

**PENGARUH FRAKSI BERAT SERAT RAMI TERHADAP
KEKUATAN TARIK KOMPOSIT DENGAN PROSES
CURING**

Tugas Akhir

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Program Studi Teknik Mesin



OLEH:

BARMEN SITUMORANG

NIM: 995214170

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2006**

**THE INFLUENCE OF MASS FRACTION OF RAMI
COMPOSITE TENSILE STRENGTH AFTER CURING
PROCESS**

FINAL PROJECT

Presented as Partial Fulfillment of the Requirements
To Obtain the Sarjana Tecnic Degree
In Mechanical Engineering



By:

BARMEN SITUMORANG

Student Number: 995214170

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2006**

TUGAS AKHIR
PENGARUH FRAKSI BERAT SERAT RAMI TERHADAP
KEKUATAN TARIK KOMPOSIT DENGAN PROSES CURING

Disusun oleh:

NAMA : BARMEN SITUMORANG
NIM : 995214170

Telah disetujui oleh:

Pembimbing Utama



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

Tanggal 27 september 2006

TUGAS AKHIR
PENGARUH FRAKSI BERAT SERAT RAMI TERHADAP
KEKUATAN TARIK KOMPOSIT DENGAN PROSES CURING

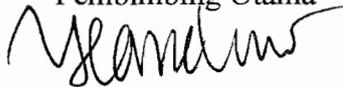
Yang dipertahankan dan disusun oleh:

NAMA : BARMEN SITUMORANG
NIM : 995214170

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 25 September 2006

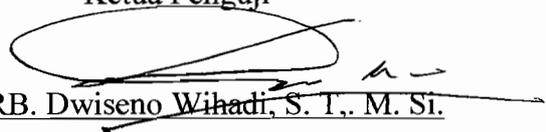
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



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

Ketua Penguji



RB. Dwiseno Wihadi, S. T., M. Si.

Sekretaris Peguji



Ir. Rines, M. T.

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

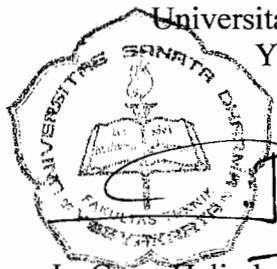
Yogyakarta, 27 September 2006

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan

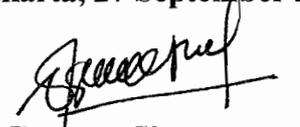


Ir. Greg. Heliarko, SJ., B.ST., MM., M.Sc.

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 tidak terdapat karya ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 27 September 2006



Barmen Situmorang



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

No : 516 / TA / FT-USD / TM / MARET / 2005

Nama : Barmen Situmorang
NIM : 995214170
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul :

(The Influence of Mass Fraction of Rami Composite Tensile strength After Curing Process) Pengaruh fraksi berat serat rami terhadap kekuatan tarik komposit dengan proses curing.

Tanggal dimulai : 12 Maret 2005

Yogyakarta, 12 Maret 2005

Pembimbing II

Pembimbing I

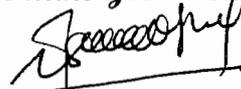
Budi Setyahandana, S.T., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada:

- 1. Puji syukur pada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan rahmatnya selama hidupku*
- 2. Terimakasihku, kepada Ayahanda B. S. Situmorang dan Ibunda H. Br Tamba tercinta yang telah memberikan saya biaya kuliah selama di Universitas Sanata Dharma dan dengan sabar memberi nasehat dan dan motivasi hidup yang sangat berarti bagi hidupku semoga Tuhan Yesus Kristus memberikan umur yang panjang dan memberkati keluarga kita selalu.*
- 3. Terimakasih, Kakak-kakakku yang tersayang (Marida br Situmorang, Renti br Situmorang), Adik-adikku (Hojhon Albert Situmorang, Patrixius Kaspar Situmorang, Anggiat Frederix Situmorang), Lae saya Himpun Sihombing, Lae Kornelius Manik.*
- 4. Frisca Yulianita Hutahaean, dan keluarga terimakasih atas dukungan, bantuan dan cinta kasih yang ade berikan.*
- 5. Terimakasihku, Keluarga Namboru/Amangboru di Depok, Bapa tua/Mama tua di jakarta, Nantulang di Pekan baru, Lisma Derniaty Tamba.*
- 6. Trimakasihku, Keluarga Besar Situmorang Se-Yogyakarta atas perhatian dan nasehat-nasehat yang saya terima dimana selama ini saya anggap sebagai orangtua angkat.*
- 7. Trimakasihku, Teman-teman dan saudara terbaikku Kono, Kondrat, Ramses, Sihar, Gunawan, Frans, Rosna, Lita, Mellyda Simbolon, S. Sos., Alex, Jhon, Lola, Lambok, Dora, Lamdos, Ruth dan anak-anak "Sada Pardomuan" di Yogyakarta.*

Thaks Jesus Christus



Baymen Situmorang

KATA PENGANTAR

Terpujilah Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata-I di Universitas Sanata Dharma.

Pada kesempatan ini atas segala bantuan baik material maupun spiritual sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, dengan hormat penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Romo Dr. P. Wiryono P., S.J., Rektor Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
2. Romo Ir. Greg Heliarko, S.J., SS., B. ST., MM., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma.
3. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T, Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
4. Bapak Budi Setyahandana, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. RB. Dwiseno Wihadi, S. T., M.Si., Ketua penguji.
6. Ir. Rines, M. T., Sekretaris Penguji.
7. Bapak I G Ketut Puja, S.T, M.T., Dosen dan Kepala Laboratorium Penelitian Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma.
8. Bapak Martono dan Bapak Intan Karyawan Laboratorium Ilmu Logam Teknik Mesin Universitas Sanata Darma.

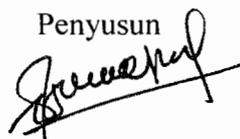
9. Bapak kunto, Laboran Kimia Analisis Fakultas Frmasi Uneversitas Sanata Dharma.

10. Teman-teman Teknik Mesin dan semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Akhirnya penyusun mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu serta pengetahuan tentang komposit bagi penulis pada khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, September 2006

Penyusun



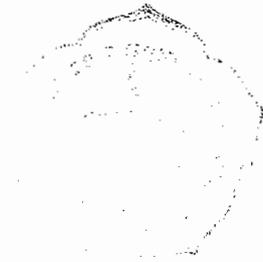
Barmen Situmorang

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi berat serat rami terhadap kekuatan tarik, regangan dan bentuk patahan bahan komposit. Benda uji yang digunakan dibuat dari serat rami continuous searah dan matrik sebagai bahan pengikat digunakan resin polyester Yukalac 108 Justus.

Proses penelitian diawali dengan pembuatan cetakan dari kaca dengan ukuran cetakan 26 x 15 x 0,3 cm. Benda uji matrik dicetak dengan ukuran 26 x 15 x 0,35 cm dengan standar ASTM D 638-1. Benda uji serat rami panjang 16 cm dengan diameter 2 mm. Komposit dibuat dengan ukuran cetakan 26 x 15 x 0,3 cm dengan fraksi berat serat 2%, 4%, 6% dan 8%, lalu dipotong-potong dan dibuat spesimen dengan standar pengujian ASTM D3039-76. Komposit tersebut diberi perlakuan panas curing dengan variasi suhu 50⁰C, 75⁰C, dan 100⁰C selama 60 menit. Pengujian tarik dilakukan di laboraotium Ilmu Logam Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma.

Hasil penelitian menunjukkan kenaikan fraksi serat rami komposit tanpa curing dari 2% menjadi 8% menaikkan kekuatan tarik, dengan regangan relatif tetap (sedikit bertambah). Komposit dengan curing 50⁰C tidak signifikan menunjukkan perbedaan kekuatan tarik dan regangannya dibandingkan komposit tanpa curing. Perlakuan curing 75⁰C menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan regangan dibanding tanpa curing. Perlakuan curing 100⁰C menyebabkan penurunan kekuatan tarik (hasil seperti curing 75⁰C) tetapi regangannya meningkat.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SOAL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
1.1. Tujuan penelitian	3
Batasan Masalah	3
1.2. Sistematika Pembahasan	3
BAB II KOMPOSIT SERAT	4
2. Teori	4
2.1. Komposit Fiber Glass Reinforced Plastics	7
2.2. Serat Gelas	11
2.2.1. Bahan-bahan tambahan	14
2.3. Katalis	15
2.3.1. Polyester	16
2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan FRP	17
2.4.1. Jenis Serat	19
2.4.2. Komposisi dan bentuk serat	19
2.4.3. Serat	20
2.4.4. Faktor Matrikt	20
2.4.5. Fase ikatan (<i>Bonding Pashe</i>)	21
2.4.6. Mekanika Komposit	22
2.6. Hubungan tegangan dan Regangan Komposit	23
2.7. Teori Kegagalan Lamina	24
2.7.1. Teori Kegagalan Maksimum	24
2.8. Modus Kegagalan Lamina	26
2.8.1. Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Longitudinal	26
2.7.2. Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Transversal	28
2.7.3. Modus Kegagalan Internal Mikroskopik	29
2.9. Hubungan Tegangan dan Regangan Komposit	30

BAB III CARA PENELITIAN	31
3.1. Skema Penelitian	31
3.2. Persiapan Benda Uji	32
3.2.1. Alat dan Bahan	32
3.2.2. Pembuatan Cetakan	35
3.3. Pembuatan Benda Uji	36
3.3.1. Pembuatan Benda Uji Matriks Pengikat	36
3.3.2. Pembuatan Benda Uji Komposit	39
3.4. Standar dan Ukuran Benda Uji	40
3.4.1. Uji Tarik	39
3.4.2. Benda Uji Komposit	41
3.4.3. Proses Curing (Pemanasan) Komposit	42
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
3.6. Pengujian Serat	45
3.6.1. Pengujian Tarik serat	45
3.6.2. Pengujian Massa Jenis serat	45
3.7. Pengujian Komposit	45
3.7.1. Pengujian Tarik Komposit	45
3.7.2. Pengujian Massa Jenis Komposit	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Hasil Pengujian	47
4.2. Hasil Pengujian Tarik Matrik Pengikat.....	47
4.3. Hasil pengujian Tarik Serat Serat Rami.....	49
4.4. Hasil Pengujian Komposit	47
4.5. Model Kerusakan Komposit	47
4.6. Analisis Kekuatan Komposit dengan Menggunakan Terori Tegngan Maksimum	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Grafik Kekuatan tarik komposit dan komponen penyusunnya
2. Gambar 2.2. Diagram klasifikasi komposit serat
3. Gambar 2.3. Penampang Lintang Lamina Unidireksional pada Arah-1
4. Gambar 2.4. Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal
5. Gambar 2.5. Kegagalan pada komposit akibat beban tarik transversal
6. Gambar 3.1. Skema Penelitian
7. Gambar 3.2.a. Serat Rami
8. Gambar 3.2.b. Serat Penguat
9. Gambar 3.3. Cetakan Utama
10. Gambar 3.4. Cetakan Pembantu
11. Gambar 3.5. Dimensi dari Cetakan Matrik Pengikat
12. Gambar 3.6. Alat Uji Tarik Matrik dan Komposit
13. Gambar 3.7. Bentuk dan Dimensi Benda Uji Tarik
14. Gambar 3.8. Dimensi Benda Uji Serat Rami
15. Gambar 3.9. Dimensi Benda Uji Komposit
16. Gambar 3.10. Dimensi Benda Uji Komposit
17. Gambar 3.11. Alat Pemanas Benda Uji Komposit
18. Gambar 3.12. Alat pengukur Suhu (Thermometer)
19. Gambar 3.13. Serat Penguat
20. Gambar 4.1. Grafik Sifat Mekanik Matrik Pengikat
21. Gambar 4.2. Grafik Sifat Mekanik Serat Rami
22. Gambar 4.3. Penampang Melintang Serat Rami dalam Komposit
23. Gambar 4.4. Grafik Sifat Mekanik Kekuatan Tarik
24. Gambar 4.5. Grafik Sifat Mekanik Regangan
25. Gambar 4.6. Grafik kekuatan tarik rata-rata dan Regangan rata-rata.

26. Gambar 4.7. Grafik kekuatan tarik rata-rata Komposit (Curing dilakukan 60 menit)
27. Gambar 4.8. Grafik regangan rata-rata Komposit (Curing dilakukan 60 menit)
28. Gambar 4.9. Kerusakan Debonding pada Komposit
29. Gambar 4.10. Foto Bentuk Patahan Bend Uji Matrik Pengikat
30. Gambar 4.11. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% tanpa Curing
31. Gambar 4.12. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% Curing 50⁰ C 60 menit
32. Gambar 4.13. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% Curing 75⁰ C 60 menit
33. Gambar 4.14. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% Curing 100⁰ C 60 menit

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kombinasi dua komponen yang dapat dilakukan pada komposit

Tabel 3.1 Dimensi Cetakan Matrik Pengikat

Tabel 3.2. Dimensi dan Komposisi Benda Uji Komposit

Tabel 4.1 Grafik Sifat Mekanik Matrik Pengikat

Tabel 4.2. Sifat Mekanik Serat Rami

Tabel 4.3. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Tanpa Curing

Tabel 4.4. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Curing 50⁰ C 60 menit

Tabel 4.5. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Curing 75⁰ C 60 menit

Tabel 4.6. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Curing 100⁰ C 60 menit

Tabel 4.7. Kekuatan Tarik Dan regangan Rata-rata Komposit

Tabel 4.8. Kekuatan Tarik Rata-rata Rata-rata σ_u

Tabel 4.9. Regangan Rata-rata ϵ

DAFTAR NOTASI

σ	= Tegangan Tarik (Kg/mm^2)
σ_1	= Tegangan tarik maksimal arah – 1 (Kg/mm^2)
σ_2	= Tegangan tarik maksimal arah – 2 (Kg/mm^2)
τ_{12}	= Tegangan geser maksimum arah 1-2 (Kg/mm^2)
Q	= Modulus geser bidang 1-2 (Kg/mm^2)
G_{12}	= Modulus geser bidang 1-2 (Kg/mm^2)
E	= Modulus elastisitas (MPa)
E_1	= Modulus elastisitas arah – 1 (MPa)
E_2	= Modulus elastisitas arah – 2 (MPa)
γ_{12}	= Poisson ratio
c	= $\cos \theta$ matrik compliance tensor
s	= $\sin \theta$ matrik compliance tensor
ϵ	= Regangan
ϵ_1	= Regangan maksimum arah - 1
ϵ_2	= Regangan maksimum arah – 2
γ_{12}	= regangan geser maksimal arah 1-2
θ	= sudut orientasi serat
v_f	= Fraksi volume serat
W_c	= Fraksi berat komposit (gr)
W_m	= Fraksi berat matrik (gr)
W_f	= Fraksi berat serat (gr)
ρ_c	= Massa jenis komposit (gr/cm^3)
ρ_f	= Massa jenis serat (gr/cm^3)

- ρ_m = Massa jenis matrik (gr/cm^3)
- X = Tegangan tarik maksimum arah -1
- Y = Tegangan tarik maksimum arah - 2
- S = Tegangan geser maksimum arah 1-2
- P = Panjang
- G_F = Berat fiber

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Ketika zaman semakin modern, manusia dituntut untuk mengikuti perkembangannya. Salah satu perkembangan yang harus diikuti itu adalah penggunaan alat-alat yang mempermudah kelangsungan hidup manusia dalam menanggapi teknologi. Perubahan teknologi ini juga menyangkut bahan-bahan teknik. Bahan teknik merupakan komponen yang berpengaruh dalam perkembangan kemajuan teknologi. Penggunaan jenis bahan tertentu menunjukkan tingkat perkembangan teknologi yang digunakan pada saat tertentu.

Melalui tahap ini manusia berusaha menemukan inovasi bahan logam dan non-logam yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam melakukan pekerjaan sehari-hari. Dalam penelitian ini penulis ingin menyatukan beberapa unsur bahan menjadi satu bahan campuran yang mempunyai sifat jauh lebih baik dari bahan-bahan sebelumnya yang dinamakan komposit.

Pada dekade terakhir ini, komposit merupakan bahan teknik yang banyak digunakan dan terus dikembangkan. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat gabungan, yaitu gabungan antara bahan *matriks* atau pengikat dan *reinforcement* atau bahan penguat: salah satu adalah bahan serat rami banyak digunakan masyarakat Kulonprogo Wates. Pada umumnya bahan serat rami ini hanya digunakan sebagai bahan baku tali tambang, karung dan juga sebagai pakan

ternak untuk sapi yang banyak diperjual belikan di Pasar Girimulyo. Tanaman ini hanya terdapat di daerah tertentu saja, biasanya di daerah dataran tinggi seperti Dusun Kemukus Desa Tanjungharjo Kecamatan Nanggulan Kulonprogo Wates.

Ciri-ciri Serat Rami:

- Bunga berwarna kecoklat-coklatan
- Panjang ± 2 meter (kelopak daun)
- Daun cenderung tebal warna hijau

Dalam berbagai aplikasi komposit terbukti efektif pada penggunaannya sebagai bahan teknik. Keunggulan komposit dibandingkan dengan bahan logam. Dapat dirancang dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi, sehingga dapat memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi sifat logam.

Sifat-sifat komposit:

1. Mempunyai sifat-sifat *fatigue* dan *toughness* yang baik.
2. Dapat dirancang sedemikian rupa sehingga terhindar dari korosi.
3. Daya redam bunyi yang baik.
4. Dapat memberikan penampilan dan kehalusan permukaan lebih baik.

1.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui :

1. Fraksi berat serat rami terhadap kekuatan tarik, dan regangan komposit.
2. Fraksi berat serat rami terhadap kekuatan tarik dan regangan komposit yang dicuring 50°C , 75°C , 100°C dengan lama curing 60 menit.
3. Bentuk patahan yang terjadi pada bahan komposit

1.2. Batasan masalah

Pada penelitian ini penulis membatasi masalah pada:

1. Pengujian yang dilakukan pada komposit adalah pengujian tarik.
2. Pada penelitian ini penguat (serat) menggunakan serat rami.
3. Matrik sebagai bahan pengikat yang digunakan adalah resin polyester Yukalac 108 Justus yang diproduksi oleh PT JUSTUS SAKTI RAYA CORPORATION, Semarang.
4. Penelitian ini menggunakan orientasi serat lurus 2% 4% 6% 8%
5. Suhu curing 50°C , 75°C , 100°C dengan lama curing 60 menit.

1.3. Sistematika dan Pembahasan

Dalam bab-bab selanjutnya akan diuraikan mengenai pengaruh matrik pengikat, serat penguat dan pengaruh katalis terhadap kekuatan komposit serat continuous. Proses pembuatan spesimen serta pengujian mekanik yang dilakukan pada spesimen akan diuraikan pada bab tiga. Pada bab terakhir akan diberikan kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

TEORI

2. Teori

Bahan komposit sangat luas dalam penggolongan maupun penggunaannya. Dalam penggunaannya, jenis komposit sering dibedakan menurut bentuk dari bahan penguat yang terdapat pada matrik pengikatnya atau dapat juga dibedakan menurut bahan yang menjadi matrik pengikat itu sendiri. Bahan penguat untuk komposit dapat berupa jenis serat maupun jenis 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 Composit* (MMC), komposit ini berisi campuran logam dan keramik seperti karbida wolfram, sedangkan komposit dengan matrik keramik disebut *Ceramic Matrix Composite* (CMC). Pada komposit ini dapat 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 aplikatif sekali, seperti pada produk *FRP* dan *RTM*. Untuk memperjelas beberapa kombinasi antara komponen-komponen yang menjadi penyusun pada komposit dapat dilihat pada table 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Kombinasi Dua Komponen Yang Dapat Dilakukan Pada Komposit

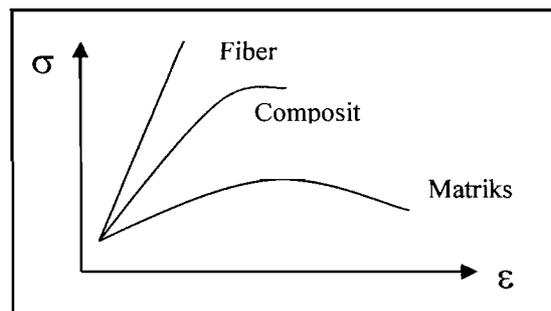
	Primary Phase, matrik		
	Metal (MMC)	Ceramic (CMC)	Polimer (PMP)
Metal	Kawat berpenguat baja	Alat-alat potong	Plastik berpenguat Whisker tembaga
Ceramic	Fiber reinforced metal (carbide sementit)	SiC Whisker reinforced Al ₂ O ₃	Fiber reinforced plastics
Polimer	NA	NA	Kevlar reinforced epoxy

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 peranannya. 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.

Komposit serat merupakan perpaduan antara serat sebagai komponen penguat dan matrik sebagai komponen pengikat serat. Serat biasanya mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih besar daripada matriks dan pada umumnya bersifat ortotropik. Pada saat serat dan matriks dipadukan untuk menghasilkan komposit, kedua komponen tersebut tetap mempertahankan sifat-sifat yang dimilikinya dan secara langsung akan berpengaruh terhadap sifat komposit yang dihasilkan. Secara khusus dapat dikatakan bahwa harga kekuatan maupun kekakuan komposit terletak diantara kekakuan dan kekuatan serat dan matriks yang digunakan. Dalam artian bahwa kemampuan komposit terdapat diantara kemampuan serat dan matrik pengikatnya serta memiliki sifat-sifat dari bahan menjadi penyusunnya.



(2.1)

Gambar 2.1. Grafik Kekuatan Tarik Komposit dan Komponen Penyusunnya (Murphy,J, 1994 : 182)

Fiber glass reinforced plastic adalah salah satu jenis komposit yang mempunyai komponen berpenguat serat. Bahan yang kita kenal dengan nama *FRP* ini,

mempunyai komponen bahan berpenguat berupa serat glass dan matrik pengikat berupa *polimer* (plastik), bahan komposit ini sering diaplikasikan sebagai komponen penunjang dalam produktivitas industri kimia, industri pengolahan kertas, pengolahan air minum dan air limbah, industri makanan dan masih banyak aplikasi yang ditemukan dalam bidang-bidang lain.

Dalam industri yang membutuhkan bahan anti korosi material ini dijumpai dalam bentuk-bentuk seperti tangki, pipa-pipa saluran, *sub structur beams*, *free hard rail* adapun pengerjaan komposit FRP ini menggunakan proses *filament winding* untuk bentuk tangki dan pipa, sedangkan untuk sub struktur beams, *free hard rail* dengan proses *pultrusion*.

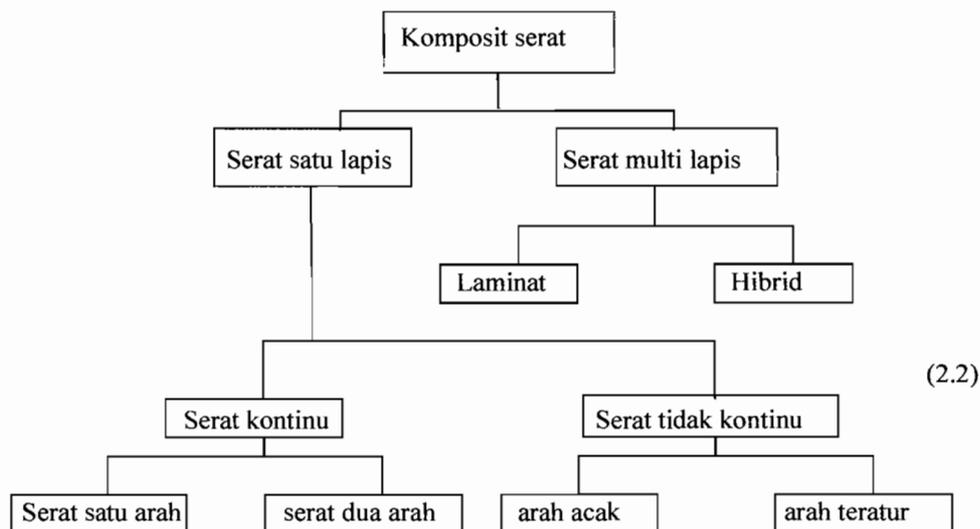
Karena memiliki sifat dan karakteristik khusus, maka komposit banyak digunakan dan terus dikembangkan dalam performasinya untuk aplikasi-aplikasi produk baru.

2.1. Komposit Fiber Glass Reinforced Plastics

Komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur pada umumnya bahan komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat tersebut yang disebut matriks. Unsur utama bahan komposit adalah serat, serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lain. Seratlah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada komposit sedang matriks bertugas melindungi dan

mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Karena itu untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat dan getas, seperti : karbon, glass dan boron. Sedang bahan matriks dipilih bahan yang lunak seperti plastik dan logam-logam lunak.

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 kedalam berbagai jenis bergantung 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. dibawah ini, yang secara garis besar, bahan komposit serat terbagi menjadi dua macam, yaitu serat kontinu (*continuous*) dan serat tidak kontinu (*discontinue*).



Gambar 2.2. Diagram Klasifikasi Komposit Serat

(Bambang Kismono Hadi, 2000 : 3)

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

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

Matriks, pada umumnya terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan
liat. Polimer plastik merupakan bahan umum yang biasa digunakan.
Polimer adalah bahan matriks yang tidak dapat menerima suhu tinggi.
Poliester, vinilester dan epoksi adalah beberapa jenis bahan polimer
termoset yang sejak dahulu telah dipakai sebagai bahan matriks.
Sedangkan untuk bahan matriks termoplastik yang sering dijumpai
adalah *PEEK (Poly-Ether-Ether-Ketone)*, *PEI (Poly-Ether-Imide)*, *PES
(Poly-Ether-Sulphone)* dan *Nilon*. Telah diutarakan sebelumnya
gabungan dari serat dan matriks ini disebut bahan komposit. Bahan
komposit menggabungkan keunggulan-keunggulan, kekuatan dan

kekakuan serat dengan massa jenis matriks yang rendah hasilnya adalah suatu 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 mulai diaplikasikan dalam pembuatan berbagai produk. Selain ringan bahan ini juga mempunyai keunggulan dibidang ketangguhan dan perlakuan saat pembuatannya. Oleh sebab sifat-sifat tersebut maka semakin luas dalam kegunaannya sebagai salah satu bahan teknik manufaktur.

Bahan *GFRP* ini mulai diperkenalkan pada tahun 1941 di Amerika sebagai bahan berbasis plastik berpenguat serat-serat glass E. *GFRP* mulai merambah dinegara-negara bagian Amerika dan Eropa sekitar tahun 1946.

Pada decade 50-an antusiasme dari penggunaan material baru ini mulai memasuki diberbagai bidang industri, sebagai contoh penggunaan dalam industri kimia adalah produk *Filament Winding Tank and Pipe*. Sedangkan untuk bidang industri yang bergerak dalam bidang kontruksi produk yang digunakan berupa *Fiberglass Sub Construction Beam* yang diproduksi dengan proses *Pultrusion*. Beberapa contoh diatas memperlihatkan bahwa *GFRP* khususnya berpenguat serat kontinu dapat sangat aplikatif dalam penggunaan dan penerapannya.

2.2 Serat Gelas

Serat gelas merupakan material anorganik sintetis yang digunakan sebagai salah satu bahan penguat dalam penggunaan komposit. Serat gelas 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 matrik komposit.

Serat gelas diproduksi dengan melebur bahan dasar berupa pasir silika, batu kapur dan bahan tambahan seperti aluminium hidroksida, natrium karbonat dan borax dalam sebuah dapur listrik dengan suhu yang sangat tinggi, kemudian material yang sudah melebur dibentuk menjadi filamen-filamen serat gelas dapat dibedakan dalam berbagai jenis antara lain

1. Serat gelas A

Serat gelas yang digunakan pada awal material ini mempunyai kandungan alkali yang tinggi. Material ini tidak banyak dipakai dalam proses produksi sebagai reinforcement agent.

2. Serat gelas E

Komposisi serat gelas E berupa calcium, aluminium hidroksida, borosilikat, pasir silika, dan memiliki kandungan alkali yang rendah. Serat gelas ini mempunyai kekuatan tarik dan tekan serta geser yang baik sehingga mempunyai sifat isolator atau

penghantar listrik yang baik, tetapi merupakan material yang cukup getas.

3. Serat gelas D

Serat ini memiliki karakteristik dielektrik yang baik maka serat gelas D sering dipakai dalam produksi pembuatan peralatan elektronik.

4. Serat gelas R dan S

Serat gelas R dan serat gelas S mempunyai komposisi kimia yang berbeda, tetapi kedua serat ini diperuntukan sebagai bahan penguat dengan kemampuan tinggi, serat gelas ini ddiaplikasikan sebagai *reinforcement agent* dalam pembuatan pesawat terbang. Serat gelas yang mempunyai massa jenis yang hampir sama dengan serat gelas E ini masing-masing diproduksi di Eropa untuk serat gelas R dan Amerika untuk serat gelas S.

Dalam perindustrian dikenal dua macam serat gelas yaitu *continuous filaments* dan *stapel fiber*. Dalam pembuatan serat gelas, pencampuran bahan dasar harus dilakukan secara teliti untuk mendapatkan hasil yang konsisten. Peleburan dan pencampuran bahan dasar yang telah dibentuk sedemikian rupa atau berupa kelereng dengan diameter ± 20 mm dilakukan dalam dapur listrik dengan suhu sekitar 1730°C . Bahan yang telah melebur menjadi glass kemudian ditekan melalui lubang-lubang dengan diameter antara 0,8 sampai 3,2 mm dan

berjumlah sekitar 204 buah atau bahkan lebih yang terdapat pada platinum bushing. Glass mengalir melalui lubang berupa *filament* atau serat sesuai dengan diameter yang terdapat pada *platinum bushing*. Filament tersebut ditarik oleh alat penggulung dengan kecepatan *filament* searah dengan panjang, dengan kecepatan putaran sekitar 54 m/s. Sedangkan serat *stapel* dibuat setelah proses pembuatan *continuous filament*, hanya saja *continuous filament* tinggi sehingga terputus-putus menjadi bentuk stempel dengan panjang serat gelas terbuat kemudian digulung dan disimpan sebagai sliver yang dapat diproses menjadi benang atau mat.

Adapun istilah proses “bat wool”, seperti pada proses pembuatan *continuous filaments* dan *staple fiber*, lelehan gelas berupa *filament* kemudian dikecilkan menjadi serat yang sangat halus oleh semburan uap panas dengan tekanan tinggi serat tersebut dibiarkan membentuk lapisan dengan tebal ± 250 mm pada suatu ban berjalan, serat glass tersebut kemudian ditekan hingga ketebalan tertentu dan dipotong menurut ukuran yang diperlukan.

Dari proses pembuatan serat gelas berupa filament dan stapel, selanjutnya serat gelas secara komersial diproduksi dalam bentuk anyaman, filament panjang, serat acak dan benang. Serat ini juga dapat digunakan dalam bentuk individu dalam bentuk lembaran (*cloth*),

tikar(*mat*), atau pita. Sebagaimana skema proses proses produksi serat glass dapat dilihat pada gambar lampiran.

2.2.1 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 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% massa resin, sedangkan untuk katalis menggunakan perbandingan 1% dari berat resin

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 pigmen 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 itu harus diadakan proses pelapisan terhadap cetakan dengan *Release agent* sebelum dilakukan pembuatan. Dalam pembuatan *FRP* pelapisan *Release agent* sangat penting sebelum proses pencetakan dilakukan, *Release agent* yang biasa digunakan berupa *waxes* (semir), *mirror glass, polyvinyls alcohol, film forming*, dsb.

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.

2.3 Katalis

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 porses *curing* dalam pembuatan *FRP* berasal dari *organic peroxide* seperti *methyl ethyl ketone peroxide* dan *Acetyl acetone peroxide*. Dapat disimpulkan bahwa bila campuran katalis sedikit fiber akan lebih kuat dibandingkan dengan campuran katalis lebih banyak.

2.3.1 Polyester

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

Poliyester sebagai resin "*theromsetting*" 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 *peroxide organic* 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 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 pangsikat serat yang bagus juga mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Tahan terhadap panas
2. 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 .
3. Ketahanan terhadap bahan kimia
4. Bahan ini mempunyai kemampuan tahan terhadap pengaruh korosi bahan-bahan kimia. Dibandingkan dengan bahan logam besi gord dan baja, polyester mempunyai keunggulan terhadap korosi air laut, hydrochloric acid, weak acid, alcohol.

5. Kemampuan bahan terhadap beban kejut dan tidak abrasive.

Polyester tak jenuh diperoleh dengan cara mereaksikan 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 berkaitan dengan gugus tak jenuh saat pencetakan.

Resin polyester dapat mengalami curing dengan bantuan peroksida organic akan mengakibatkan reaksi polimerisasi yang bersifat radikal bebas. Polyester dapat mengalami proses curing pada suhu kamar dengan bantuan katalis (perioksida organic) sebagai pemicu initiator yang bergabung dengan accelerator atau promoter. *Polyester* juga dapat mengalami proses curing dengan penyinaran ultraviolet sampai suhu 90⁰C. beberapa suhu yang dipergunakan sebagai material dalam industri misalnya : *orthopthalic*, *isopthalic*, iso NPG, *bisponel* (Reinforced Plastics Han Book, halaman 18).

2.4. 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 didalam campuran antara serat dan matrik (*interface* atau *bonding*).

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

2.4.2 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 penambahan kekuatan sangat cepat sebaliknya penambahan diameter akan mengakibatkan kekuatan berkurang.

Berdasarkan komposisinya serat yang digunakan sebagai bahan penguat komposit dibedakan atas:

1. Serat organik, yaitu serat yang berasal dari bahan organik, misalnya selulosa, polipropilena, grafit, serat rami, serat kapas, dll.
2. 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*).

2.4.3 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 adalah satu yang biasa digunakan dalam pembuatan komposit yaitu serat yang berasal dari alam misal tumbuhan

2.4.4 Faktor Matrik

Adapun fungsi dari matrik adalah:

1. Sebagai transfer dari beban, yaitu mendistribusikan beban ke serat sebagai bahan yang mempunyai modulus kekuatan tinggi.
2. 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*.

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

2.4.5 Fase ikatan (*Bonding Phase*)

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

2.4.6 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 lain. Dimana sifat heterogen bahan komposit terjadi karena bahan komposit tersusun atas dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat-sifat mekanik yang berbeda sehingga analisis mekanik komposit berbeda dengan bahan teknik konvensional. Sifat mekanik bahan komposit merupakan fungsi dari:

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

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

2.6. 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 :

$$\sigma_i = C_{ij} \times \varepsilon_j \quad (2.3)$$

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

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

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_{23} \\ \sigma_{31} \\ \sigma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45} & c_{46} \\ c_{51} & c_{52} & c_{53} & c_{54} & c_{55} & c_{56} \\ c_{61} & c_{62} & c_{63} & c_{64} & c_{65} & c_{66} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{31} \\ \lambda_{12} \end{Bmatrix} \quad (2.4)$$

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:

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

2.7. Teori Kegagalan Lamina

2.7.1. 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).

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

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 :

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sigma_x \cos^2 \theta \\ \sigma_2 &= \sigma_x \sin^2 \theta \\ \tau_{12} &= -\sigma_x \sin \theta \cos \theta\end{aligned}\quad (2.8)$$

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

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

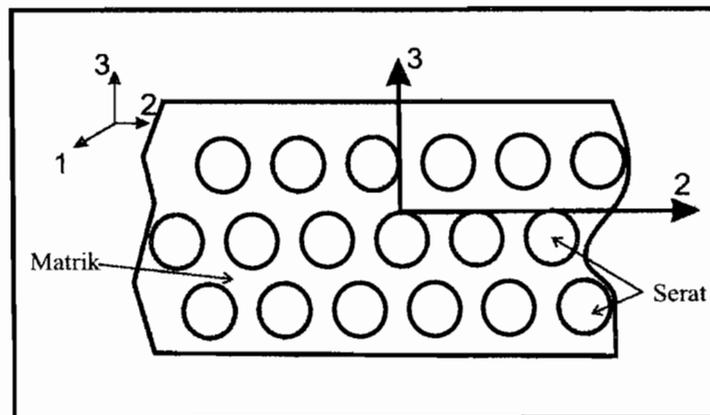
dengan :

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 ($\sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{23} = 0$).



(3.0)

Gambar 2.3. Penampang Lintang Lamina Unidireksional Pada Arah-1

2.8 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.

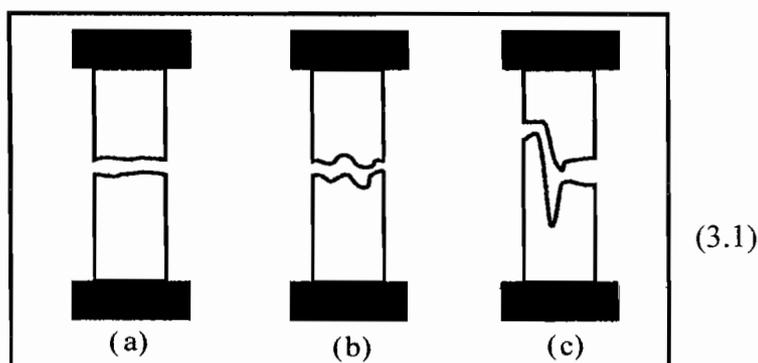
2.8.1 Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Longitudinal

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:

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 nampak pada gambar 2.4a.
2. Bila matriks tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul diujung serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*) dan komposit rusak searah serat seperti nampak pada gambar 2.4b
3. Kombinasi dari kedua tipe diatas pada kasus ini patah serat yang terjadi di sebarang tempat dibarengi dengan kerusakan matriks. Modus kerusakan berwujud seperti sikat (*brush type*) seperti terlihat pada gambar 2.4c



Gambar 2.4. Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal

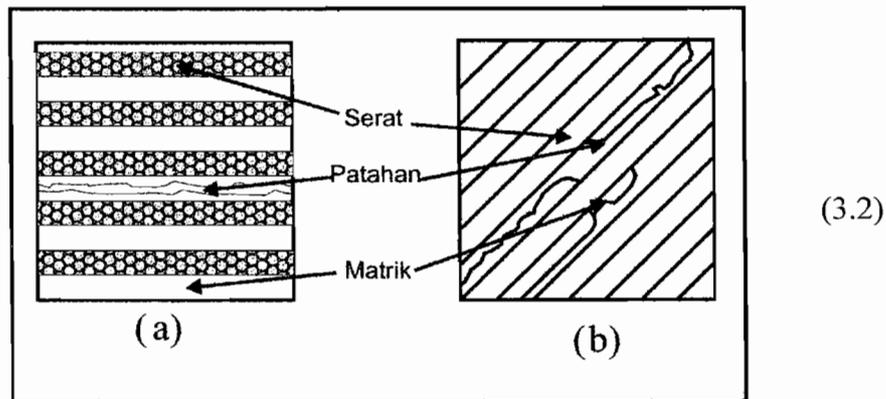
Modus kegagalan diatas dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kekuatan serat dan matriks, maupun fraksi massa serat dan matriks. Bila fraksi massa serat pada bahan komposit mengecil, modus patahan yang terjadi kebanyakan bertipe getas. Suatu percobaan dengan bahan komposit serat gelas (fiber glass) menunjukkan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

2.8.2. Modus Kegagalan Akibat beban Tarik Transversal

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

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

Gambar 2.5 menunjukkan modus kegagalan tarik pada matriks tersebut.



Gambar 2.5. 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 tidak dapat berfungsi dengan baik. Dengan 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 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 makro pada matrik (*matrix 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).

2.9 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.

Pada penelitian ini untuk menghitung kekuatan tarik dan regangan adalah:

1. Kekuatan Tarik

$$\sigma_u = \frac{\text{Beban}(F)}{\text{Luaspenampang}(A_o)} \quad (\text{kg/mm}^2) \quad (3.3)$$

2. Regangan (ϵ)

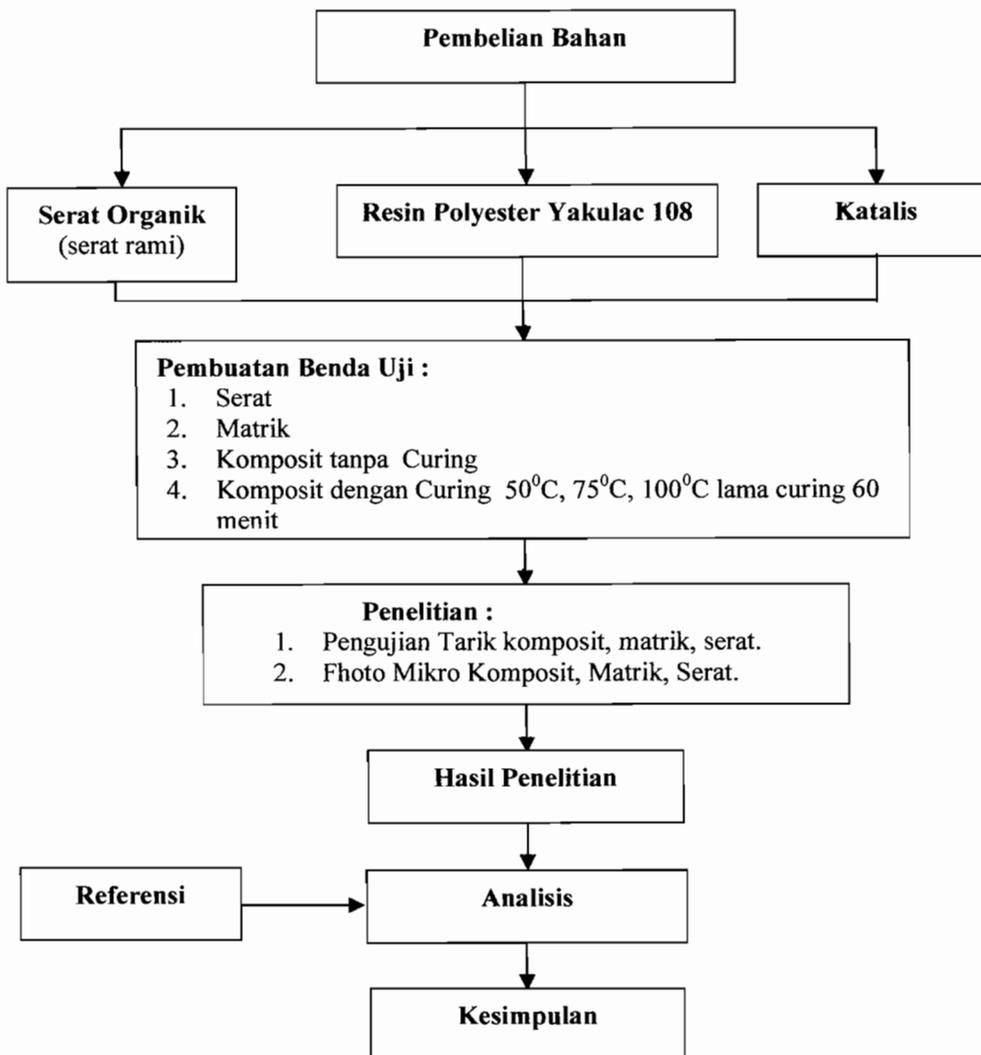
$$\epsilon = \frac{\text{PerubahanPanjang}(\Delta L)}{\text{PanjangAwal}(L_o)} \times 100\% \quad (3.4)$$

BAB III

CARA PENELITIAN

3.1. Skema Penelitian

Untuk lebih sistematis dalam penelitian maka dibuat alur jalan penelitian seperti pada gambar skema penelitian berikut ini:



Gambar 3.1. Skema 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 100 cc, 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 dipergunakan dalam penelitian ini adalah resin polyester Yukalac 108 Justus yang diproduksi oleh PT JUSTUS SAKTI RAYA CORPORATION, Semarang. Ciri-ciri fisik resin ini berwarna bening super.

Resin yang dipakai dalam penelitian tidak disertai spesifikasi khusus, sehingga untuk mengetahui sifat-sifat mekaniknya dilakukan pengujian tarik terhadap resin pengikat tanpa serat. Demikian pula untuk mengetahui massa jenis resin dilakukan pengujian secara langsung untuk mengetahui massa jenis

aktual dari resin yang digunakan. Data dan perhitungan selengkapnya disajikan dalam lampiran tabel dan perhitungan.

2. Serat

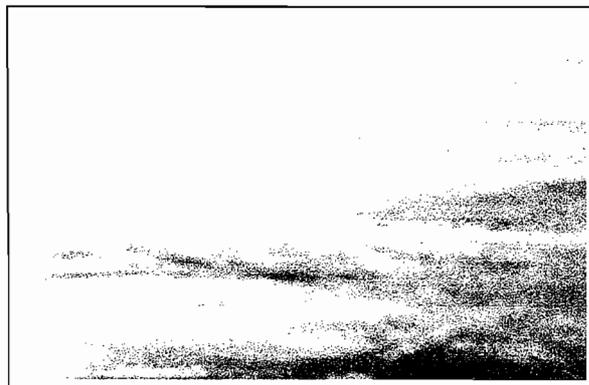
Dalam penelitian ini serat penguat yang digunakan adalah serat organik yaitu serat rami mempunyai ciri-ciri:

1. Bunga berwarna kecoklat-coklatan
2. Tinggi lebih kurang 2 meter (kelopak daun)
3. Daun cenderung tebal dan warna hijau

Tanaman rami banyak terdapat di daerah dataran tinggi dan dapat ditemukan di daerah Dusun Kumukus Desa Tanjungharjo Kec. Nanggulan Kulonprogo Wates. Serat rami tersebut biasanya digunakan masyarakat setempat berfungsi sebagai: Tali tambang, Karung dan ampasnya dapat dijadikan pakan ternak. Karena serat yang dipakai tidak disertai spesifikasi khusus sehingga untuk mengetahui sifat-sifat mekanik harus dilakukan pengujian secara langsung untuk mengetahui kekuatan tarik.



Gambar 3.2a. Serat Rami



Gambar 3.2b. 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* (methyl 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* ±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

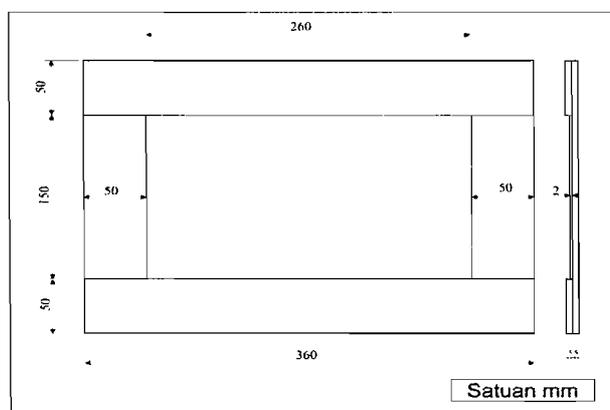
dibuat dari *moulding*/cetakan. Pelapisan *release agent* ini dapat dilakukan sebanyak 3 kali dalam setiap proses pembuatan, semakin banyak proses pelapisan akan semakin mengurangi sifat *adhesive* resin terhadap *moulding*.

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

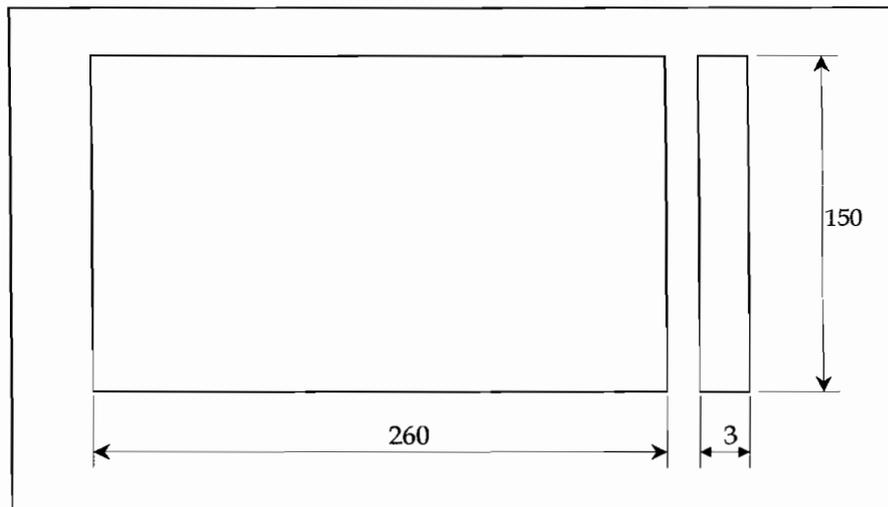
3.3. Pembuatan Benda Uji

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 3 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	3	117



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 2gr.

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

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



Gambar 3.6. Alat Uji Tarik Matrik dan Komposit

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 ke dalam 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 dilakukan 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	2	194,04	1,96	200
2	260	150	3	117	4	190,08	1,92	200
3	260	150	3	117	6	186,12	1,88	200
4	260	150	3	117	8	182,16	1,84	200

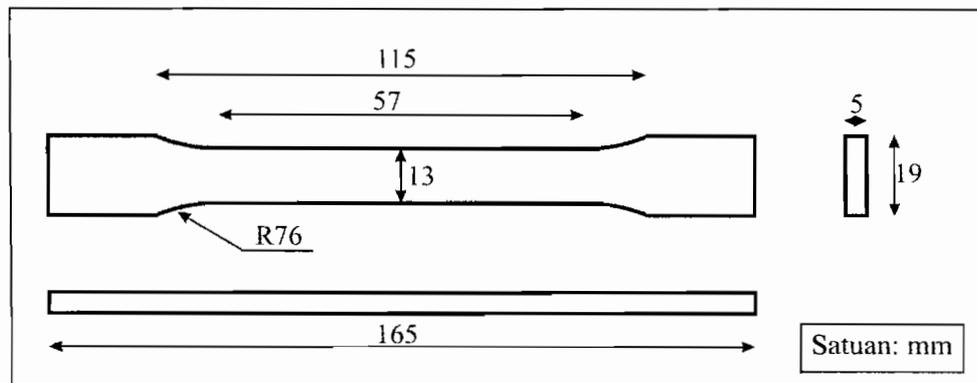
3.4. Standard dan Ukuran Benda Uji

3.4.1. Uji Tarik

A. Matrik Pengikat

Pengujian matrik dan komposit pada pengujian tarik mengacu pada standar pengujian ASTM A370 (*American Society For Testing Material*).

Bentuk dan dimensi benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

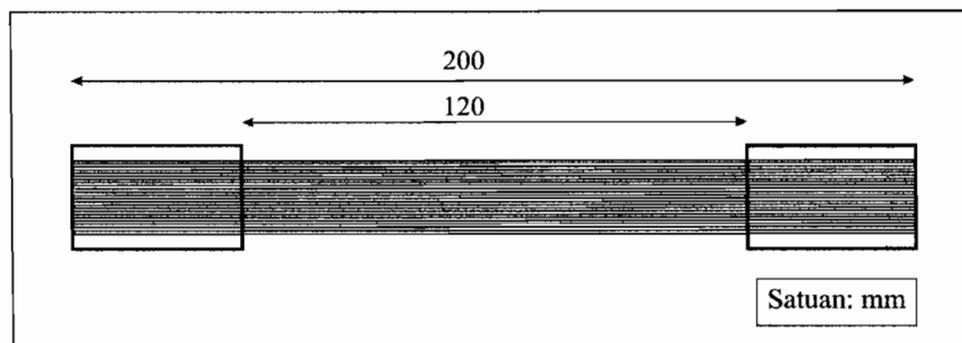


Gambar 3.7 Bentuk dan Dimensi Benda Uji Tarik

B. Benda Uji Serat Pengikat

a. Kedua Ujung Serat Rami diikat dengan Resin

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 2 mm. Dimensi serat penguat yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.8. Dimensi Benda Uji Serat Rami

Luas penampang untuk serat penguat:

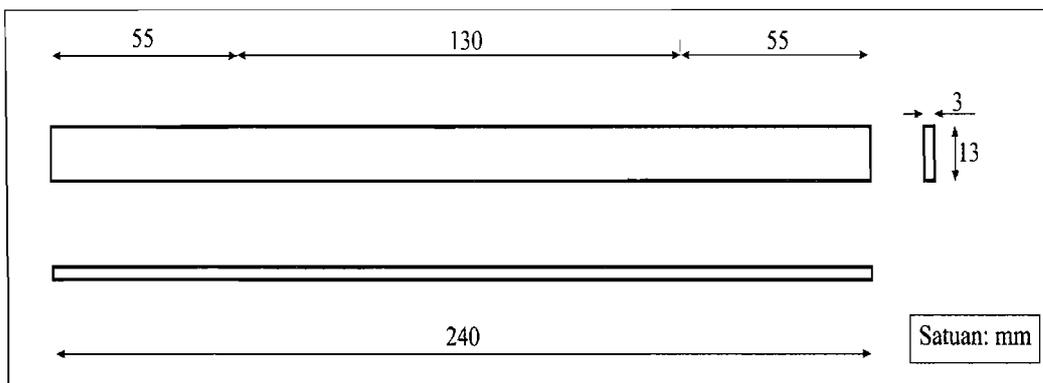
$$A = \pi x d \quad (3.1)$$

$$A_0 = \frac{22}{7} x 2$$

$$A_0 = 6,283 \text{ mm}^2$$

3.4.2. Benda Uji Komposit

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



Gambar 3.9. Dimensi Benda Uji Komposit



Gambar 3.10. Dimensi Benda Uji Komposit

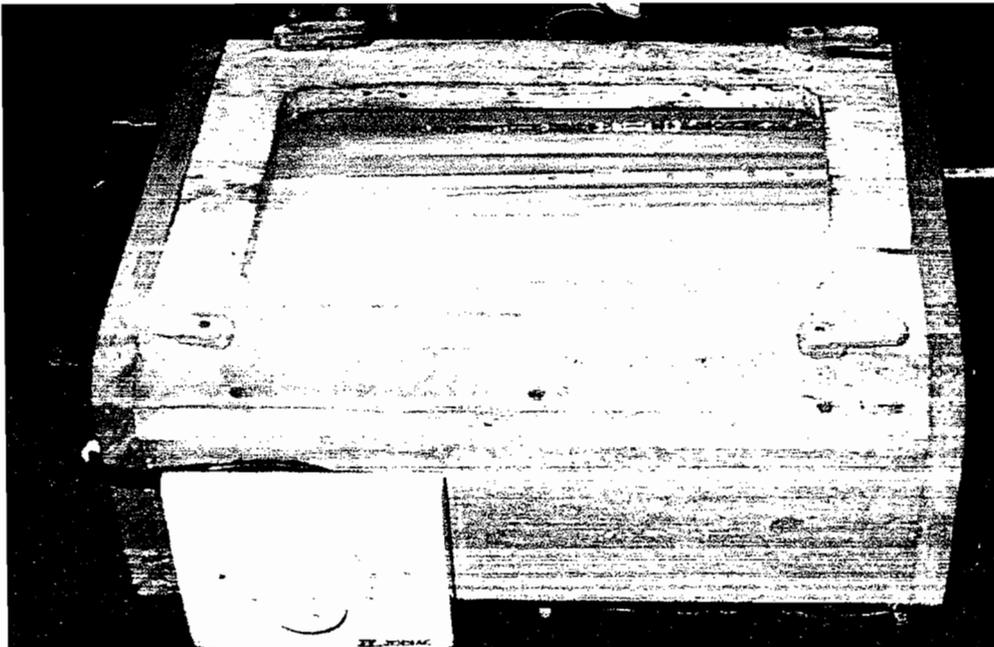
3.4.3. Proses Curing (Pemanasan) Komposit

Setelah pemotongan benda uji tarik komposit langkah selanjutnya adalah proses curing atau pengerigan. Pada benda uji komposit sebanyak 36 buah proses curing ini menggunakan oven buatan sendiri yang dibentuk berbentuk kotak spesifikasi alat antara lain: suhu pemanasan maksimal 200°C , timer maksimal 60 menit pemanasan dari atas dan bawah didalam ruang pemanas. Untuk keakuratan suhu digunakan thermometer. Berikut ini langkah-langkah proses curing:

1. Benda uji tarik komposit yang telah diberi angka sesuai dengan lama dan suhu curing disiapkan dahulu.
2. Atur suhu yang dikehendaki dengan cara memutar dimmer, pemanasa buatan sendiri yaitu fungsinya sama untuk memanaskan suatu benda

didesain sedemikian baik sesuai keinginan sendiri dengan menggunakan termometer untuk mengetahui panas yang dikeluarkan 2 buah (dua) bolam lampu 100 watt.

3. Pengatur waktu menggunakan stopwatch. Dimer diputar untuk menyesuaikan suhu sampai angka yang dikehendaki.
4. Setelah suhu tercapai, benda uji komposit dimasukkan kedalam oven pemanas dan dimer diatur kembali .
5. Setelah selesai curing sesuai waktu dan suhu yang telah ditentukan, benda uji dikeluarkan dari dalam alat pemanas dan dimasukkan benda uji yang baru untuk proses curing lainnya. Begitulah seterusnya hingga selesai perlakuan panas pada benda yang berbeda suhu.



Gambar 3.11. Alat Pemanas Benda Uji Komposit



Gambar 3.12. Alat Pengukur suhu (Thermometer)

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 :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.1)$$

dengan; v = volume (cm^3)

ρ = massa jenis (gr/cm^3)

m = bobot (gr)

3.6. Pengujian Serat

3.6.1. Pengujian Tarik Serat

Dalam penelitian ini pengujian tarik serat menggunakan mesin uji tarik yang berada di laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma. Pengujian tarik serat penguat dilakukan dengan membuat dimensi benda uji sendiri, dengan menggunakan mengecor kedua ujung serat rami dengan diameter 2 cm sehingga kedua ujung serat rami tersebut dapat di uji tarik dengan baik.



Gambar 3.13 Serat Penguat

3.6.2 Pengujian Massa Jenis Serat

Massa jenis serat ditentukan dengan menentukan dimensi dari serat pengikat dimana serat mempunyai panjang 100 mm dan diameter setelah dipuntir 2 mm. Kemudian serat ditimbang sehingga diketahui massa dari serat tersebut.

$$V = P \times A$$

$$V = P \times \frac{1}{4} \times \pi d^2 = P \times \pi r^2 = 100 \times \pi \times (0,1)^2 = 3,14 \text{ cm}^3$$

3.7. Pengujian Komposit

3.7.1. Pengujian Tarik Komposit

Pengujian komposit dilakukan untuk semua komposit dengan komposisi berat serat 2, 4, 6, dan 8 dengan menggunakan mesin uji tarik. Dalam pengujian tarik komposit menggunakan 2 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 pertambahan panjang selama pengujian berlangsung.

3.7.2. Pengujian Massa Jenis Komposit

Massa jenis komposit total dapat ditentukan 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 empat buah benda uji. Dengan membandingkan massa jenis pada setiap percobaan maka akan diketahui massa jenis komposit rata-rata.

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{m}{p \times l \times t} \quad p \times l \times t = \text{volume} \quad (3.2)$$

dengan; v = volume (cm³)

ρ = massa jenis (gr/cm³)

m = bobot (gr)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

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.

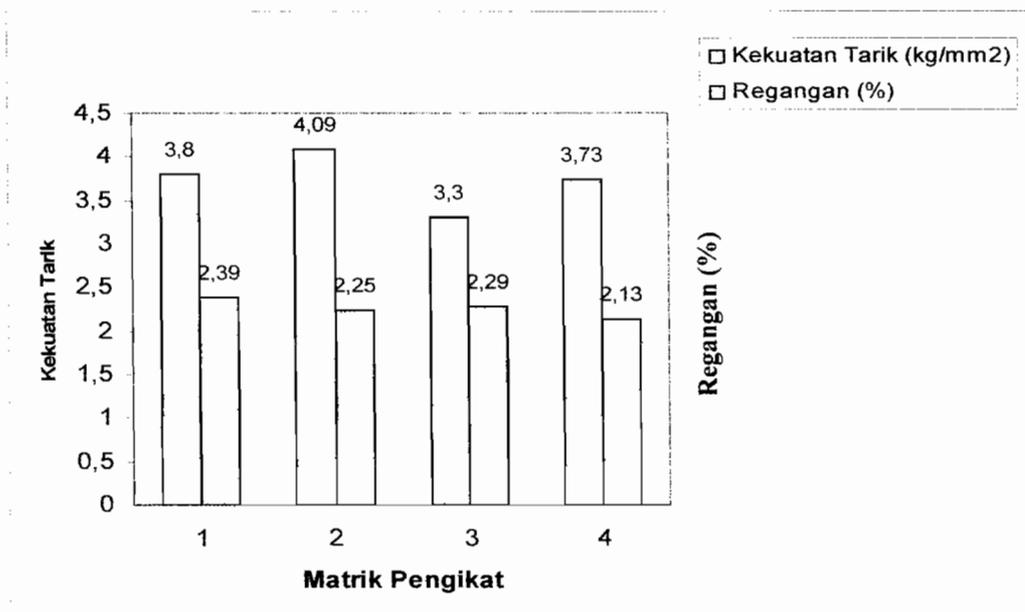
4.2. Hasil Pengujian Tarik Matrik Pengikat

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. Grafik Sifat Mekanik Matrik Pengikat

No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas (mm ²)	Beban P (kg)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Panjang ukur awal L_0 (mm)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Regangan ϵ (%)
1	3,55	13,05	46,33	176,2	3,80	96	2,30	2,39
2	3,65	13,00	47,45	194,3	4,09	96	2,45	2,55
3	3,50	13,00	45,5	150,3	3,30	96	2,20	2,29
4	3,60	13,00	46,8	174,8	3,73	96	2,05	2,13

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.



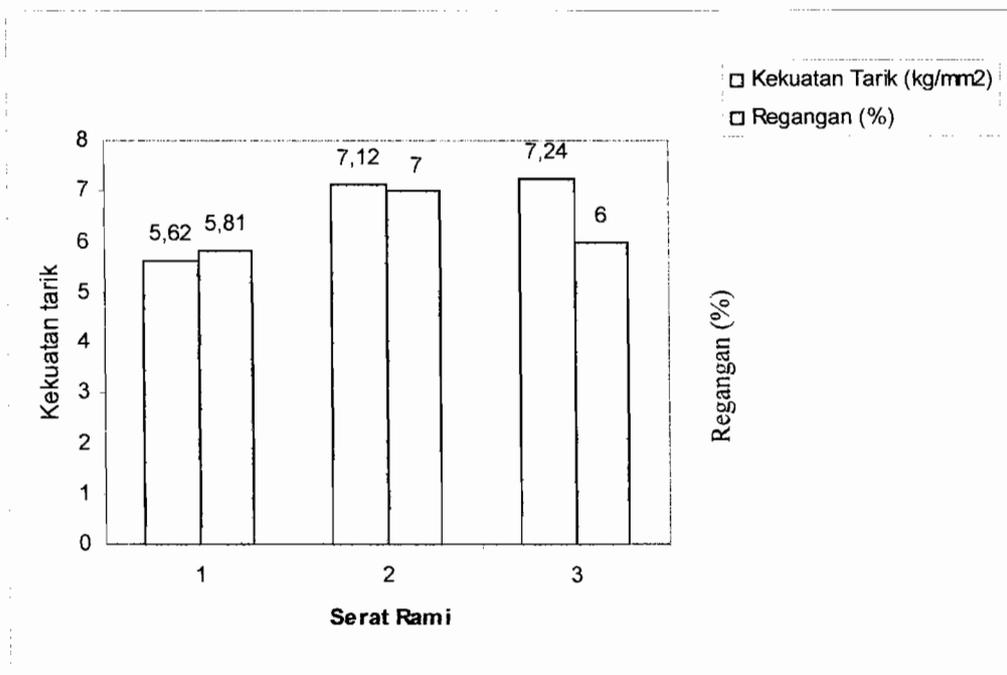
Gambar 4.1. Grafik Sifat Mekanik Matrik Pengikat

4.3. Hasil Pengujian Tarik Serat Rami

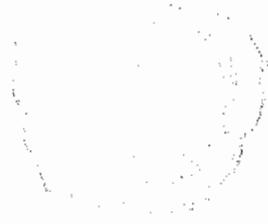
Pengujian yang dilakukan dengan mesin uji tarik menghasilkan print-out grafik hubungan beban-pertambahan panjang pada masing-masing benda uji, contoh disajikan pada lampiran. Dengan pembacaan grafik beban-pertambahan panjang tersebut diperoleh beberapa sifat mekanis yang disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Sifat Mekanik Serat Rami

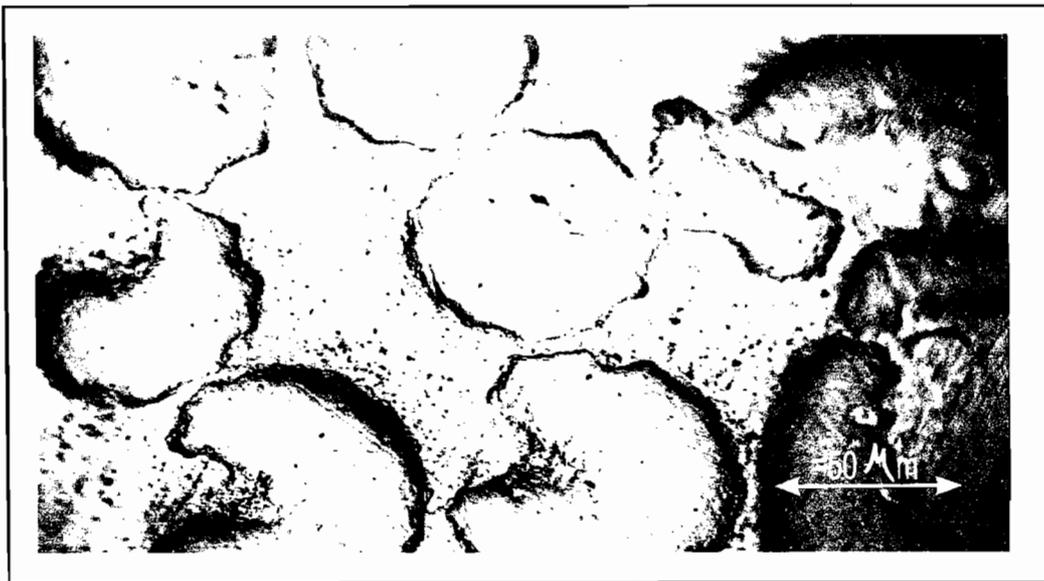
No	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban P (kg)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Panjang Ukur Awal L_o (mm)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Regangan ϵ (%)
1	2	6,283	73,2	5,62	160	9,30	5,81
2	2	6,283	89,8	7,12	160	11,20	7
3	2	6,283	91,1	7,24	160	9,60	6
Rata-rata				6,66	Rata-rata		6,27



Gambar 4.2. Grafik Sifat Mekanik Serat Rami



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 Rami Dalam Komposit

4.4. 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 :

Tabel 4.3. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Tanpa Curing

Fraksi Massa Serat %	No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas Penampang Awal (mm^2)	Panjang ukur awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm^2)	Regangan ϵ (%)
2	1	3,2	13,6	303,1	2,3	43,52	240	6,96	0,95
	2	3,65	13,1	274,4	2,15	47,81	240	5,73	0,89
4	3	3,75	13,6	316,5	1,95	51	240	6,2	0,81
	4	3,15	13,55	293,8	2,45	42,68	240	6,88	1,02
6	5	3,7	13,65	289	2,05	50,5	240	5,72	0,85
	6	3,65	13,2	313,9	1,9	48,18	240	6,51	0,79
8	7	3,75	13,65	388,3	2,15	51,18	240	7,58	0,89
	8	3,7	13,2	342	2,4	48,84	240	7	1

Tabel 4.4. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Curing 50^o C 60 menit

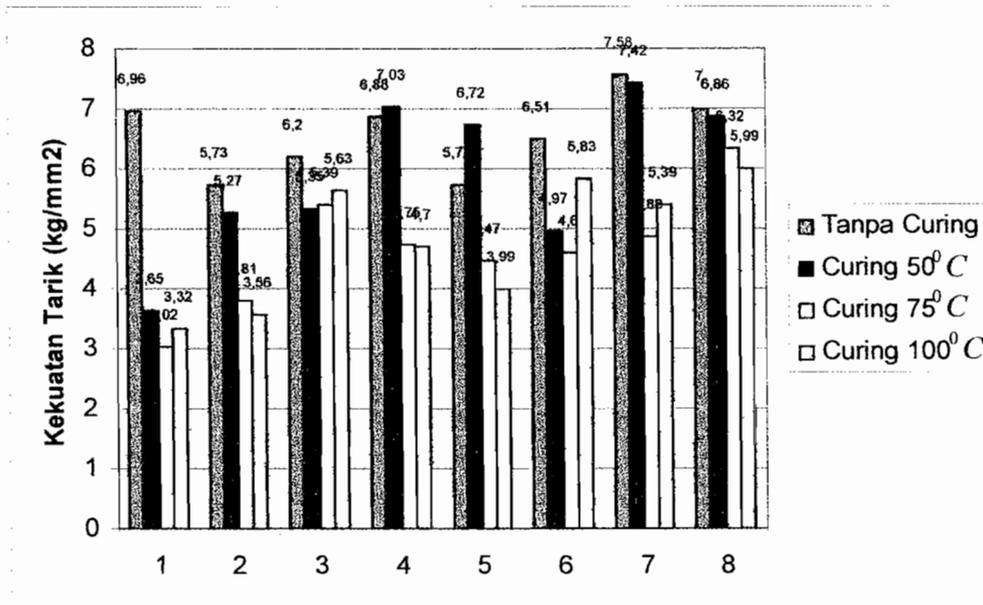
Fraksi Massa Serat %	No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas Penampang Awal (mm^2)	Panjang ukur Awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm^2)	Regangan ϵ (%)
2	1	3,65	13,45	179,2	1,85	49,09	240	3,65	0,77
	2	3,7	13,9	262,6	2,2	49,76	240	5,27	0,91
4	3	3,25	13,55	235,6	1,9	44,03	240	5,35	0,79
	4	3,45	13,35	324	2,2	46,06	240	7,03	0,91
6	5	3,3	13,85	307,5	2,45	45,7	240	6,72	1,02
	6	3,5	13,4	233,2	2,2	46,9	240	4,97	0,91
8	7	3,6	13,85	370,4	2,35	49,86	240	7,42	0,97
	8	3,35	13,8	317,6	2,2	46,23	240	6,86	0,91

Tabel 4.5. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Curing 75^o C 60 menit

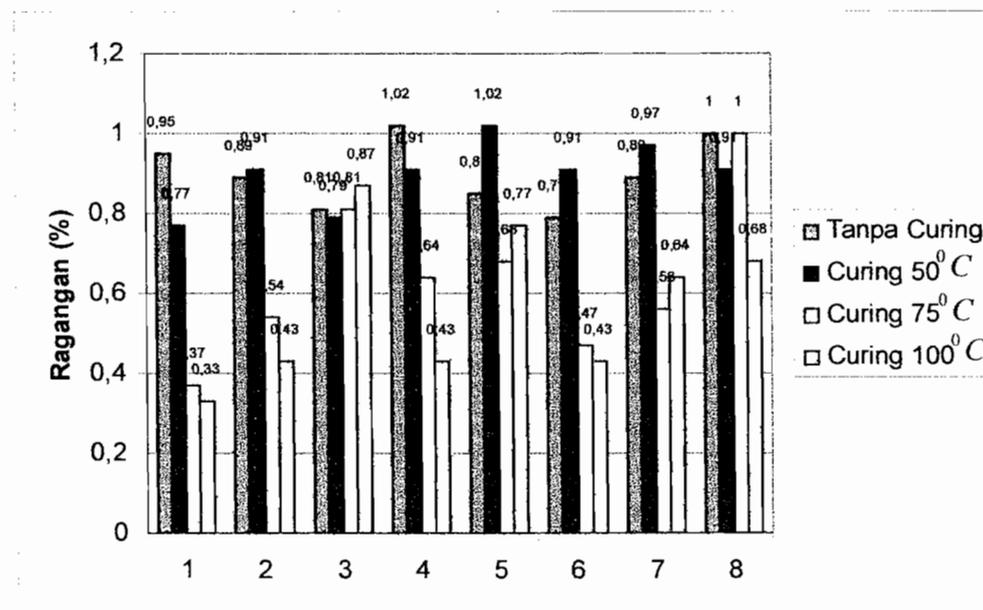
Fraksi Massa Serat %	No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas Penampang Awal (mm ²)	Panjang ukur Awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
2	1	3,7	13,35	149,3	0,9	49,39	240	3,02	0,37
	2	3,1	13,6	160,7	1,3	42,16	240	3,81	0,54
4	3	3,7	13,5	269,7	1,95	49,95	240	5,39	0,81
	4	3,6	13,45	231	1,55	48,6	240	4,75	0,64
6	5	3,2	13,3	190,6	1,65	42,56	240	4,47	0,68
	6	3,85	13,8	244,4	1,15	53,13	240	4,6	0,47
8	7	3,75	13,3	243,8	1,35	49,87	240	4,88	0,56
	8	3,65	13,6	314,2	2,4	49,64	240	6,32	1

Tabel 4.6. Sifat Mekanik Komposit Fraksi Massa Serat Curing 100^o C 60 menit

Fraksi Massa Serat %	No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Gaya F_u (kg)	Pertambahan panjang ΔL (mm)	Luas Penampang Awal (mm ²)	Panjang ukur awal L_o (mm)	Kekuatan Tarik σ_u (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)
2	1	3,35	13,4	149,3	0,8	44,89	240	3,32	0,33
	2	3,3	13,65	160,7	1,05	45,04	240	3,56	0,43
4	3	3,6	13,3	269,7	2,1	47,88	240	5,63	0,87
	4	3,6	13,65	231	1,05	49,14	240	4,7	0,43
6	5	3,55	13,45	190,6	1,85	47,74	240	3,99	0,77
	6	3,1	13,5	244,4	1,05	41,85	240	5,83	0,43
8	7	3,45	13,1	243,8	1,55	45,19	240	5,39	0,64
	8	3,8	13,8	314,2	1,65	52,44	240	5,99	0,68



Gambar 4.4 Grafik Sifat Mekanik Kekuatan Tarik



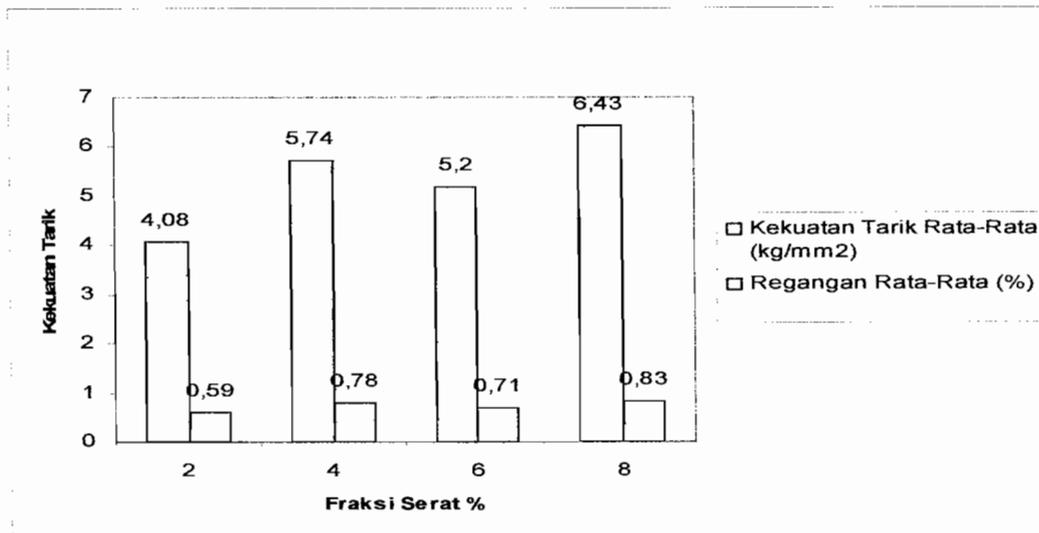
Gambar 4.5. Grafik Sifat Mekanik Regangan

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 8% tanpa curing. 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 4.7.

Tabel 4.7. Kekuatan Tarik Dan regangan Rata-rata Komposit

Fraksi%	No	Kekuatan Tarik rata-rata (σ) (kg/mm ²)	Regangan rata-rata (ϵ) (%)
2	1-2	4,08	0,59
4	3-4	5,74	0,78
6	5-6	5,2	0,71
8	7-8	6,43	0,83

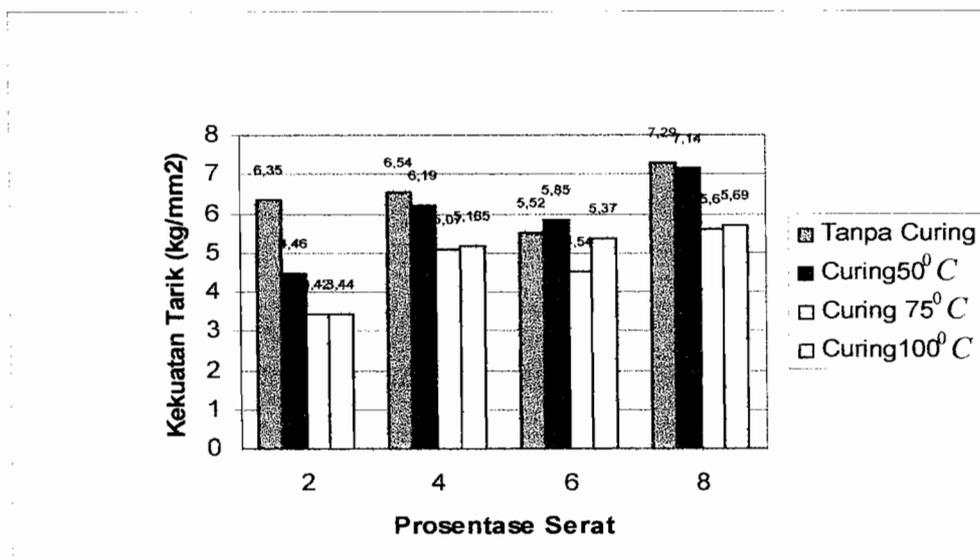


Gambar 4.6. Grafik Kekuatan Tarik Rata-rata dan Regangan Rata-rata Komposit

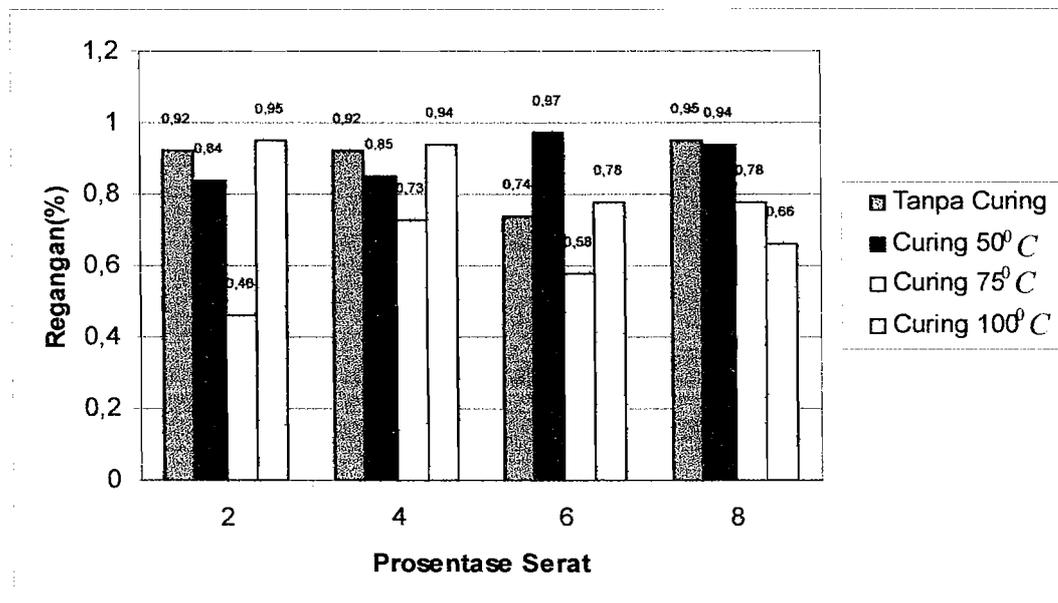
Dari hasil pengujian tarik komposit diatas, fraksi serat 2% mempunyai kekuatan tarik terendah. Rendahnya kekuatan tarik ini disebabkan kekurang hati-hatian pada saat melakukan proses pencetakan benda uji. Kemungkinan paling besar yang mempengaruhi rendahnya kekuatan tarik ini adalah karena persentasi 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 4.17 Fraksi Massa Serat 2% Curing 100 C⁰ 60". Karena serat tidak lurus pada komposit maka distribusi beban dari matrik pengikat ke serat menjadi tidak optimal, hal ini mengakibatkan kekuatan komposit menurun.

Tabel 4.8. Kekuatan Tarik Rata-rata σ_u

Fraksi Massa Serat %	Tanpa Curing σ_u (kg/mm ²)	Curing 50 ^o C σ_u (kg/mm ²)	Curing 75 ^o C σ_u (kg/mm ²)	Curing 100 ^o C σ_u (kg/mm ²)
2	6,35	4,46	3,42	3,44
4	6,54	6,19	5,07	5,165
6	5,52	5,85	4,54	5,37
8	7,29	7,14	5,6	5,69

**Gambar 4.7. Grafik Kekuatan Tarik Rata-rata Komposit (Curing dilakukan 60 menit)****Tabel 4.9. Regangan Rata-rata ϵ**

Fraksi Massa Serat %	Tanpa Curing Regangan ϵ (%)	Curing 50 ^o C Regangan ϵ (%)	Curing 75 ^o C Regangan ϵ (%)	Curing 100 ^o C Regangan ϵ (%)
2	0,92	0,84	0,46	0,38
4	0,92	0,85	0,73	0,65
6	0,74	0,97	0,58	0,6
8	0,95	0,94	0,78	0,66



Gambar 4.8. Grafik Regangan Rata-rata Komposit (Curing dilakukan 60 menit)

4.5. 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 4.13 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 2% berat serat ada bagian yang mungkin kekuatannya hanya 4% berat serat atau mungkin juga dibawahnya.

4.6. 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 4.7.

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:

a) 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.

b) 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.

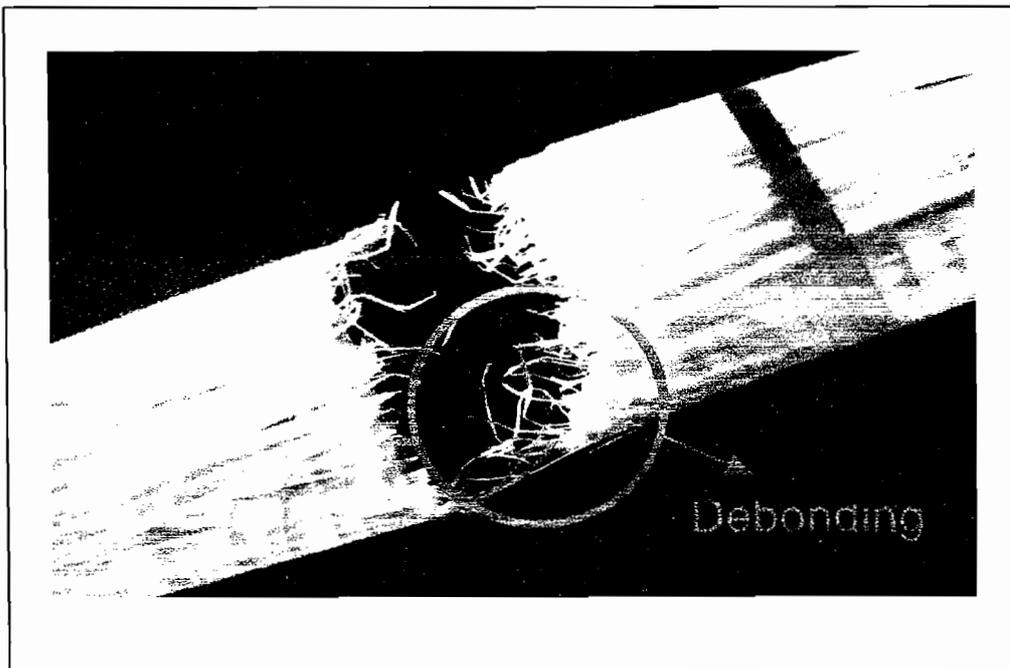
c) Faktor pengujian dan pengambilan data

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

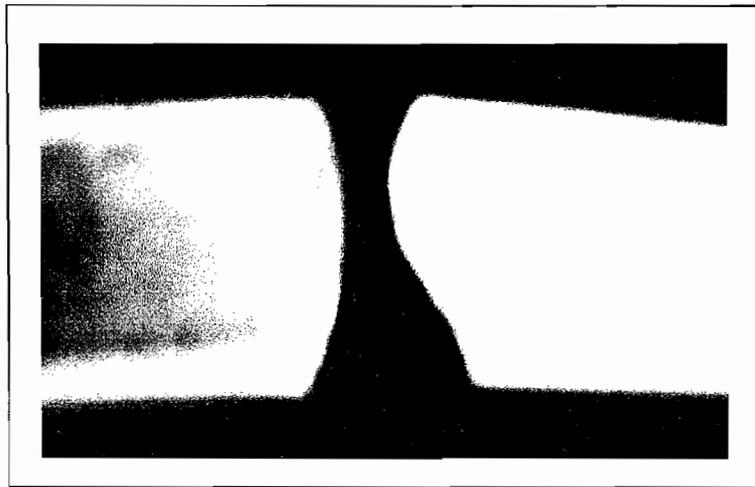
- Kurang hati-hati dalam pemasangan benda uji kedalam mesin uji tarik yang dapat mengakibatkan kerusakan awal

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 4.9. Kerusakan Debonding Pada Komposit



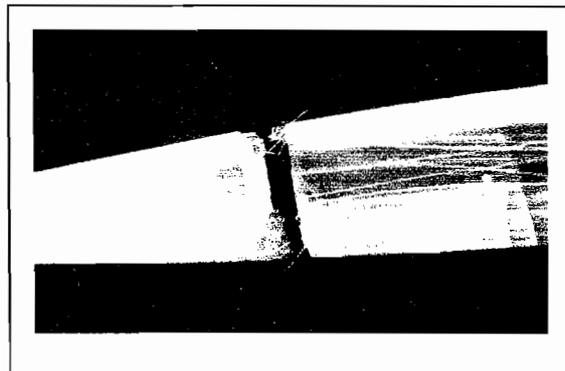
Gambar 4.10. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Matrik Pengikat



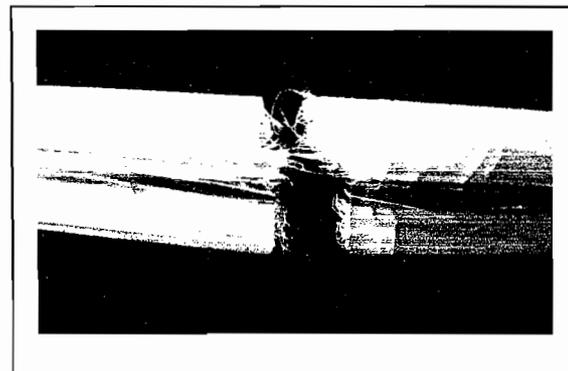
2%



4%

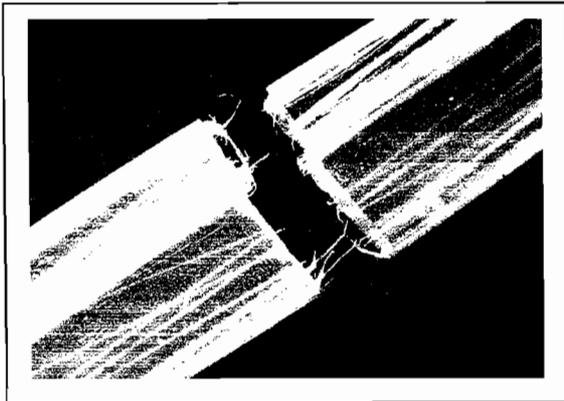


6%

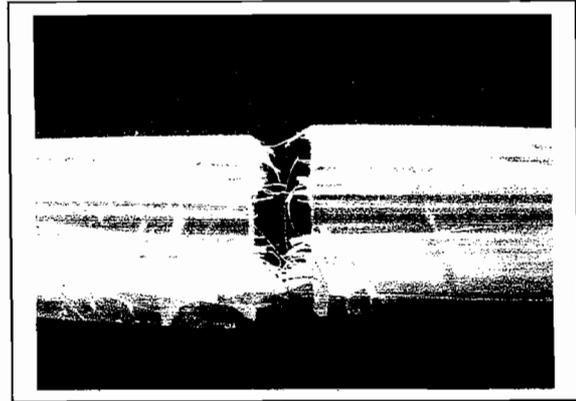


8%

Gambar 4.11. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% tanpa Curing



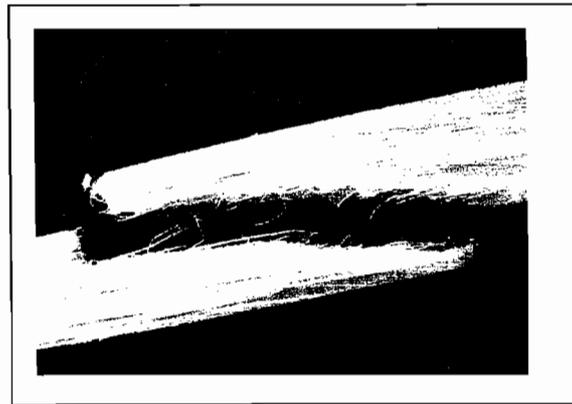
2%



4%

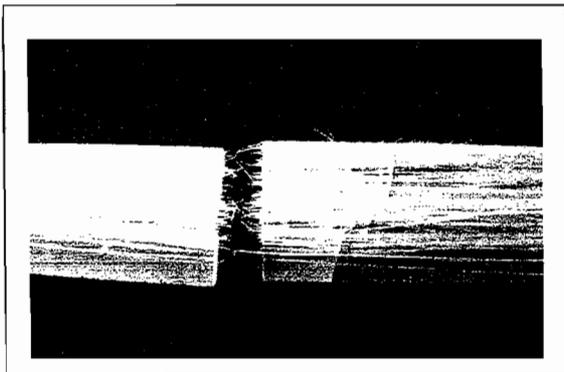


6%

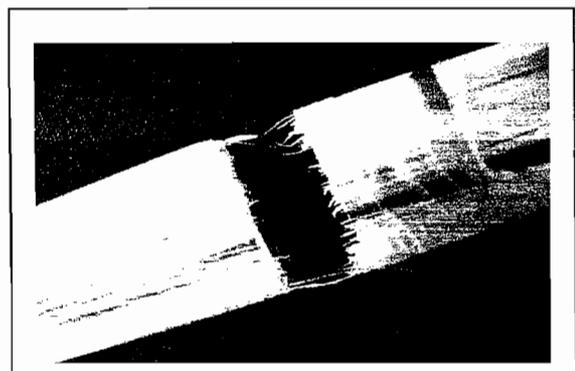


8%

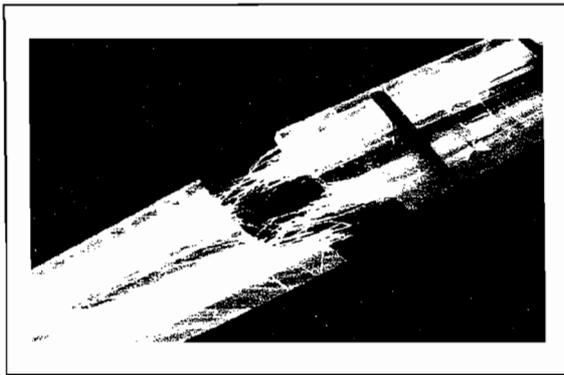
Gambar 4.12 Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% Curing 50° C 60 menit



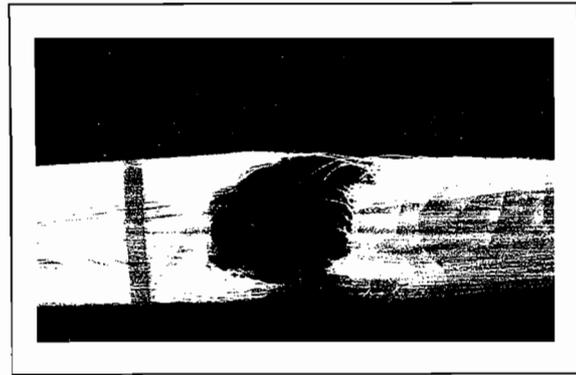
2%



4%

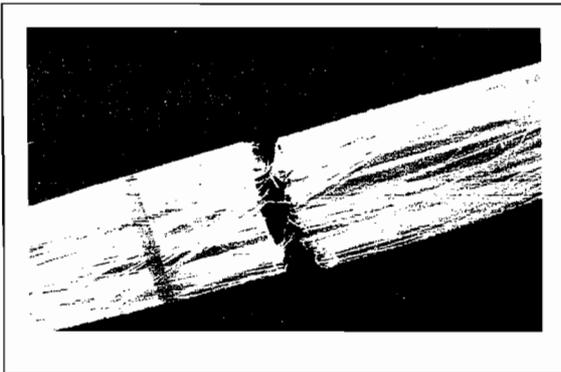


6%

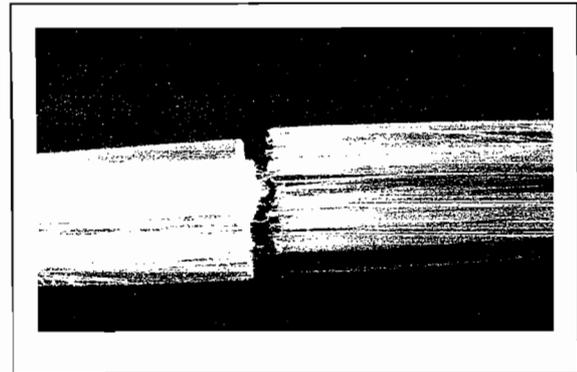


8%

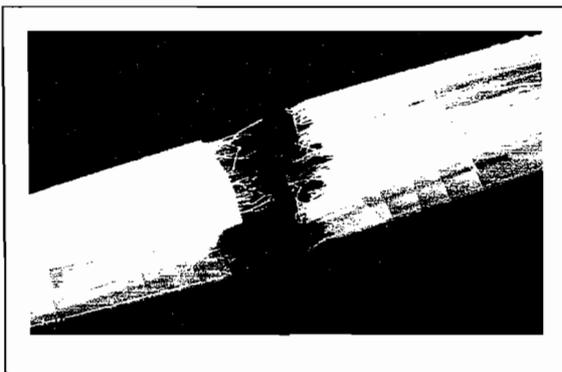
Gambar 4.13. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% Curing 75⁰ C 60 menit



2%



4%



6%



8%

Gambar 4.14. Foto Bentuk Patahan Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% Curing 100⁰ C 60 menit

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini penulis dapat mengambil suatu kesimpulan adalah sebagai berikut:

1. Pada komposit tanpa curing, kenaikan fraksi serat rami dari 2% menjadi 8% menaikkan kekuatan tarik, tetapi regangannya relatif tetap.
2. Komposit dengan curing 50⁰C tidak signifikan menunjukkan perbedaan kekuatan tarik dan regangan dibandingkan komposit tanpa curing.
3. Perlakuan curing 75⁰C selama 60 menit menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan regangan dibanding tanpa curing.
4. Perlakuan curing 100⁰C selama 60 menit menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan regangan dibanding tanpa curing, curing 50⁰C dan curing 75⁰C. Besarnya persentasi serat maka regangan akan semakin kecil dan kerusakan yang dialami komposit kerusakan patah getas (brittle failure) akibat lamanya proses curing dan naiknya suhu curing maka bahan tersebut akan semakin getas menyebabkan semakin menurunnya kekuatan bahan.

1.2. Saran

Dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan sangat dibutuhkan kritik dan saran dari pembaca. Langkah-langkah yang perlu diperhatikan:

1. Pada proses pencetakan benda uji dengan proses *hand lay-out*, untuk mendapatkan ketebalan yang merata sebaiknya tidak melakukan pengerjaan ulang dapat mengakibatkan perubahan struktur dari komposit.
2. Pengujian tarik harus diperhatikan fungsi dari griper agar diberikan amplas supaya tidak terjadi patah diluar batas yang kita tentukan penarikan komposit.
3. Kekuatan tarik masih sangat kecil walaupun dengan jumlah serat yang banyak alangkah baiknya tiap pencetakan dilakukan 1(satu) spesimen agar serat tetap utuh dibanding dengan penelitian sebelumnya serat mengalami putus pada saat pemotongan komposit.
4. Karena penelitian tentang pengaruh fraksi berat serat dengan bahan berupa serat rami 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 lamanya proses curing dan suhu yang diperlukan.

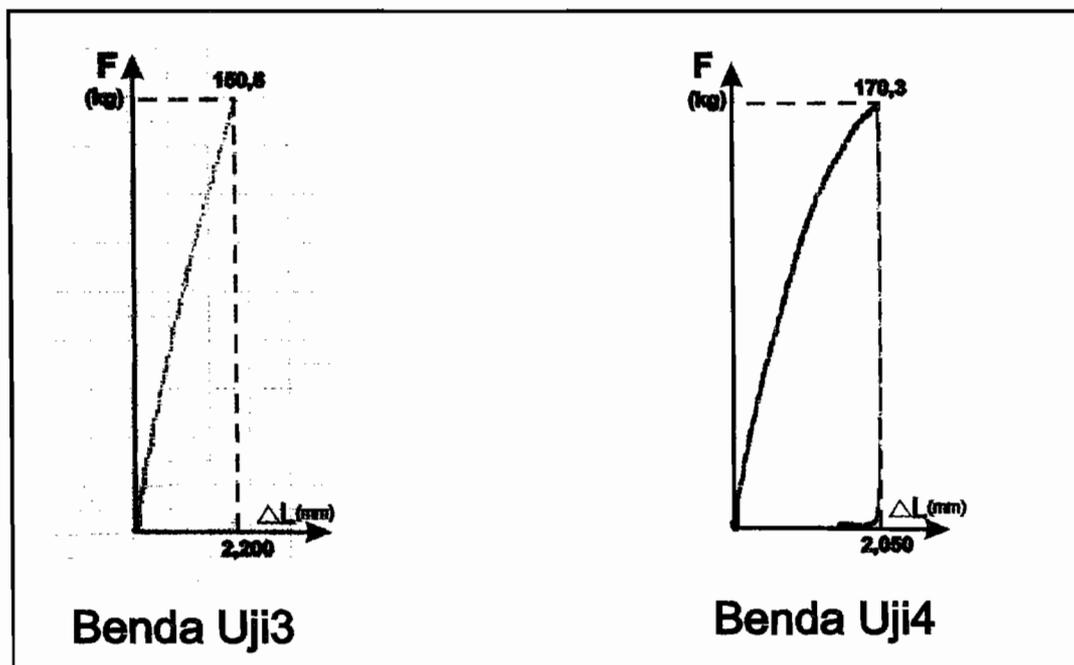
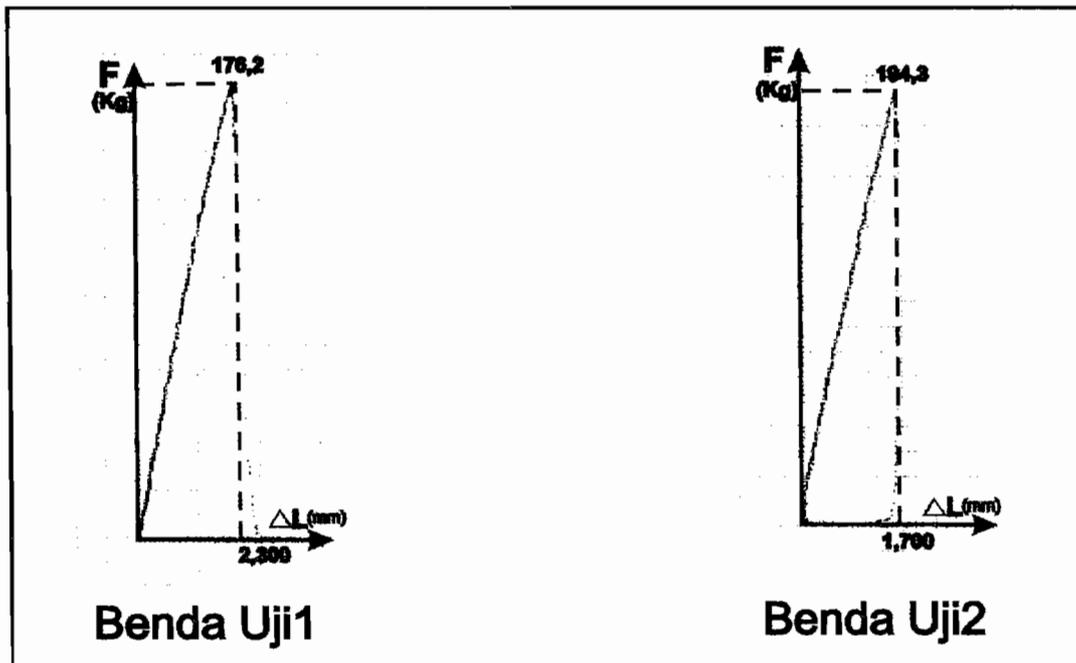
DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standart*, 1987. American Society For Testing Material, Philadelphia.PA.
- Crawford. R.J., *Plastics Engineering*, Pergamond Press England 1984.
- Gibson R.F, 1994. *Prinseples of Composite Material Mechanics*, Mac Graw Hill, Inc Singapore.
- Hadi, Bambang Kismono, 2000. *Mekanika Struktur Komposit* Departemen Pendidikan Nasional.
- JIS, 1991. *JIS Hand Book Plastics*.
- Murphy, J., 1994. *Reinforced Plastics Hand Book*, Elsevier Sience Publisers. LTD.
- Papitso, S.A and Papanicolau, G.G.(eds), 1988. *Engineering Applications of New Composites*, Hartnold Limited England.
- Robert, J.M., 1975. *Mechanics of Composite Material*, Mc Graw Hill, New York.
- Schwartz, M.M., 1984. *Composites Material Hand Book*, Mc Graw Hill.
- Swason, Stephen R, 1997. *Introduction to Design and Analysis with Advanced Composites Material Pretience Hall*, New Jersey.
- Van Vlack, **Ilmu dan teknologi Bahan**, Edisi Kelima
- Wilee J, 1998. *Working with Fiber Glass Techniques and Projects*.

LAMPIRAN

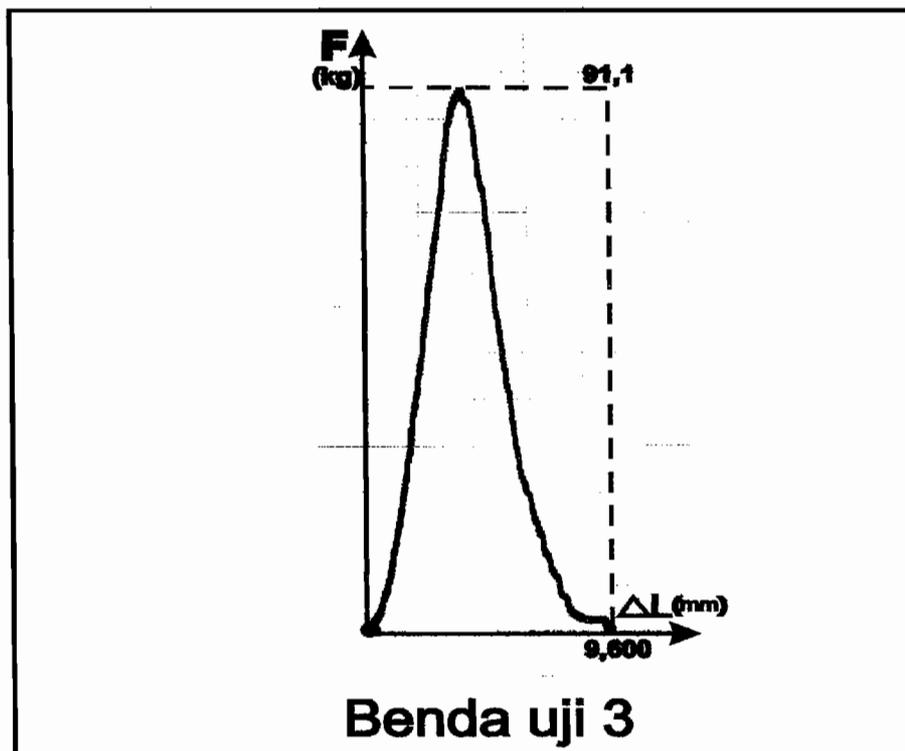
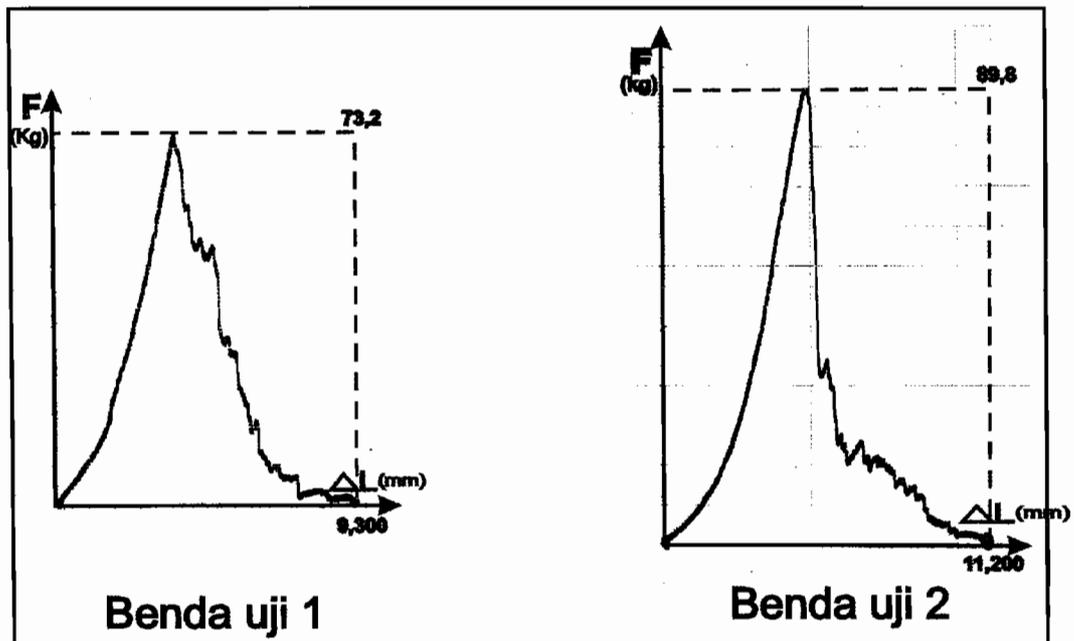
Lampiran 1

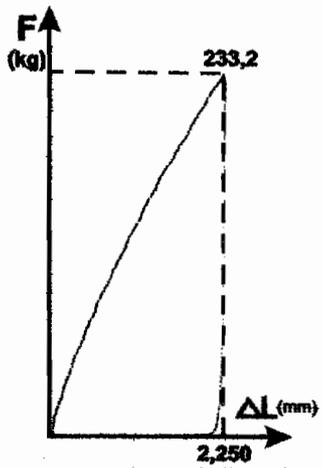
Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Matrik Pengikat



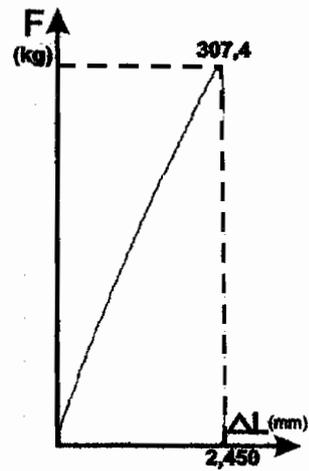
Lampiran 2

Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Serat Penguat

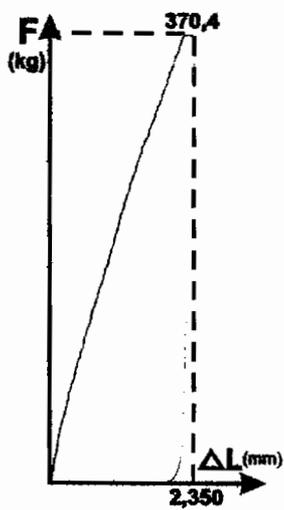




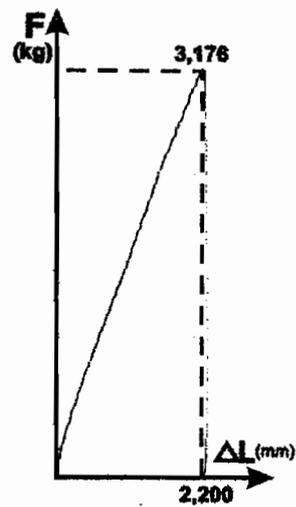
Benda uji 5



Benda uji 6



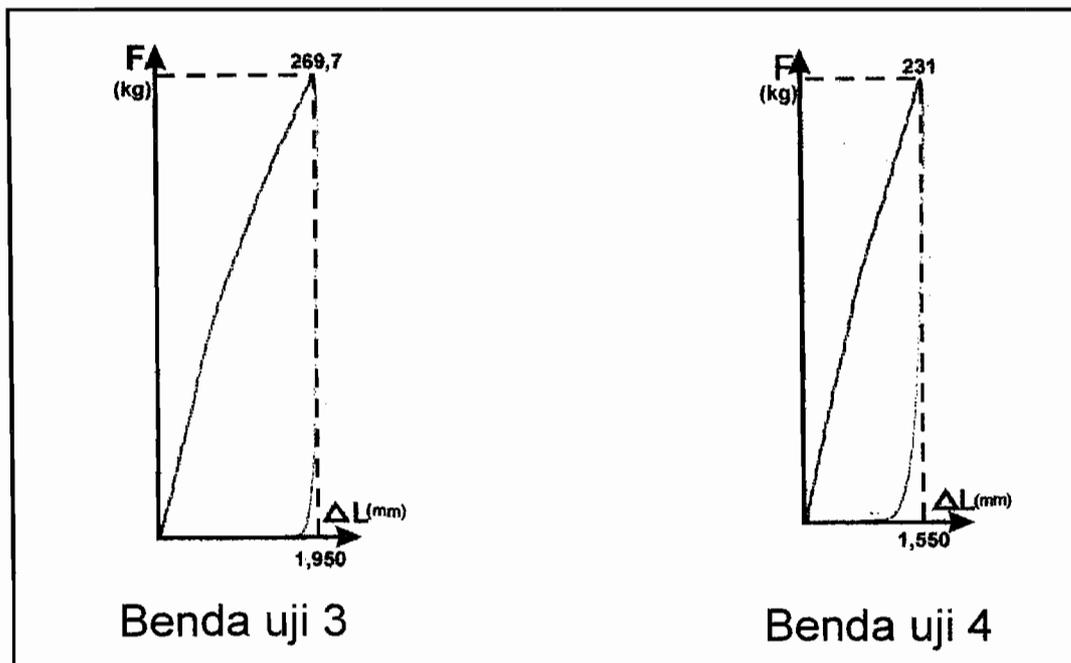
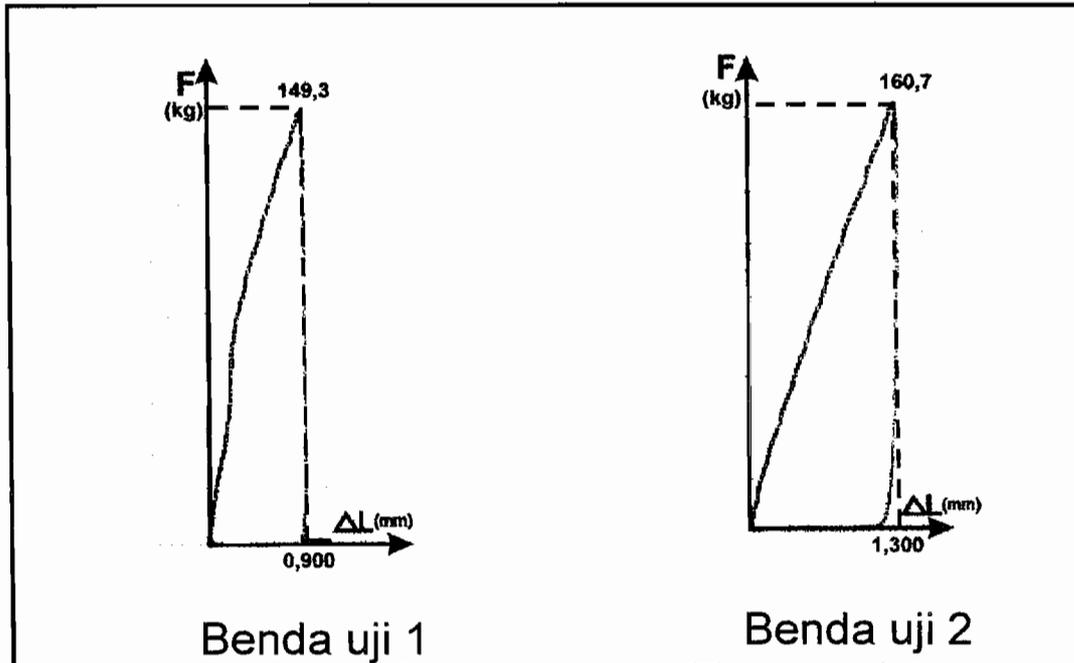
Benda uji 7

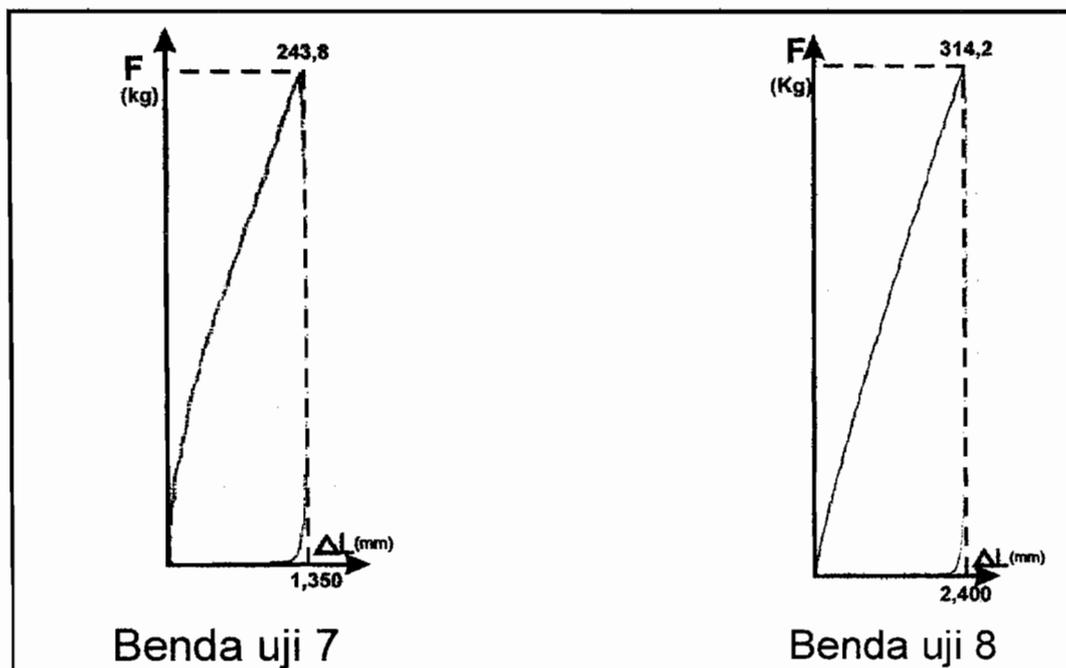
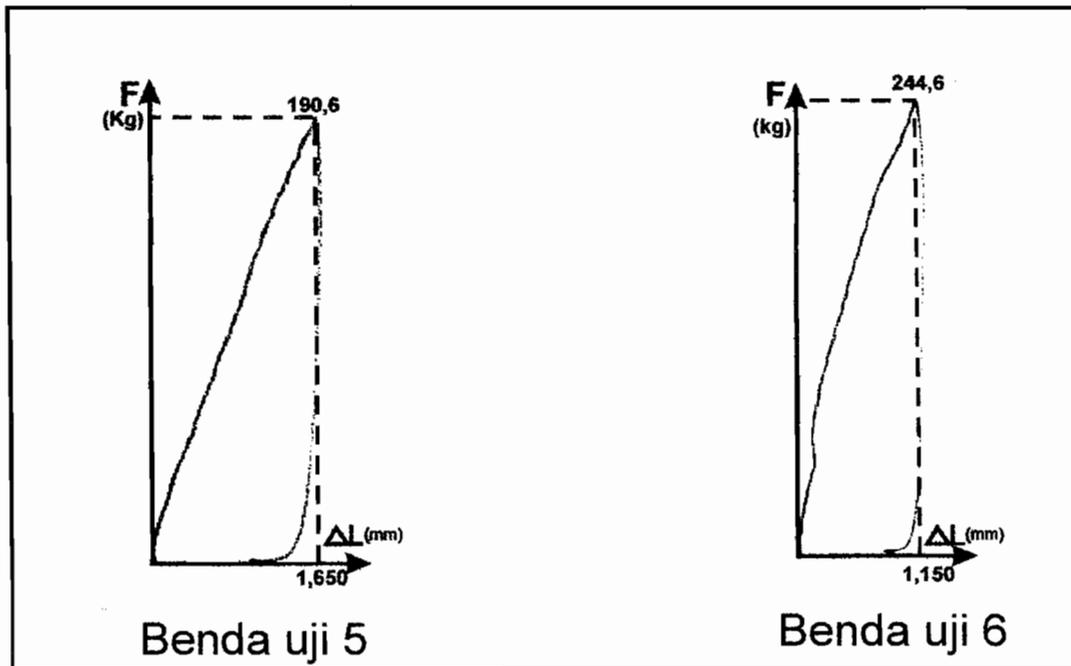


Benda uji 8

Lampiran 4

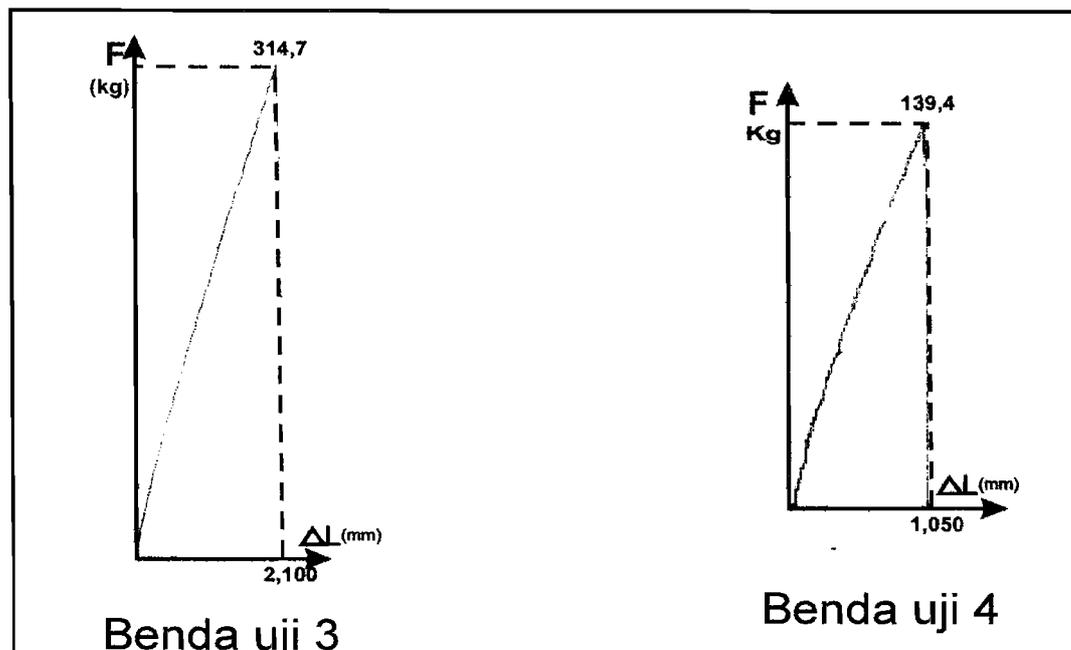
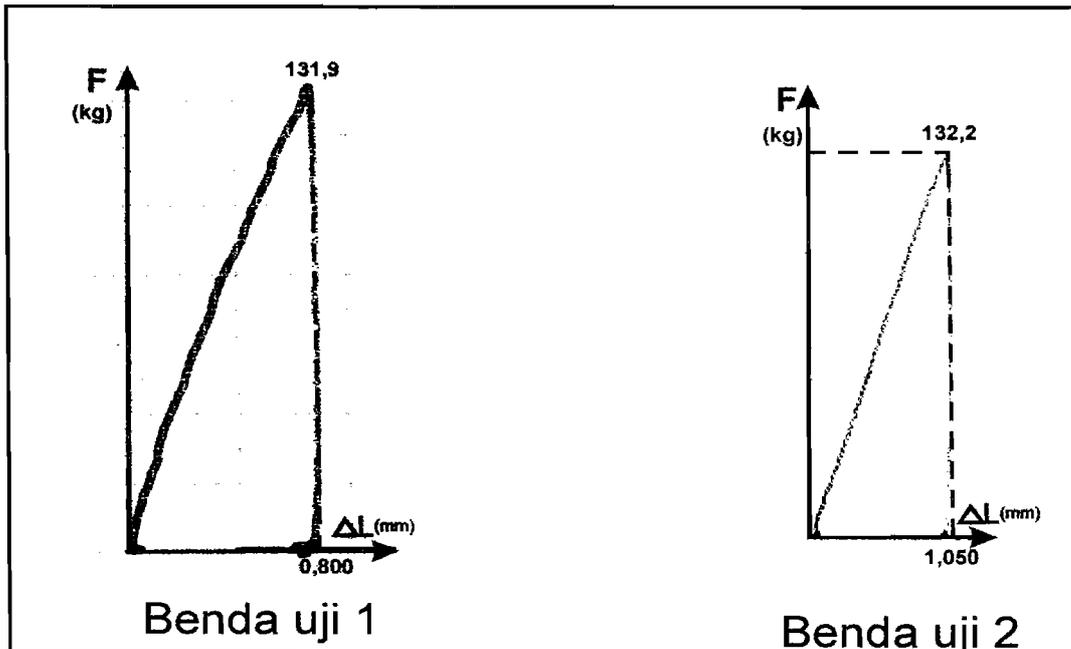
Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat
2, 4, 6 dan 8% Curing 75 C° 60"

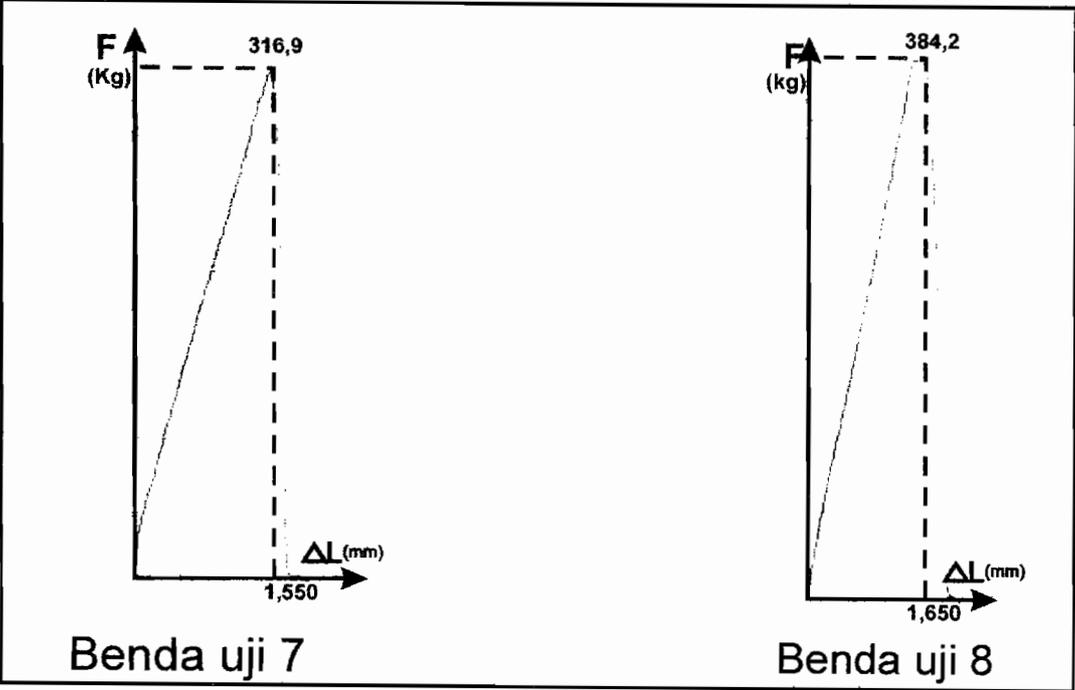
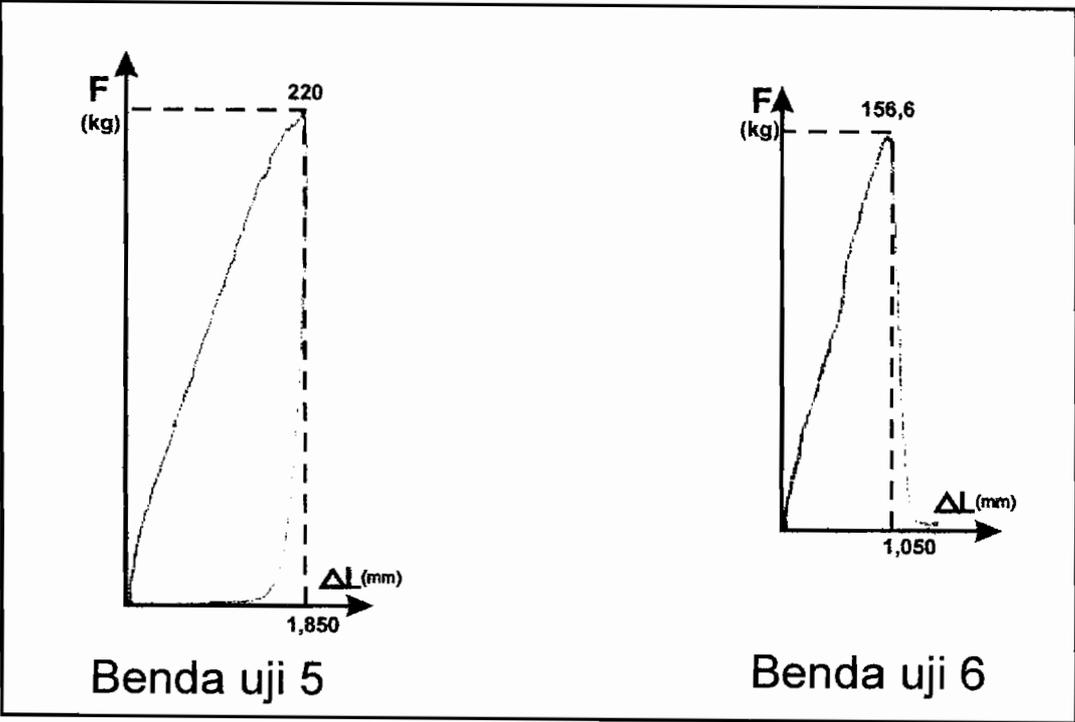
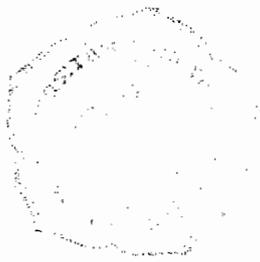




Lampiran 5

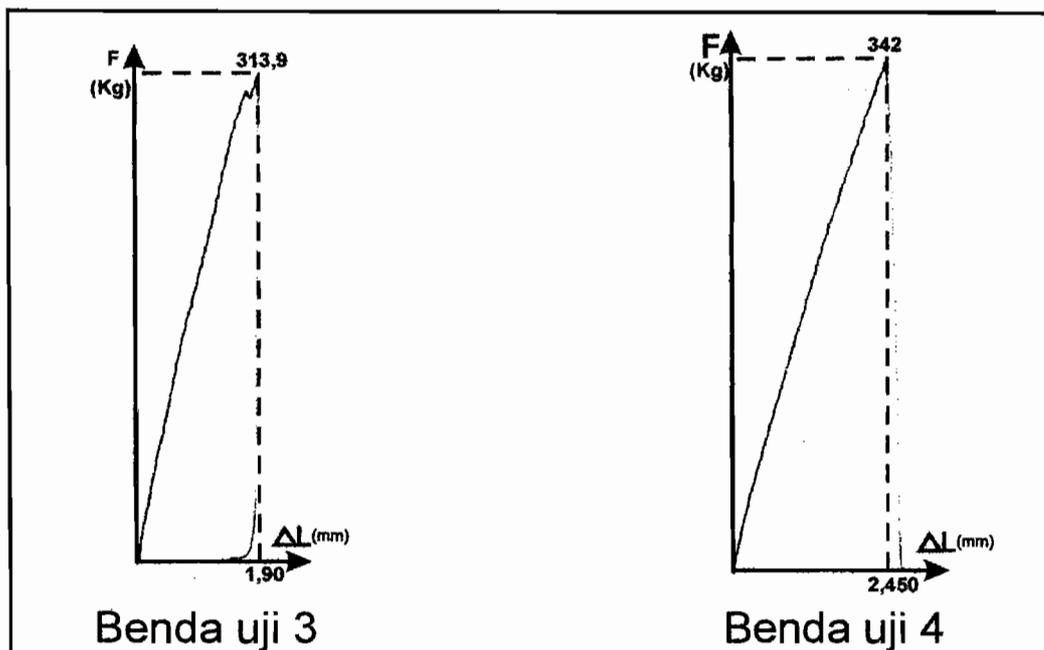
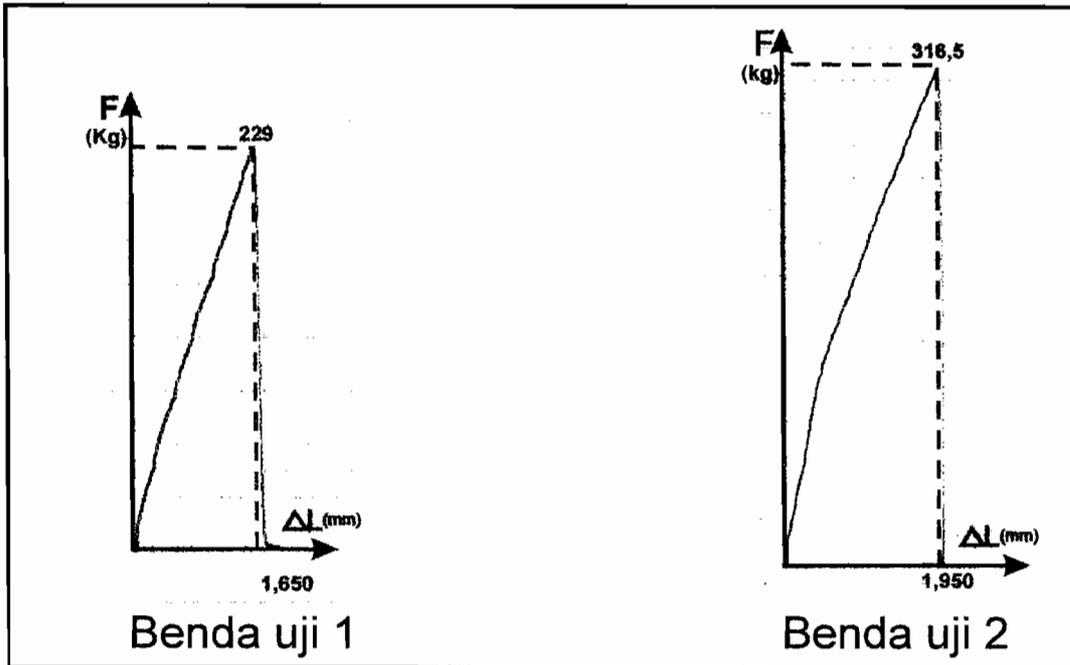
Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat
2, 4, 6 dan 8% Curing 100 C° 60"

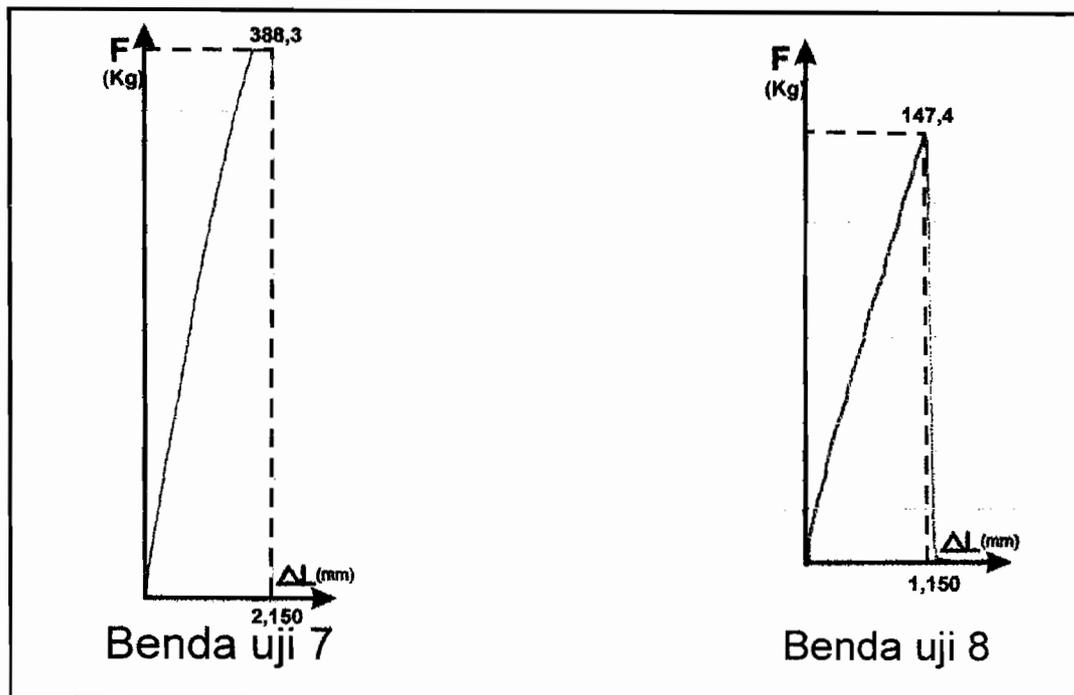
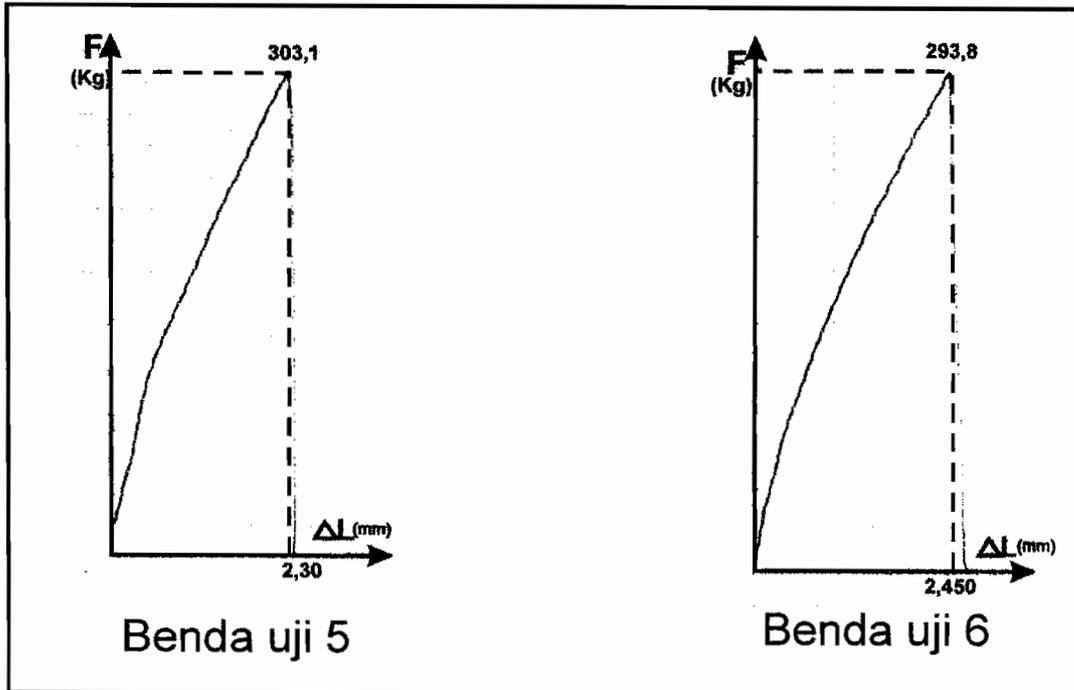


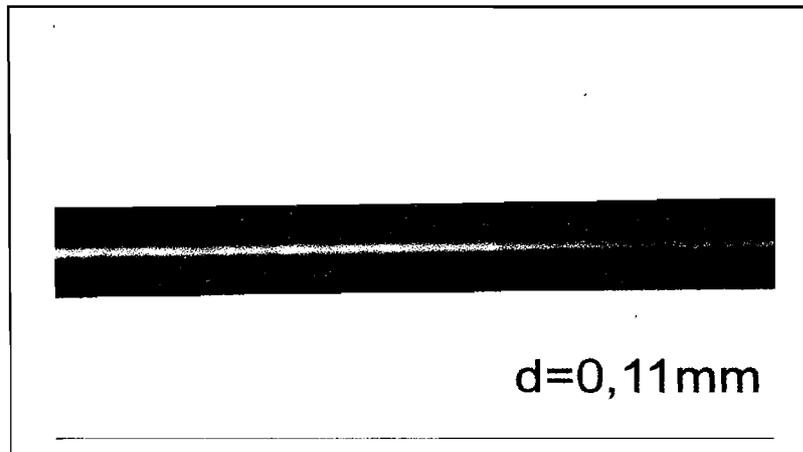


Lampiran 6

Grafik Grafik Gaya dan Pertambahan Panjang Benda Uji Komposit Fraksi Berat 2, 4, 6 dan 8% Tanpa Curing.

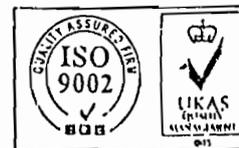




Lampiran 7**Kawat Tembaga**



TECHNICAL DATA SHEET
PT JUSTUS SAKTI RAYA
 JAKARTA - INDONESIA



CERTIFICATE NO.: 09281

YUKALAC®
 UNSATURATED POLYESTER RESIN

C-108-B

YUKALAC® C-108-B adalah resin jernih yang dirancang khusus untuk pembuatan produk castingan, antara lain ornamen, bak mandi, onik/marmer sintetis, boneka/mainan anak-anak, dan barang-barang souvenir lainnya.

Kondisi pengerjaan resin *YUKALAC® C-108-B* dapat dilakukan pada suhu ruang, dengan penambahan katalis MEKPO.

Keunggulan resin ini adalah waktu pengeringannya yang relatif singkat, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu.

SIFAT RESIN :

- Kenampakan : Cairan jernih kebiruan.
- Angka asam, mgr. KOH/gr : 25 - 34
- Kekentalan, Poise pada 25°C : 10 - 12
- Waktu gel, menit pada 30°C : 10 - 25.....+ Mekpo = 1 bagian
- Waktu pengerasan, menit : 35 - 65
- Suhu eksotermis maksimum, °C : > 40
- Stabilitas pada suhu tinggi, menit pada 120 °C : > 60

KOMPOSISI YANG DISARANKAN DALAM PEMBUATAN CASTINGAN :

RESIN C-108-B = 100 bagian → contoh: 1 kg resin
 Katalis Mekpo = 0,3 - 0,5 bagian → ± 3 - 5 cc pemakaian catalystrnya.

* Dengan penambahan Mekpo = 0,4 bagian, dalam waktu 40 - 60 menit resin mulai berubah menjadi padatan

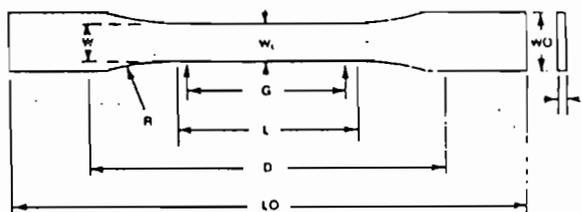
Sifat resin yang telah mengeras	Metoda Tes	Satuan	Nilai tipikal
Subu defleksi panas (HDT)	ISO R-75	°C	76
Daya rentang/tensile strength	ASTM D-638/93	M.Pa	67
Modulus rentang/tensile modulus	ASTM D-638/93	M.Pa	4.350
Elongasi saat patah	ASTM D-638/93	%	2,1
Kekuatan fleksural/flexural strength	ASTM D-790/93	M.Pa	127
Modulus feksural/flexural modulus	ASTM D-790/93	M.Pa	4.050

October 2001.

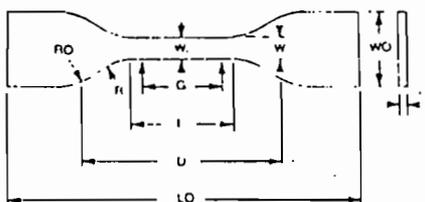
D:\Data\ArBd\Brosur-Justus>Showa HP\C-108-B

Technology is underlicensed by Showa Highpolymer Co., Ltd., Japan
 Information herein is accurate to the best of our knowledge. Suggestions are made without warranty or guarantee of results. Before use, user should determine the suitability of the product for his intended use and the user assumes risk and liability in connection with. We do not suggest violation of any existing patents or give permission to practice any patented invention without a license.

ASTM D 638



TYPES I, II, III & V



TYPE IV

Specimen Dimensions for Thickness, T, in. (mm)^D

Dimensions (see drawings)	0.28 (7) or under		Over 0.28 to 0.55 (7 to 14) incl.	0.16 (4) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^a	Type V ^a	
Width of narrow section ^{A, B}	0.50 (13)	0.25 (6)	0.75 (19)	0.25 (6)	0.125 (3.18)	±0.02 (±0.5) ^{G, I}
Length of narrow section	2.25 (57)	2.25 (57)	2.25 (57)	1.30 (33)	0.375 (9.53)	±0.02 (±0.5) ^I
Width over-all, min ^E	0.75 (19)	0.75 (19)	1.13 (29)	0.75 (19)	...	+0.25 (+6.4)
Length over-all, min ^E	...	...	...	...	0.375 (9.53)	+0.125 (+3.18)
Width over-all, min ^F	6.6 (165)	7.2 (183)	9.7 (246)	4.5 (115)	2.5 (63.5)	no max (no max)
Length ^C	2.00 (50)	2.00 (50)	2.00 (50)	...	0.300 (7.62)	±0.010 (±0.25) ^I
Length ^D	...	...	...	1.00 (25)	...	±0.005 (±0.13)
Distance between grips	4.5 (115)	5.3 (135)	4.5 (115)	2.5 ^H (64)	1.0 (25.4)	±0.2 (±5)
Radius of fillet ^K	3.00 (76)	3.00 (76)	3.00 (76)	0.56 (14)	0.5 (12.7)	±0.04 (±1) ^I
Fillet radius (Type IV)	...	...	...	1.00 (25)	...	±0.04 (±1)

Gambar L.101 Standar ASTM D 638



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

UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 25 September 2006

NAMA Mhs. : Barmen Situmorang

NIM : 995214170

JUDUL :

Pengaruh fraksi berat serat rami terhadap kekuatan tarik komposit dengan proses curing.

Pembimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Pembimbing Kedua :

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

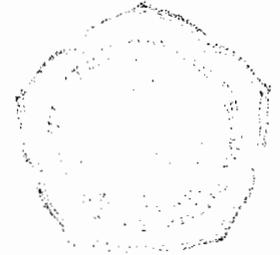
1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

* Isi dlm intisari diperbaiki !
* Susunan Daftar Pustaka



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

No : 516 / TA / FT-USD / TM / MARET / 2005



Nama : Barmen Situmorang
NIM : 995214170
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul :

(The Influence of Mass Fraction of Rami Composite Tensile strength After Curing Process) Pengaruh fraksi berat serat rami terhadap kekuatan tarik komposit dengan proses curing.

Tanggal dimulai : 12 Maret 2005
Pembimbing I : Budi Setyahandana, S.T., M.T.
Pembimbing II :

No	Tgl	Uraian	Keterangan	Tanda Tangan
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				