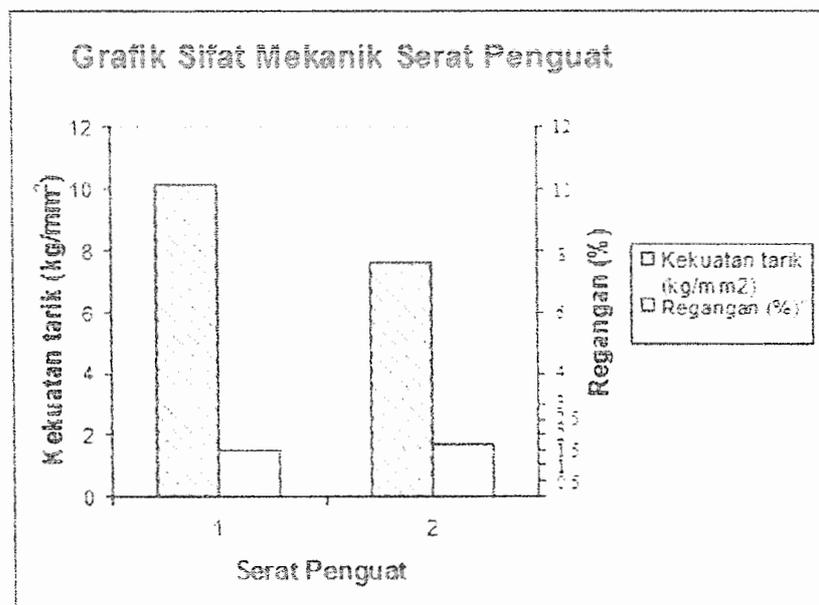
grafik print out berupa grafik hubungan beban dan pertambahan panjang yang

terjadi selama pengujian berlangsung hingga mencapai beban maksimum (F maks) dan regangan yang terjadi pada saat beban maksimum. Dari hasil analisis dan perhitungan pengujian tarik serat diperoleh beberapa sifat mekanik serat pisang seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Sifat Mekanik Serat Pisang sebagai Serat Penguat

Serat	Gaya F (kg)	Pertambahan Panjang Δl (mm)	Luas Penampang A_0 (mm ²)	Panjang Awal L_0 (mm)	Kekuatan Tarik σ (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
1	71,6	2,75	7,065	180	10,13	1,53
2	53,7	3,1	6,427	180	8,34	1,73
Rata-rata	62,65	2,93	6,751	180	9,24	1,63

Dari Tabel 4.2. dapat diambil suatu kesimpulan bahwa tegangan tarik serat pisang sebagai serat penguat lebih besar bila dibandingkan dengan tegangan tarik resin polyester sebagai matriks pengikat. Sedangkan regangan matriks pengikat lebih besar dibandingkan regangan serat penguat.



Gambar 4.2. Grafik Sifat Mekanik Serat Penguat

4.3. Hasil Pengujian Larik Komposit

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik yang menghasilkan print out berupa grafik hubungan beban dan perambatan panjang.

Tabel 4.3. Hasil Mekanik Komposit Derasi Dengan Serat Kain dan Serat Karbon

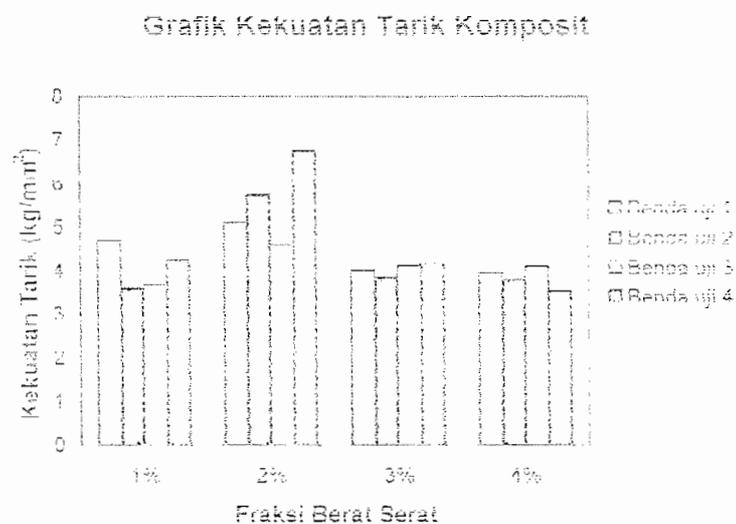
Urutan	Urutan Serat	Luas (cm ²)	Perambatan (mm)	Luas (mm ²)	Panjang (cm)	Skalaran (mm)	Kesamaan (%)
1	1%	183,5	1,15	39	170	1,71	1,5
2		179,8	1,25	71	170	1,77	1,75
3		182,2	1,2	21	170	2,12	1
4		186,2	1,5	39	170	4,36	1,15
Rata-rata		178,2	1,2	37	170	3,02	1,14
1	2%	189,7	1,77	51	170	1,77	1,75
2		231,7	1,65	39	170	2,16	1,77
3		172,4	1,6	19	170	2,16	1,75
4		181,4	1,5	38	170	2,71	1,12
Rata-rata		216,83	1,8	39	170	2,56	1,56
1	3%	150,8	1,1	39	170	1,91	0,85
2		151,6	1,25	34	170	2,36	1,16
3		161,1	0,95	39	170	1,14	0,75
4		163,6	1,2	39	170	1,19	0,92
Rata-rata		156,53	1,12	37	170	1,65	0,87
1	4%	141,1	1,15	21	170	1,66	1,11
2		139,3	1,4	29	170	1,82	1,08
3		139,2	1,1	19	170	1,11	1,1
4		150,7	0,75	30	170	2,22	0,82
Rata-rata		150,60	1,25	30	170	2,02	0,91

Hasil pengujian dengan menggunakan mesin uji tarik menunjukkan bahwa komposit akan berkinerja hingga mencapai harga minimal hal ini terlihat pada fraksi serat karbon yang menunjukkan perambatan panjang yang lebih panjang dengan perambatan melalui *interface* antar serat dan matriks, pelekatan 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.

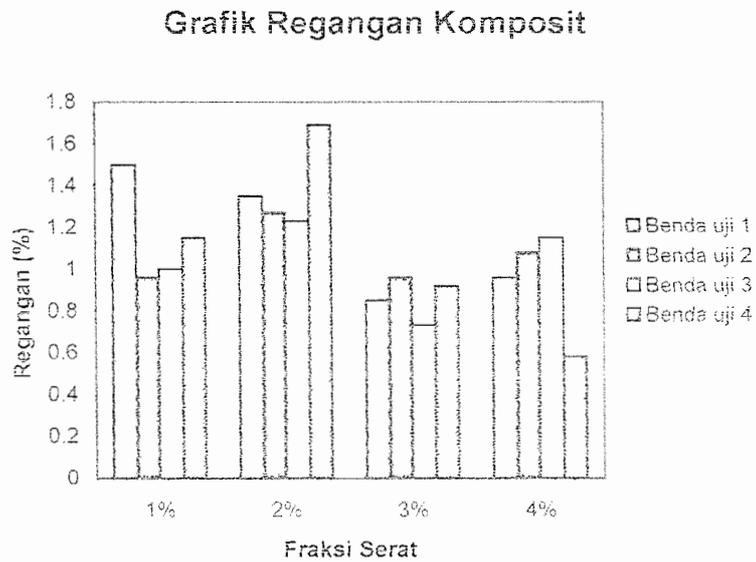
Harga kekuatan tarik komposit mulai berkurang pada fraksi serat 3% dapat dikatakan pada fraksi tersebut merupakan fraksi serat kritis. Dalam perancangan hal ini harus dihindari sehingga diharapkan struktur komposit dapat menahan beban yang diberikan.

Gambar 4.3. merupakan grafik pengaruh fraksi serat terhadap kekuatan tarik komposit:



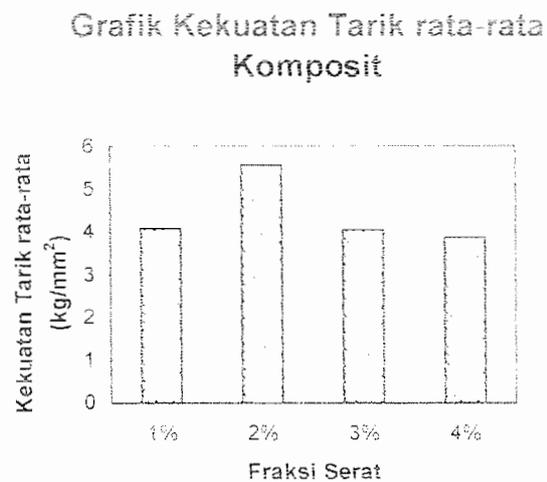
Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Fraksi Serat terhadap Kekuatan Tarik

Gambar 4.4. merupakan grafik pengaruh fraksi serat terhadap regangan komposit:



Gambar 4.4. Grafik Pengaruh Fraksi Serat terhadap Regangan

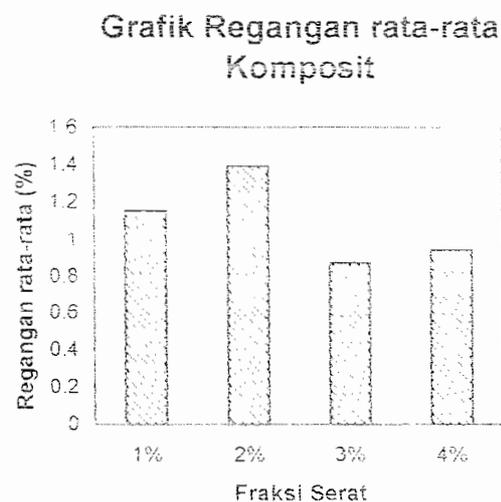
Tabel 4.3. dapat pula dibuat dalam bentuk grafik dengan mengambil nilai rata-rata tegangan untuk setiap fraksi serat.



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Kekuatan Tarik rata-rata Komposit terhadap Fraksi Serat.

Penyebab terjadinya penurunan grafik kekuatan tarik pada fraksi serat 3% dan 4% dibandingkan fraksi serat 2% adalah:

- a. Pada fraksi serat 4% pengacakan serat pada benda uji tidak sesuai dengan standar penyusunan serat secara acak oleh sebab itu patahnya benda uji terletak pada bagian serat yang susunannya searah dengan tempat patahnya benda uji atau dengan kata lain serat tidak berfungsi sama sekali menahan kekuatan tarik yang terjadi pada benda uji. ini disebabkan sewaktu proses pencetakan benda uji penulis tidak begitu memperhatikan faktor tersebut.
- b. Sedangkan pada fraksi serat 3% selain faktor diatas juga disebabkan adanya *void* pada benda uji, maka patah yang terjadi pada benda uji cenderung patah pada bagian yang mempunyai *void*.



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Regangan rata-rata Komposit terhadap Fraksi Serat.

4.4. Model Kerusakan Komposit

Kerusakan komposit pada fraksi serat 1% dan 2% cenderung tergolong kerusakan jenis patah getas ini disebabkan waktu jumlah serat yang terputus masih sedikit dan kekuatan *interface* antar serat dan matriks baik, matriks masih mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut kesekitarnya. Apabila matriks 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*).

Tipe patahan yang terjadi pada komposit dengan fraksi serat 3% dan 4% disebabkan oleh terjadinya *debonding* dimana matriks tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul dan dapat terlepas dari matriks pengikat. Pada fraksi serat ini setelah matriks retak kemampuan untuk mendukung beban akan segera berkurang. Namun komposit masih mampu menahan beban walaupun beban yang mampu ditahan lebih kecil daripada beban maksimum saat matriks retak, beban akan dikonsentrasikan dari komposit ke serat ditempat persinggungan retak. Selanjutnya kemampuan untuk mendukung beban berasal dari serat, serat akan tercabut dari matriks yang mengakibatkan kemampuan untuk mendukung beban semakin kecil.

Secara umum teori kegagalan lamina dapat digunakan untuk memprediksi harga tegangan tarik maksimum. Berdasarkan Gambar 4.6. secara umum data hasil pengujian dapat dikatakan sesuai dengan teori kegagalan lamina meskipun masih terdapat sedikit penyimpangan antara data pengujian dengan teori

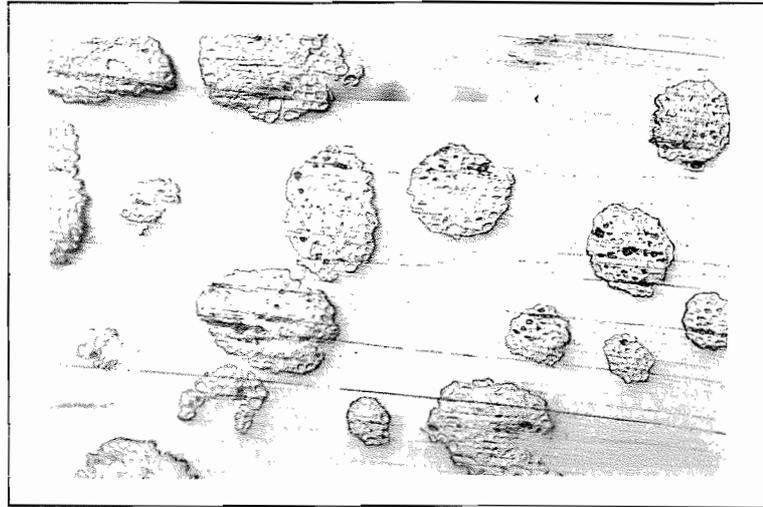
kegagalan lamina penyimpangan yang terjadi antara lain disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Proses pembuatan benda uji

Benda uji yang dibuat secara manual dengan proses *hand lay-up* sangat sederhana, sehingga hasil pencetakan benda uji kurang sempurna, dimensi hasil pencetakan masih kurang bagus jika dibandingkan dengan hasil proses fabrikasi. Hal tersebut sangat berpengaruh terhadap data hasil pengujian.

2. Distribusi serat yang kurang merata

Dalam proses pencetakan secara manual dengan proses *hand lay-up* distribusi serat pada matrik pengikat tidak dapat merata sepenuhnya. Distribusi serat penguat yang kurang merata pada matrik pengikat menyebabkan perbedaan penguatan pada setiap bagian komposit yang dihasilkan. Sehingga pada bagian komposit yang distribusi seratnya sedikit kerusakan seringkali terjadi. Seperti pada Gambar 4.7. kelihatan distribusi serat tidak merata diseluruh penampang permukaan komposit.



Gambar 4.7. Penampang melintang Serat Pisang/ Resin Arindo 3210 AR

3. Pengujian dan pengambilan data

Faktor ini merupakan faktor teknis yang sulit diperlihatkan dalam pengujian, hal ini disebabkan:

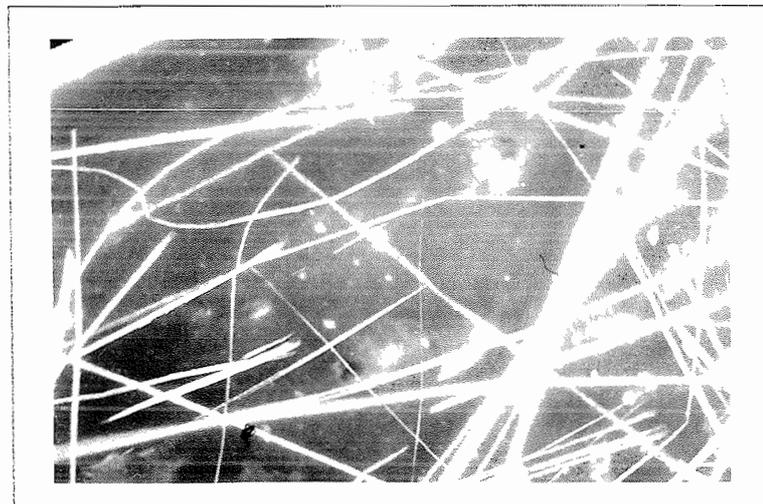
- a. Kurang hati-hati dalam pemasangan benda uji ke dalam penjepit mesin uji tarik dimana kesalahan ini dapat mengakibatkan kerusakan awal pada spesimen yang tidak terdeteksi sebelum beban diberikan.
- b. Pemasangan benda uji yang tidak lurus dengan arah penarikan pada mesin uji tarik sehingga menimbulkan momen lengkung pada spesimen. Hal ini menyebabkan patahan pada daerah dekat pemegang benda uji.

4.5. Analisis Kerusakan pada Komposit

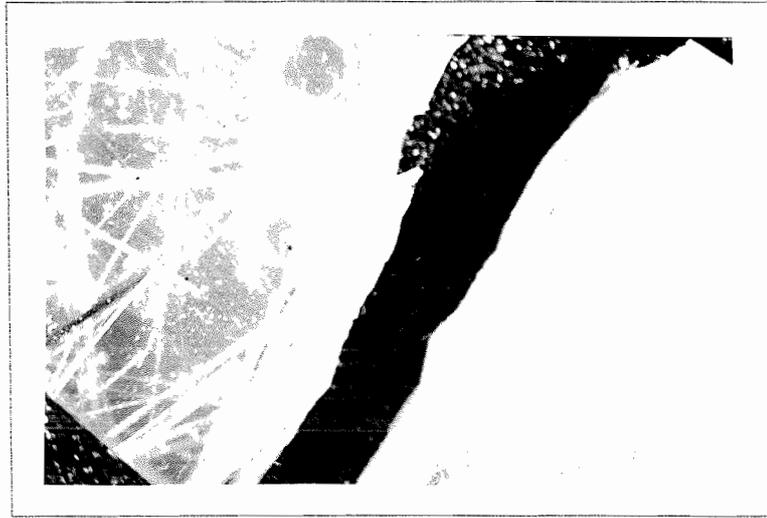
Tujuan penelitian kerusakan komposit menurut analisis foto struktur mikro adalah untuk mengetahui seberapa jauh kerusakan pada komposit sebelum atau sesudah mendapat perlakuan uji tarik.

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

Analisis struktur mikro juga memperlihatkan konfigurasi kerusakan internal komposit disebabkan adanya *void*.



Gambar 4.8. Void pada Komposit



Gambar 4.9. Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 1%



Gambar 4.10. Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 2%



Gambar 4.11. Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 3%



Gambar 4.12. Foto Makro Bentuk Patahan pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 4%



Gambar 4.13. Foto Makro Bentuk Patahan pada Matrik Pengikat

Dari hasil analisis pemotretan dan pengamatan pada makro struktur patahan berbagai bentuk patahan terdapat bentuk patahan yang berbeda-beda. Perbedaan ini dikarenakan pengujian pada bahan yang mempunyai fraksi serat yang berbeda-beda dari Gambar 4.9. - 4.12. dapat dilihat bahan patah pada beban tertentu dan mengalami perpatahan menurut fraksi seratnya. Penampang komposit yang mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi penampang patahannya akan semakin kasar. Dari hasil pengamatan penampang patahan mempunyai pola atau bentuk perpatahan sesuai dengan fraksi serat yang terdapat pada komposit. Menurut bentuk patahan yang terjadi pada pengujian tarik komposit merupakan bentuk patah getas dan akibat terjadinya *debonding*. Sedangkan pengujian tarik pada matrik pengikat mempunyai variasi bentuk patahan seperti pada Gambar 4.13. Untuk pengujian matrik pengikat ini mempunyai jenis patahan berupa patah getas.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini penulis dapat mengambil suatu kesimpulan bahwa:

1. Kekuatan tarik rata-rata yang dihasilkan matrik pengikat sekitar 4 kg/mm² sedangkan regangan rata-rata sekitar 1,4%.
2. Kekuatan tarik rata-rata yang dihasilkan serat penguat (serat pisang) sekitar 8,9 kg/mm² sedangkan untuk regangan rata-rata sekitar 1,6%.
3. Kekuatan tarik tertinggi pada komposit terdapat pada fraksi berat serat 2% yaitu 5,6 kg/mm² dan untuk kekuatan tarik terendah terdapat pada fraksi berat serat 4% sekitar 4 kg/mm². Regangan tertinggi terdapat pada fraksi berat serat 2% yaitu 1,4% dan untuk regangan terendah terdapat pada fraksi berat serat 3% yaitu 0,9%.
4. Bentuk patahan komposit pada fraksi berat serat 1% dan 2% tergolong kerusakan jenis patah getas (*brittle failure*), sedangkan bentuk patahan komposit pada fraksi berat serat 3% dan 4% tergolong kerusakan jenis *debonding*.

5.2. Saran

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

1. Pada proses pencetakan benda uji dengan proses *hand lay-up*, untuk mendapatkan ketebalan yang merata sebaiknya ukuran cetakan dibuat seteliti mungkin. Ini dimaksudkan untuk mendapatkan ketebalan komposit yang merata dan menghindari pengerjaan ulang.
2. Pada saat pencetakan benda uji komposit sebaiknya dilakukan dengan cara berurutan mulai dari serat penguat kemudian resin pengikat kemudian serat penguat dan diakhiri dengan resin pengikat. Ini dilakukan supaya pengacakan serat dapat merata disetiap bagian cetakan dan sebaiknya arah serat juga harus diperhatikan sebab arah serat sangat berpengaruh besar pada kekuatan tarik yang dihasilkan..
3. 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, 2000. *Mekanika Struktur Komposit* Departemen Pendidikan Nasional

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

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

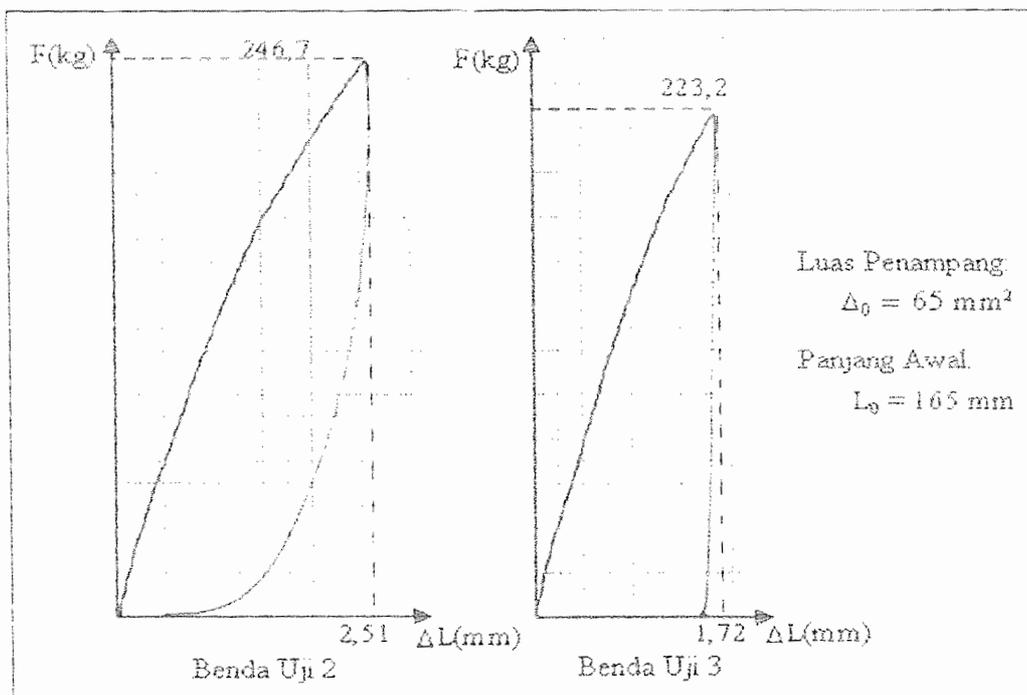
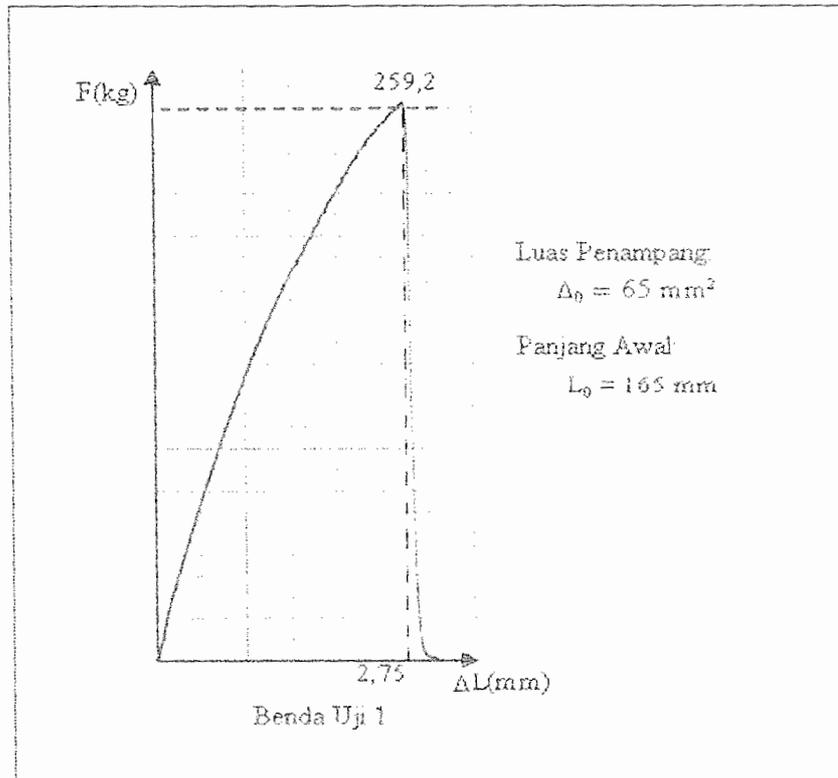
Robert, J.M., 1975. *Mechanics of Composite Material*, Mc Graw Hill, New York.

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

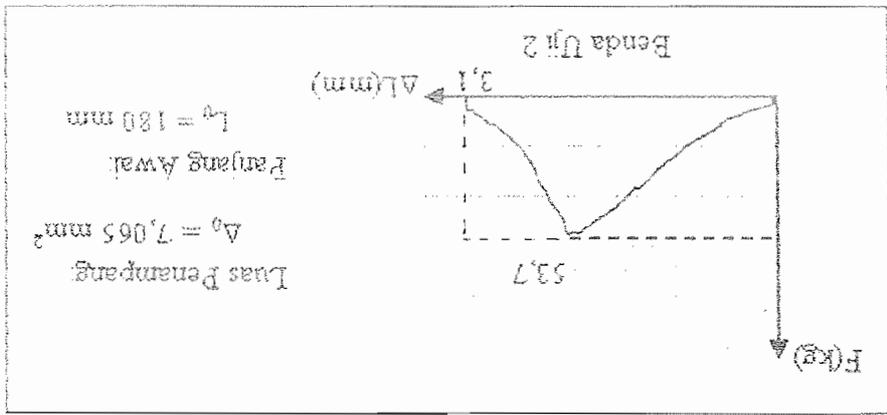
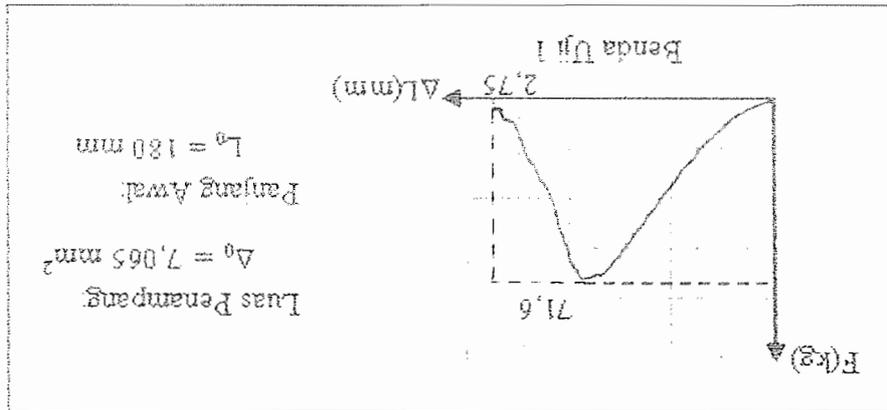
LAMPIRAN

Lampiran 1

1. Grafik Hubungan Beban dengan Pertambahan Panjang pada Matrik Pengikat

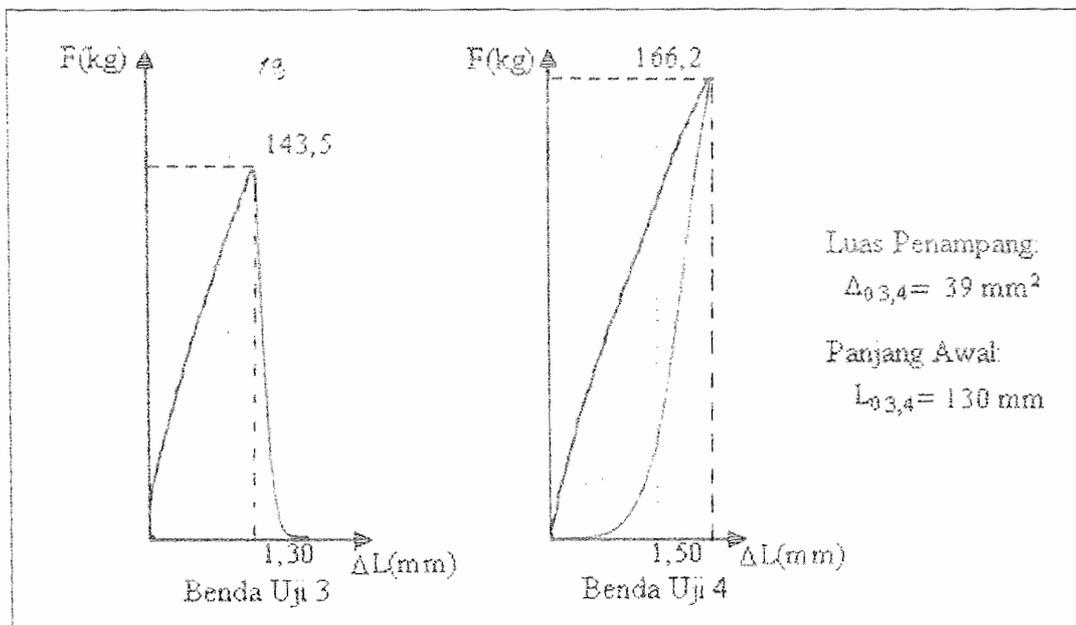
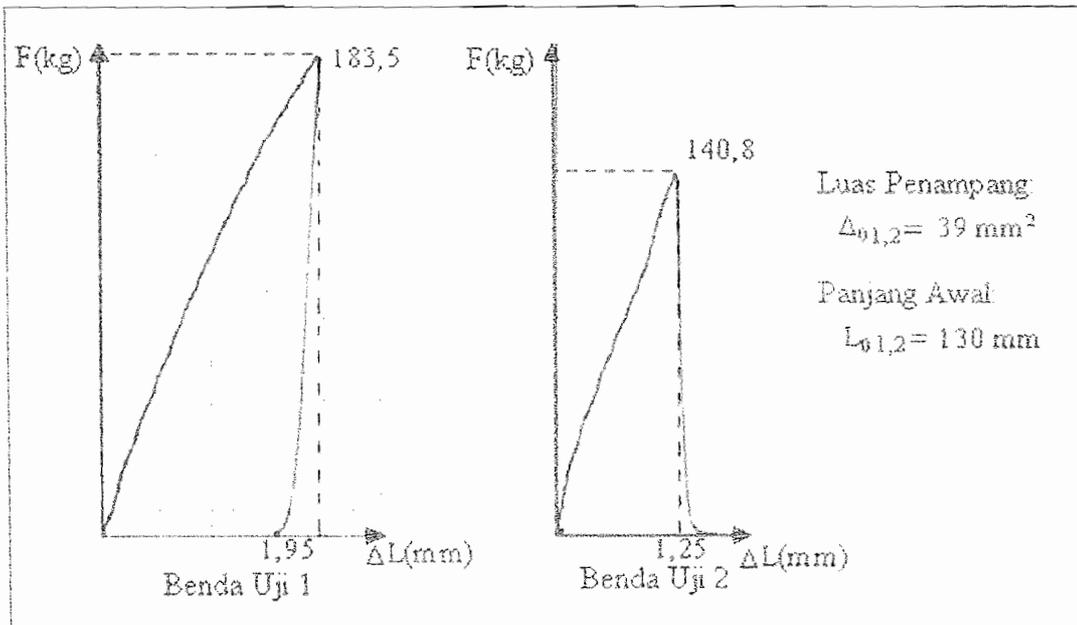


2. Grafik Hubungan Beban dengan Pertambahan Panjang pada Serat Penguat



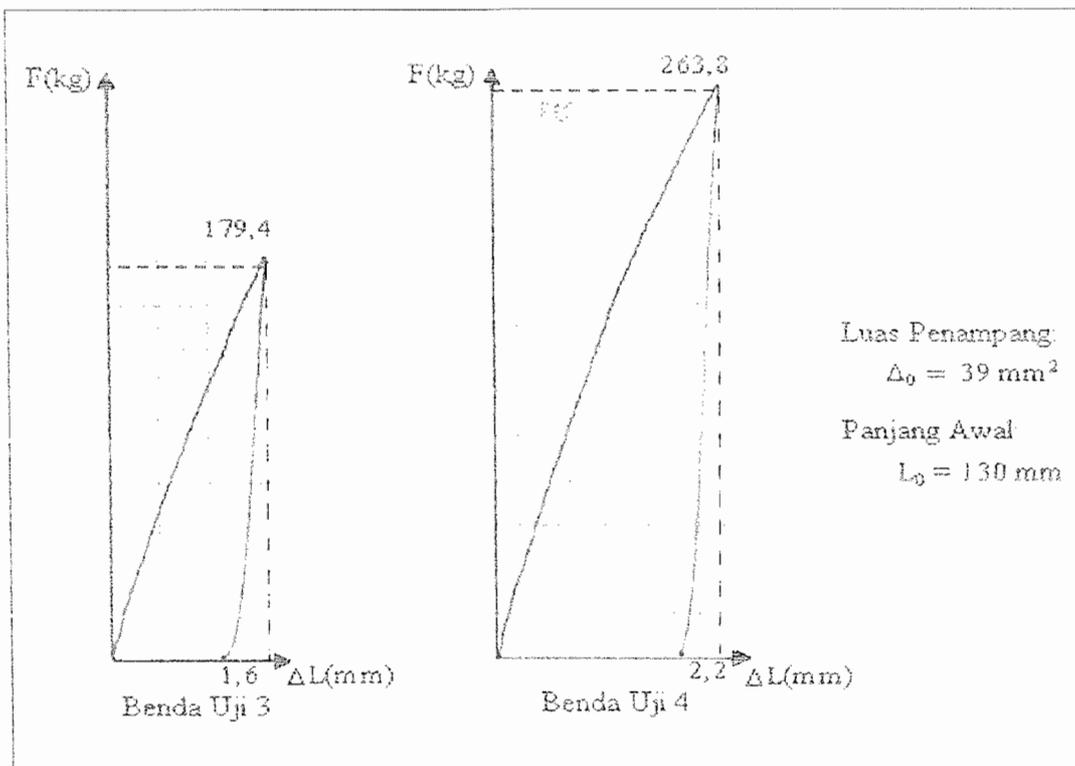
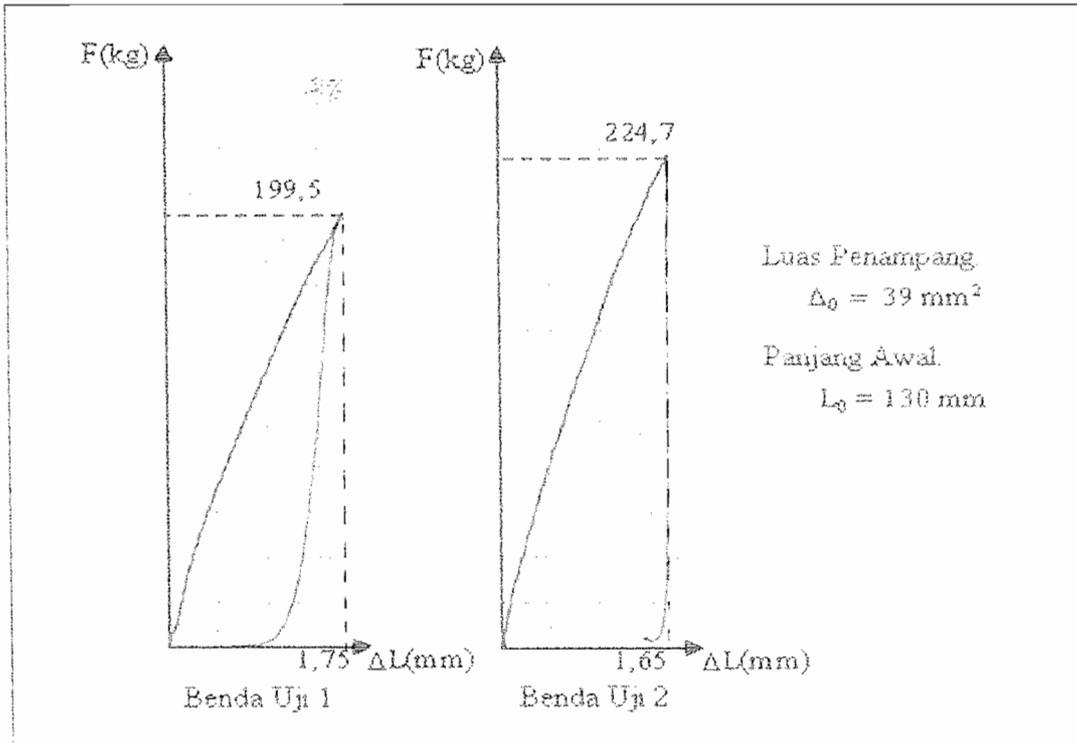
Lampiran 3

3. Grafik Hubungan Beban dengan Pertambahan Panjang pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 1%.

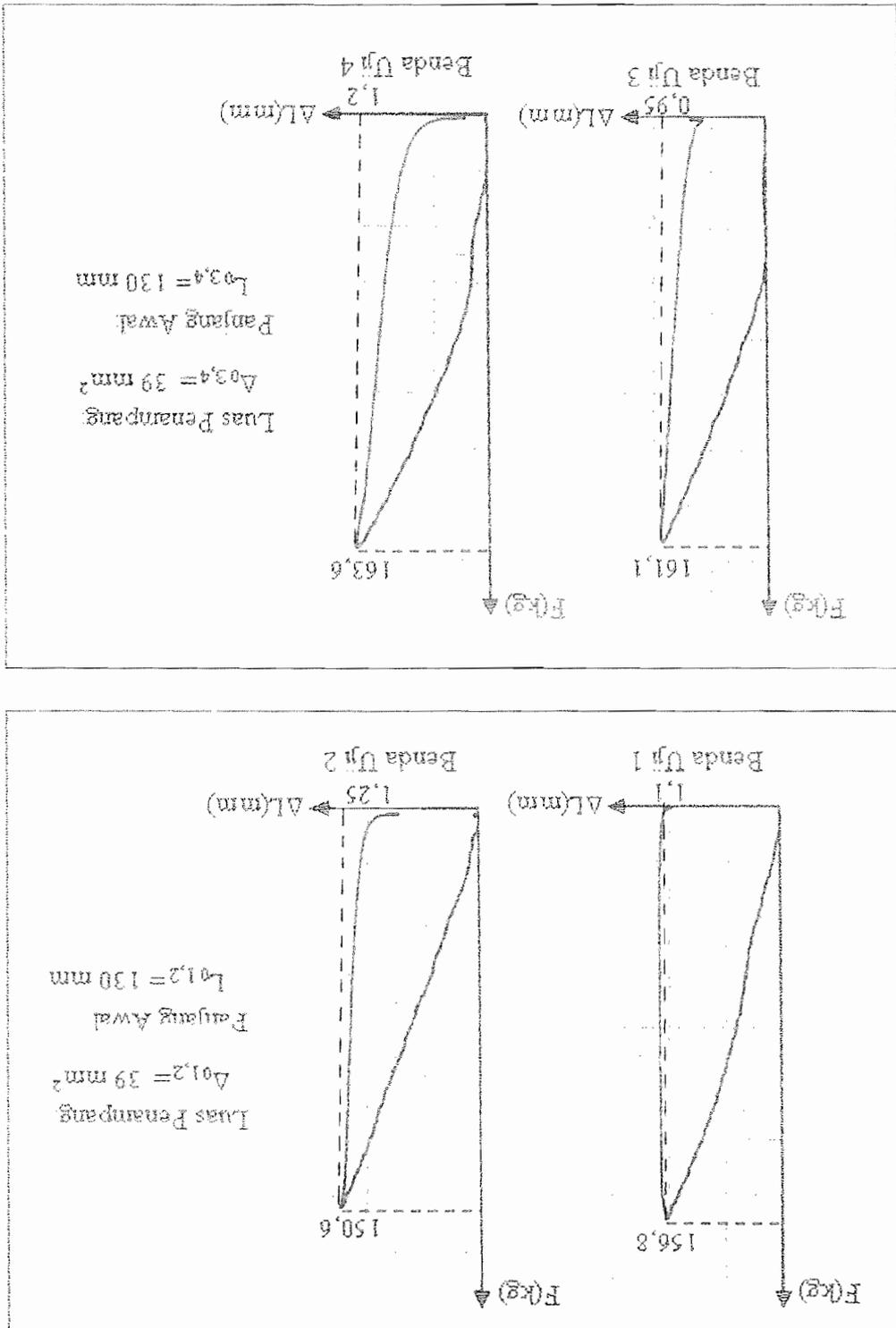


Lampiran 4

4. Grafik Hubungan Beban dengan Pertambahan Panjang pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 2%.



5. Grafik Hubungan Beban dengan Pertambahan Panjang pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 3%.



Lampiran 6

6. Grafik Hubungan Beban dengan Pertambahan Panjang pada Komposit dengan Fraksi Berat Serat 4%.

