

**STUDI AWAL SERAT DAUN “RZ” (SANSEVIERIA TRIFASCIATA PRAIN)
SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PENGUAT
KOMPOSIT BERBSAIS SERAT ALAM**

Tesis

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat S-2

Program Studi Teknik Mesin

Kelompok Bidang Ilmu-Ilmu Teknik



Disusun oleh:

Imran S. Musanif

08/277409/PTK/5375

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2010**

Tesis

Studi Awal Serat Daun 'RZ' (Sansevieria Trifasciata Prain) Sebagai Alternatif Material Penguat Komposit Berbasis Serat Alam

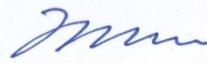
Pre-Elementary Study of 'RZ' (Sansevieria Trifasciata Prain) Leaf Fibre as Alternative Reinforced Composite Material Based on Natural Fibre

Dipersiapkan dan disusun oleh

Imran S. Musanif
08/277409/PTK/5375

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 1 September 2010

Pembimbing Utama

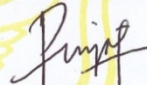


Prof. Ir. Jamasri, Ph. D.

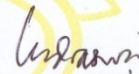
Anggota Dewan Penguji Lain



Ir. R. Soekrisno, MSME, Ph.D.



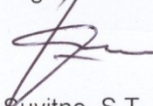
Dr. Eng. Priyo Tri Iswanto, S.T., M.Eng.



Dr. Indraswari Kusumaningtyas, S.T., M.Sc.

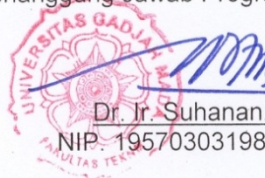
Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister

Tanggal, 2 September 2010
Pengelola Program Studi : Teknik Mesin



Dr. Suyitno, S.T., M.Sc.
NIP. 197011031997021001

Mengetahui,
Wakil Penanggung Jawab Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ir. Suhanan, DEA
NIP. 195703031986031003

PERNYATAAN

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

Yogyakarta,

Agustus 2010



Imran S. Musanif

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tesis dengan judul “Studi Awal Serat Daun “RZ” (Sansevieria Trifasciata Prain) Sebagai Alternatif Material Komposit Berbasis Serat Alam”.

Penyusunan tesis ini dapat terselesaikan berkat dorongan dan motivasi, bantuan, bimbingan dan arahan, serta adanya kerjasama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis menghaturkan banyak terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Rektor Universitas Gadjah Mada, atas kesempatan yang diberikan untuk menempuh Pendidikan Program Pascasarjana di Universitas Gadjah Mada.
2. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, atas izin yang diberikan untuk melakukan penelitian di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
3. Ketua Pengelola Program Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
4. Prof. Ir. Jamasri PhD, sebagai pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam memecahkan masalah yang dihadapi dalam penelitian dan penulisan tesis ini
5. Indraswari Kusumaningtyas, ST, M.Sc, Ph.D, sebagai dosen pembimbing

akademik yang banyak memberikan arahan selama perkuliahan di Program Studi S2 teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.

6. Segenap Dosen dan Staf Pengajar di lingkungan program Studi S2 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, atas ilmu yang diberikan selama mengikuti pendidikan di program Studi S2 Teknik mesin.
7. Segenap Staf Administrasi di Program Studi S2 Teknik Mesin atas bantuan dan dukungannya selama ini
8. Bapak Sunhaji dan Mas Sriyanto, atas persahabatan dan kesediannya mendampingi dalam kegiatan penelitian selama ini
9. Rekan-rekan sahabat mahasiswa Program S2 Teknik Mesin angkatan 2008, yang senantiasa memberi dukungan dan semangat dalam suka dan duka
10. Rekan-rekan S2 dan S3 yang berada di lingkungan program Teknik Mesin, yang bersedia memberikan pandangan dan dukungan selama masa studi.

Yogyakarta, Agustus

2010

Hormat saya,

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Asumsi dan Batasan Masalah	4
1.5. Keaslian	5
1.6. Manfaat Penelitian	6

BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1.	Tinjauan Pustaka	7
2.2.	Landasan Teori	10
2.2.1.	Pengertian material komposit	10
2.2.2.	Serat alam sebagai penguat komposit	10
2.2.3.	Pengukuran densitas	13
2.2.4.	Kekuatan tarik dan regangan serat tunggal	13
2.2.5.	Ikatan <i>interface</i> antar serat dan matrik pada komposit	16
2.2.6.	Perlakuan awal terhadap serat alam	17
2.2.7.	Sudut kontak	18
2.2.8.	Kekuatan <i>pull-out</i> serat -matrik	20
2.3.	Hipotesis	22
BAB III	METODE PENELITIAN	23
3.1.	Diagram alir penelitian	23
3.2.	Penyiapan bahan dan alat Penelitian	24
3.2.1.	Bahan serat daun “RZ” (<i>Sansevieria Trifasciata Prain</i>)	24
3.2.2.	Bahan matrik	25
3.2.3.	Alat penelitian	25
3.3.	Proses penelitian	26

3.3.1. Karakterisasi serat tunggal	26
3.3.2. Pengujian komposit	30
A. Pembuatan komposit	30
B. Pengujian tarik	31
C. Pengujian bending	32
D. Pengujian impak	33
3.3.3. Pengamatan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	35
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	 37
4.1. Karakterisasi serat	37
4.1.1. Kandungan air serat	38
4.1.2. Sifat fisik serat daun “RZ”	39
4.1.3. Sifat mekanis serat “RZ”	42
4.1.4. Kekuatan geser antar muka serat-matrik (IFSS)	44
4.2. Sifat wettability serat “RZ”	49
4.3. Sifat mekanis komposit serat “RZ”	51
4.3.1. Kekuatan tarik komposit serat daun “RZ” – epoxy ...	51
4.3.2. Kekuatan bending komposit serat daun “RZ” – epoxy	55
4.3.3. Kekuatan impak komposit serat daun “RZ” – epoxy	57
4.3.4. Fraksi volume serat berdasarkan ROM	59

BAB V . KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan beberapa sifat fisik dari serat alam dan sintetis	12
Tabel 3.1	Ukuran specimen pengujian tarik Type I ASTM D 638	32
Tabel 4.1	Sifat fisik serat tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH ...	40
Tabel 4.2	Sifat mekanis serat daun “RZ”	42
Tabel 4.3	Prosentase hasil uji <i>pull-out</i> serat-epoksi	45
Tabel 4.4	IFSS berdasarkan panjang kritis serat	48
Tabel 4.5	Hasil foto sudut kontak serat “RZ”	51
Tabel 4.6	Sifat mekanis komposit pengujian tarik	52
Tabel 4.7	Sifat bending komposit serat – epoksi	56
Tabel 4.8	Fraksi volume serat berdasarkan ROM	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komposisi komposit	10
Gambar 2.2	Klasifikasi serat alam sebagai penguat komposit	11
Gambar 2.3	Ilustrasi tegangan-regangan pada serat, matrik dan komposit dengan Arah sejajar serat dimana regangan kegagalan serat lebih besar daripada regangan kegagalan matrik	14
Gambar 2.4	Ilustrasi serat yang dikenai beban tarik	14
Gambar 2.5	Ilustrasi sudut kontak	18
Gambar 2.6	Tingkat <i>wettability</i> menurut ukuran sudut kontak	19
Gambar 2.7	Mekanisme uji <i>pull-out</i>	20
Gambar 3.1	Tanaman daun “RZ” (<i>Sansevieria Trifasciata Prain</i>)	24
Gambar 3.2	Proses ekstraksi serat daun “RZ”	25
Gambar 3.3	Pengukuran luas penampang serat daun “RZ”	27
Gambar 3.4	Standar Pengujian ASTM D 3379-75	28
Gambar 3.5	Pengukuran sudut kontak serat-matrik	29
Gambar 3.6	Model Pengujian Pull-Out	30
Gambar 3.7	Ilustrasi pembuatan komposit	31
Gambar 3.8	Spesimen Uji Tarik Standar ASTM D 638	32
Gambar 3.9	Konstruksi Uji Bending Standar ASTM D 790-20	33
Gambar 3.10	Standar pengujian Impak ASTM D 256	35

Gambar 3.11	Perangkat foto SEM	35
Gambar 4.1	Grafik prosentase perubahan kandungan air	38
Gambar 4.2	(a). Tipikal penampang serat daun “RZ”	39
	(b). Ilustrasi pengukuran luas penampang	39
Gambar 4.3	Foto SEM morfologi permukaan serat	41
Gambar 4.4	Struktur patahan serat setelah uji tarik	42
Gambar 4.5	Distribusi tegangan tarik serat daun “RZ”	43
Gambar 4.6	(a) <i>pull-out</i> pada serat tanpa perlakuan NaOH	49
	(b) model patahan uji <i>pull-out</i> pada serat dengan perlakuan NaOH ...	49
Gambar 4.7	Grafik distribusi <i>weibull</i> sudut kontak hasil pengujian	50
Gambar 4.8	Spesimen tarik sebelum dan sesudah putus	52
Gambar 4.9	Tipikal patahan komposit serat-epoxy	53
Gambar 4.10	Grafik tegangan-regangan patah komposit serat –epoksi	53
Gambar 4.11	Tipikal patahan komposit	54
Gambar 4.12	Perubahan warna sebelum dan sesudah perlakuan NaOH	55
Gambar 4.13	Bentuk patahan komposit serat daun “RZ”	55
Gambar 4.14	Pengujian Bending komposit serat-epoxy	56
Gambar 4.15	Stuktur patahan uji bending	57
Gambar 4.16	Grafik kekuatan impak dan patahan hasil uji impak	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil taksonomi tumbuhan
Lampiran 2	Hasil uji densitas serat
Lampiran 3	Hasil uji kadar air serat
Lampiran 4	Hasil uji tarik komposit yang diperkuat serat daun “RZ”
Lampiran 5	Hasil uji bending
Lampiran 6	Hasil uji impak

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	Luas penampang serat (mm^2)
b	=	Lebar penampang komposit (mm)
E	=	Modulus elastis komposit (GPa)
F	=	Gaya tarik serat (N)
h	=	Tinggi penampang komposit (mm)
L	=	Jarak tumpuan (mm)
l	=	Panjang serat (mm)
lc	=	Panjang kritis serat (mm)
Mc	=	<i>Moisture content</i> (%)
Mfa	=	Berat serat di udara (gr)
Mfb	=	Berat serat di air (gr)
m	=	slope pada awal kurva beban-perpanjangan membentuk garis lurus. (N/mm)
v	=	Fraksi volume serat (%)
W	=	Beban (kg)
Wa	=	Berat awal serat sebelum dipanaskan (gr)
Wb	=	berat akhir serat setelah dipanaskan (gr)
α	=	Parameter skala
β	=	Parameter bentuk
ϵ	=	regangan (%)

ρ_f = Densitas serat (gr/cm^3)

ρ_s = Densitas larutan (gr/cm^3)

θ = Sudut kontak ($^\circ$)

Γ = Fungsi gamma

γ_{lv} = Tegangan permukaan cairan, mJ/m^2

γ_{sl} = Tegangan lapisan efektif dari *interface solid-liquid*

γ_{sv} = Tegangan lapisan efektif dari *interface solid-vapour*
interfacial energy, mJ/m^2

Δl = Penambahan panjang serat, mm

τ = Tegangan geser antar muka (MPa)

σ = tegangan tarik komposit (MPa)

σ_f = tegangan tarik serat (MPa)

INTISARI

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki potensi serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*) sebagai usaha menemukan jenis serat baru untuk bahan penguat komposit yang memiliki kekuatan tinggi dan ringan. Pengaruh perlakuan dan tanpa perlakuan NaOH diselidiki untuk mengetahui sifat mekanis, diameter dan IFSS. Densitas serat daun “RZ” $0,944 \text{ gr/cm}^3$ untuk serat tanpa perlakuan kimia, sedang densitas dengan perlakuan sebesar $0,826 \text{ gr/cm}^3$. Luas permukaan serat tanpa perlakuan kimia $0,00353 \pm 0,00131 \text{ mm}^2$ sedangkan dimensi serat yang mengalami perendaman NaOH 1 % memiliki luasan $0,00231 \pm 0,00069 \text{ mm}^2$. Begitu juga dengan kekuatan tarik dan modulus elastisitas serat tanpa perendaman NaOH sebesar $939 \pm 319 \text{ Mpa}$ dan $26 \pm 4 \text{ GPa}$, sedang serat dengan perendaman NaOH 1% dengan lama perendaman 3 jam berturut-turut sebesar $1112 \pm 334 \text{ MPa}$ dan $48 \pm 11 \text{ GPa}$.

Perlakuan NaOH 1 % memberikan efek peningkatan pada sifat mekanis serat dan ikatan serat-matrik. Panjang kritis serat (l_c) dan kekuatan antar muka serat - matrik (IFSS) sebesar 1,75 mm dan 13,18 MPa untuk serat tanpa perlakuan. Sedangkan serat dengan perendaman NaOH 1% selama 3 jam memberikan panjang kritis dan IFSS sebesar 0,75 mm dan 18,92 MPa.

Pengujian sifat mekanis material komposit serat daun “RZ” dengan fraksi volume 15 %, 30% dan 40% dilakukan untuk mengetahui sifat tarik, bending dan impact. Kekuatan tarik, modulus elastisitas dan regangan patah berturut-turut sebesar $150,67 \pm 2,94 \text{ MPa}$, $6,15 \pm 0,27 \text{ GPa}$ dan $3,2 \pm 0,07\%$ pada fraksi volume serat 40%. Pada fraksi volume yang sama, kekuatan bending dan modulus bending sebesar $117,96 \pm 4,27 \text{ MPa}$ dan $17,42 \pm 1,67 \text{ GPa}$. Sedangkan ketangguhan komposit menerima beban impact sebesar $94,2 \pm 5,5 \text{ kJ/m}^2$.

Berdasarkan karakteristik serat dan sifat mekanis komposit, maka serat daun “RZ” merupakan salah satu alternatif jenis serat baru yang berpotensi sebagai bahan penguat komposit berbasis serat alam.

Kata kunci : Serat daun “RZ”, perlakuan kimia, sifat mekanis dan IFSS.

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the potential of the leaf fibers "RZ" (*Sansevieria trifasciata Prain*) to find new kinds of fibers for composite reinforcement material that has high specific strength. Effect of NaOH treatment and untreatment on mechanical properties, cross-section area and interfacial shear stress (IFSS) was investigated. The leaf fiber density is $0.944 \text{ gr} / \text{cm}^3$ and $0,826 \text{ gr/cm}^3$ for untreatment and treatment, respectively. The average cross-section area of the untreated fibers is $0.00353 \pm 0.00131 \text{ mm}^2$ while that of the fibers treated NaOH 1% is $0.00231 \pm 0.00069 \text{ mm}^2$. The mechanical properties including tensile strength and modulus of elasticity of the untreated fibers are $939 \pm 319 \text{ MPa}$ and $26 \pm 7 \text{ GPa}$ respectively. Whilst the fibers treated is $1112 \pm 334 \text{ MPa}$ and $48 \pm 11 \text{ GPa}$ respectively for 3 hours treatment of 1% NaOH.

Treatment of fibers with NaOH treatment has been found to be efficient in improving the mechanical properties and fiber-matrix adhesion. The critical length of fibers (l_c) and interfacial shear stress (IFSS) is 1,75 mm and 13,18 MPa for untreated fibers. Whilst the fibers treated NaOH 1% for 3 hours, critical length of fibre (l_c) and interfacial shear stress (IFSS) is 0,75 mm and 18,92 MPa.

"RZ" leaf fiber composite materials were prepared with a 15%, 30% and 40% fiber content and the tensile, flexure and impact was tested. The tensile strength, modulus of elasticity and strain at fracture is $150,67 \pm 2,94 \text{ MPa}$, $6,15 \pm 0,27 \text{ GPa}$ and $3,2 \pm 0,07\%$ respectively for 40 % fibers content. At the same content of fibers, flexural strength and modulus of flexure is $117,96 \pm 4,27 \text{ MPa}$ and $17,42 \pm 1,67 \text{ GPa}$ respectively. Whilst the toughness is $94,2 \pm 5,5 \text{ kJ/m}^2$.

Based on characterization of fibers and composite properties, the "RZ" leaf fiber is one of new kinds of fibers for composite reinforcement based on natural fiber.

Key words: *Fiber leaf "RZ", chemical treatment, mechanical properties and IFSS.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Trend perkembangan penggunaan komposit berpenguat serat alam terus meningkat seiring dengan perkembangan material teknik dewasa ini. Arah penemuan dan eksploitasi bahan-bahan alam atau biomaterial berbasis selulosa yang memiliki aspek menguntungkan baik dari segi teknologi, ekonomi maupun lingkungan terus dikembangkan. Hal ini sebagai upaya untuk mengurangi bahkan “tidak lagi” menggunakan serat sintetis sebagai penguat bahan komposit yang cenderung merusak lingkungan dan mengubah iklim global.

Peningkatan penggunaan material berbasis serat alam yang dapat diperbaharui adalah salah satu isu penting untuk mengurangi pemakaian material komposit berbasis serat sintetis. Dimana penggunaan serat sintetis dapat merusak lingkungan dan membawa pada perubahan iklim secara global. Sebagai alasan, komponen dengan bahan yang diperkuat serat alam dapat diuraikan oleh bakteri (*biodegradability*) sehingga dapat menyelamatkan lingkungan dari pencemaran. Untuk itu upaya terus dilakukan sebagai usaha pengembangan bahan komposit yang dapat diuraikan secara alami (*biocomposites*) (Avérous dan Digabel, 2006). Pertimbangan lain penggunaan serat alam adalah sumber yang melimpah, variasi serat, biaya rendah, density rendah, spesifik kekuatan dan modulus yang tinggi (Joseph dkk, 1999).

Pemanfaatan serat alam sebagai bahan komposit terus dikembangkan oleh para peneliti, mulai dari serat sisal, ramie, abaca, pineapple, hemp dan lain-lain. Penelitian yang sedang dan akan dilakukan secara terus-menerus tidak hanya untuk meningkatkan performa dan aplikasi yang luas, tapi juga untuk menemukan jenis serat alam lain yang belum teridentifikasi. Indonesia sebagai negara agraris yang penuh dengan kekayaan alam memiliki potensi yang sangat besar untuk menghasilkan jenis serat baru yang dapat disandingkan dengan serat yang telah ada bahkan dapat menyamai dengan serat sintetis. Hal ini sangat beralasan karena beberapa serat alam yang banyak digunakan dalam industri saat ini berasal dari tanaman Indonesia seperti *Flax*, *Rosella* dan *Ramie* (Taj dkk, 2007). Sudah sewajarnya jika dilakukan eksplorasi secara berkelanjutan terhadap tanaman yang tumbuh di Indonesia untuk mendapatkan serat sebagai bahan komposit, sehingga menambah ketersediaan bahan serat untuk keperluan bahan-bahan teknik berbasis serat alam. Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian mendasar perlu dilakukan pada berbagai jenis tanaman untuk mengetahui karakteristik serat yang akan digunakan sebagai bahan penguat komposit sehingga menghasilkan komposit serat alam yang bermutu tinggi.

Konon, tanaman bunga *Sansevieria* dijadikan oleh tentara Amerika sebagai tali untuk menarik tank yang terjebak di lautan pasir. Tanaman bunga dari keluarga *Sansevieria* atau lidah mertua adalah salah satu tanaman bunga yang berpotensi sebagai bahan komposit. Selain mudah dan cepat dalam pembudidayaan, kekuatan tarik serat tunggal dan kemampuan menyerap matrik sebagai pengikat adalah

pertimbangan utama dalam pemilihan bahan serat sebagai bahan komposit. Kekuatan tarik serat sangat tergantung dari kandungannya yang secara langsung dipengaruhi oleh alam dimana tanaman tersebut tumbuh, sedangkan kemampuan ikatan antara serat dan matrik bahan komposit dapat ditingkatkan melalui perlakuan awal serat (Bledzki dkk, 1999; Vilaseca dkk, 2007; Mwaikambo dkk, 2006).

Serat daun “RZ” yang merupakan tanaman dari genus *Sansevieria* adalah salah satu jenis tanaman yang perlu diteliti mengingat tanaman ini mudah untuk dibudidayakan dan memiliki potensi yang sangat baik sebagai penguat komposit berbasis serat alam. Penelitian ini akan difokuskan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis serat tunggal tanpa mengalami perlakuan kimia dan serat yang mendapatkan perlakuan kimia. Disamping pengujian serat tunggal, penelitian ini juga akan menyelidiki pengaruh fraksi volume serat pada serat tanpa perlakuan kimia terhadap sifat mekanis komposit. Dari hasil penelitian ini diharapkan serat daun “RZ” merupakan salah satu jenis serat yang dapat disandingkan dengan jenis serat lainnya sebagai bahan penguat komposit. Selain itu, bahan komposit yang dihasilkan akan memiliki sifat yang ringan dan kuat sehingga dapat memberikan alternatif yang lebih luas pada material komposit berbasis serat alam.

1.2. Rumusan Masalah

Latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas merupakan dasar perlunya diadakan penelitian ini. Secara khusus permasalahan tersebut dituangkan dalam rumusan masalah berikut :

1. Apakah serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*) dapat dijadikan bahan penguat komposit?
2. Dengan melakukan karakterisasi pada permukaan serat, mampukah serat memberikan efek penguatan pada ikatan serat dan matrik?
3. Apakah komposit yang diperkuat serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*) dapat diaplikasikan sebagai bahan teknik?

1.3. Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah menyelidiki secara eksperimental pada serat daun “RZ” sebagai bahan komposit berbasis serat alam. Untuk mengukur tujuan tersebut, maka secara khusus ditetapkan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*).
2. Mempelajari pengaruh perlakuan kimia pada permukaan serat terhadap sifat *wettability*.
3. Mengetahui sifat mekanis komposit yang diperkuat serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*).

1.4. Asumsi dan Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat menjawab permasalahan yang telah dirumuskan dan tidak memperlebar ruang lingkup bahasan, maka ditetapkan asumsi dan batasan masalah sebagai berikut:

1. Diasumsikan serat yang digunakan dalam penelitian ini memiliki karakteristik yang sama.
2. Pengujian sifat mekanik komposit difokuskan pada pengujian tarik, bending, dan impak.
3. Pengujian komposit hanya dilakukan pada serat yang tidak mengalami perlakuan kimia.
4. Pengamatan dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)* hanya untuk mengetahui/mengamati jenis patahan yang terjadi antara serat dan matrik pengikatnya.

1.5. Keaslian

Penelitian tentang komposit yang diperkuat serat daun *Sansevieria* belum banyak dilakukan. Munawar dkk (2007) melakukan karakterisasi pada tanaman serat non kayu termasuk serat *Sansevieria*. Dimana penelitian tersebut menyimpulkan bahwa serat daun *Sansevieria* memiliki diameter serat, densitas, kekuatan tarik, dan modulus elastisitas berturut-turut sebesar $0,088 \pm 0,004$ mm, 890 kg/m^3 , $562 \pm 36 \text{ N/mm}^2$, dan $14,4 \pm 0,9 \text{ kN/mm}^2$.

Informasi penelitian lebih lanjut serat *Sansevieria* seperti pengaruh perlakuan awal terhadap sifat mekanis serat tunggal dan sifat mekanis komposit belum dipublikasikan. Penelitian ini menggunakan bahan serat dari species *Sansevieria Trifasciata Prain*, namun memiliki family yang sama seperti yang digunakan oleh Munawar dkk (2007) dan Sreenivasan dkk (2010). Untuk itu sebagai acuan untuk

menentukan keaslian penelitian ini akan menggunakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Munawar dkk (2007) dan Sreenivasan dkk (2010) sebagai pembandingan.

1.6. Manfaat Penelitian

Hasil akhir yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan sifat mekanis serat tunggal maupun bahan komposit yang baik agar dapat disejajarkan dengan serat yang telah ada terutama jenis serat serupa seperti serat sisal, pineapple, dan abaca. Hal ini penting untuk menambah ketersediaan serat sebagai alternative pemakaian bahan komposit berbasis serat alam. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan nilai ekonomi pada tanaman hias.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan tentang serat alam disimpulkan bahwa serat yang berasal dari alam dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan komposit, tetapi tidak semua sifat-sifat komposit dapat ditingkatkan sifat mekanisnya disebabkan serat yang berasal dari alam memiliki karakteristik yang berbeda (Ali, 2009). Kualitas sifat fisis dan mekanis serat alam tergantung dari tempat dimana tanaman yang mengandung serat tersebut tumbuh, lokasi geografis, komposisi kimia dan umur (Joseph dkk, 1999; Singha dkk, 2008; Thygesen dkk, 2008).

Tanaman hias *Sansevieria* yang memiliki banyak jenis merupakan salah satu sumber serat alam yang berpotensi untuk dijadikan penguat pada komposit. Penelitian yang dilakukan oleh Munawar dkk (2007), menyimpulkan bahwa serat *Sansevieria*, Ramie, dan Nenas memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas lebih tinggi dibanding dengan jenis serat yang lain.

Salah satu masalah utama pada penggunaan serat alam sebagai bahan komposit adalah sangat peka terjadinya pengembunan (*moisture sensivity*) di permukaan serat yang mengakibatkan dapat mereduksi sifat mekanisnya. Penurunan sifat mekanis ini akan mengakibatkan ikatan antar muka (*interfacial bonding*) kurang

baik antara serat dan matrik (Taj dkk, 2007). Pada dasarnya sifat mekanis serat alam memiliki karakteristik tersendiri tergantung dari komposisi fisik dan kimia seperti struktur serat, selulosa, sudut fibril, penampang serat dan derajat polimerisasi. Beberapa karakteristik tersebut, struktur serat dapat dimodifikasi dengan proses alkali atau asetilasi agar sifat mekanisnya dapat dibandingkan dengan komposit yang diperkuat dengan serat sintetis (Bledzki dan Gassan, 1999). Berkaitan dengan pernyataan tersebut, beberapa penelitian yang berkaitan dengan perlakuan kimia pada serat menyimpulkan bahwa kekuatan komposit yang diperkuat serat alam akan meningkat sifat mekanisnya bila serat yang digunakan telah mengalami perlakuan kimia seperti perendaman NaOH (Goda dkk, 2005; Mwaikambo dkk, 2006; Vilaseca dkk, 2007). Penelitian tentang serat daun seperti sisal dan nenas (*pineapple*) memberikan kesimpulan yang sama tentang perlakuan kimia pada serat, seperti yang dilakukan oleh Mukherjee dkk (1986) dan Mwaikambo dkk (2006). Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kualitas ikatan serat dengan matrik akan meningkat dengan memberikan perlakuan awal seperti perendaman NaOH sekitar 1 %.

Dalam material komposit, ikatan antara serat dan matrik akan berpengaruh pada sifat mekanisnya, dimana karakteristiknya melibatkan kemampuan basah serat (*Wettability*) (de Velde dkk, 1999). Parameter *wettability* antara lain ditentukan dengan sudut kontak yang terbentuk antara matrik dan permukaan serat serta ikatan antar muka (*Interfacial bonding*).

Informasi tentang ikatan antar muka (*interfacial bonding*) antara serat dan

matriks merupakan hal yang sangat penting untuk material komposit karena sangat berpengaruh terhadap sifat mekaniknya dimana *interface* yang lemah menyebabkan komposit mudah rusak dan kekuatan gesernya menjadi rendah (Clyne dan Jones, 2001). Pernyataan ini diperkuat lagi oleh Konte (2006) yang menjelaskan bahwa semua perlakuan awal (*pre-treatment*) terhadap serat alam bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, menguatkan sifat komposit dengan meningkatkan kekuatan *interfacial*, menurunkan daya serap air dan meningkatkan keseragaman serat alam. Selain itu perlakuan kimia pada serat juga dapat mengakibatkan berhentinya proses *moisture absorption*, membersihkan dan mengubah topografi permukaan serat, meningkatkan kekerasan permukaan serat sehingga dapat meningkatkan daya ikat *interfacial* antara serat dan matriks. Topografi permukaan serat yang kasar tersebut akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matriks.

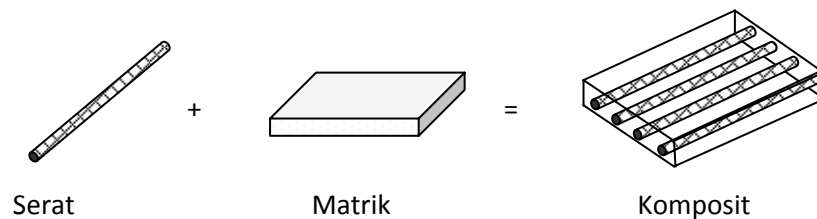
Dari penelitian-penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa ikatan antar muka (*interfacial bonding*) antara serat dan matrik akan meningkat dengan melakukan karakterisasi serat seperti perlakuan kimia sehingga sifat mekanis komposit akan semakin tinggi. Kesimpulan tersebut tidak sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Murillo dan Ansell (2009) yang melakukan penelitian pada serat daun *henequen* (*Agave fourcroydes*). Murillo dan Ansell menyimpulkan bahwa perlakuan kimia (NaOH) pada permukaan serat *henequen* tidak mempengaruhi ikatan serat dan matrik resin sehingga sifat mekanis komposit memiliki harga yang relatif sama di banding dengan komposit yang menggunakan serat tanpa perlakuan.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Murillo dan Ansell (2009) dan penelitian lain yang berkaitan dengan perlakuan kimia pada serat alam, dapat disimpulkan bahwa tidak semua jenis serat alam sebagai bahan penguat komposit akan meningkatkan kualitas ikatannya bila mendapat perlakuan kimia. Hal ini tergantung pada sifat fisik dan mekanis tanaman serat itu sendiri.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pengertian Material Komposit

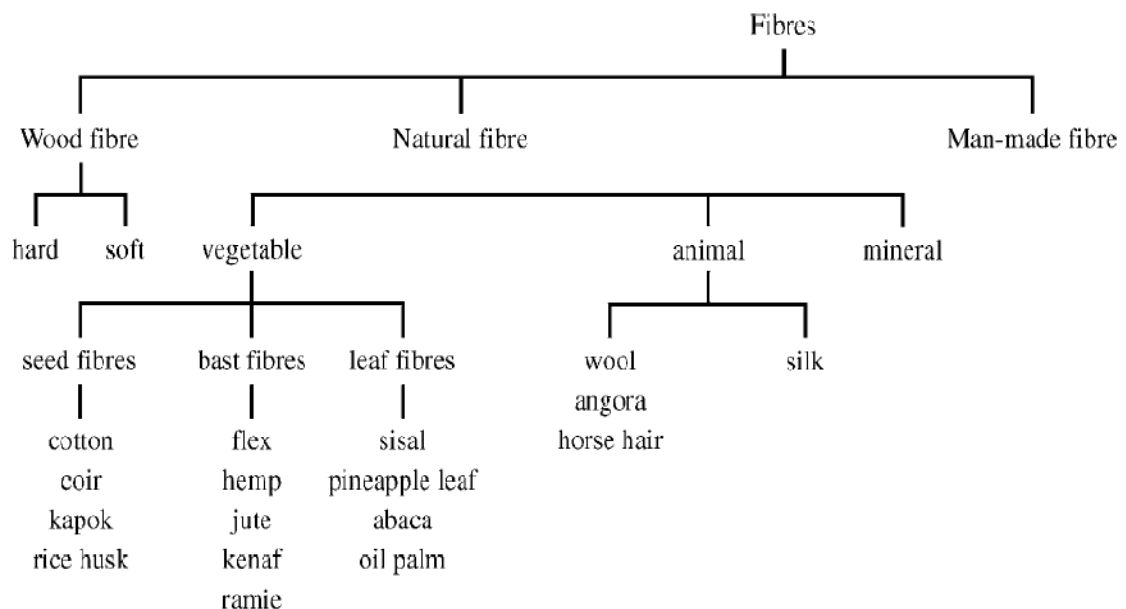
Material komposit bisa didefinisikan sebagai suatu material yang merupakan campuran atau gabungan dua atau lebih penyusun yang berbeda dalam bentuk dan komposisi, di mana mereka tidak saling melarutkan. Matrik merupakan *body constituent* yang memberi bentuk pada komposit, sedangkan serat, partikel, lamina, flakes dan filler merupakan *structural constituent* yang menentukan internal struktur dari komposit (Schwartz, 1984). Sementara menurut Akovali (2001) komposit secara umum digambarkan sebagai kombinasi dua atau lebih komponen yang berbeda, Komposisi komposit dapat dilihat pada skema di gambar 2.1 di bawah ini



Gambar 2.1. komposisi komposit (van Rijswijk, 2002)

2.2.2. Serat Alam sebagai Penguat Komposit

Terdapat tiga komponen penting dalam komposit yaitu matrik (*thermoset* dan *thermoplastic*), *reinforcement* (serat, *filament*, *flakes*, *lamina*, *filler*) dan zat penggabung atau *coupling agent* (misalnya *silane*, *MMA*) untuk optimasi *interface*. Syarat *reinforcement* menurut Matthews (1994) adalah mempunyai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan matrik sehingga mampu berfungsi sebagai penahan beban. Secara umum klasifikasi serat alam sebagai penguat komposit dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Klasifikasi serat alam sebagai penguat komposit

(Bledzi dkk, 2002)

Kualitas dan sifat dari serat tergantung dari beberapa faktor seperti ukuran, kematangan (umur) dan proses/metode yang digunakan untuk mengekstrak serat (Mohanty dkk, 2001). Disimpulkan juga bahwa densitas,

electrical resistivity, kekuatan tarik dan *initial modulus* sangat berkaitan dengan struktur internal dan kandungan kimia dari serat.

Semua serat alam memiliki sifat yang sangat mampu menyerap air dari

Tabel 2.1 Perbandingan beberapa sifat fisik serat alam dan sintetis

(Mohanty dkk, 2005).

Fiber	Diameter Range (mm)	Density (g/cm ³)	Elongation at Break (%)	Tensile Strength (MPa)	Young's Modulus (GPa)
Cotton	12–38	1.5	7.0–8.0	287–597	5.5–12.6
Jute	10–25	1.3	1.5–1.8	393–773	26.5
Flax	5–38	1.5	2.7–3.2	345–1035	27.6
Hemp	10–51	1.4	1.6	690	35
Sisal	8–41	1.5	2.0–2.5	511–635	9.4–22.0
Coir		1.2	30.0	175	4–6
Bamboo		0.8	—	391–1000	48–89
Soft wood		1.5	—	1000	40
Pineapple		—	1.6	413–1627	34.5–82.5
Ramie	11–80	1.5	3.6–3.8	400–938	61.4–128.0
E-glass	10	2.5	2.5	2000–3500	70
S-glass	10	2.5	2.8	4570	86
Aramid (normal)	12	1.4	3.3–3.7	3000–3150	63–67
Carbon (standard)	7–10	1.4	1.4–1.8	4000	230–240

lingkungan bebas yang disebut sifat *hydrophilic*. Kandungan air yang tinggi dapat menurunkan daya rekat dengan matrik polimer yang bersifat *hydrophobic* (Marsyahyo dkk, 2009). Untuk meng-optimalkan kandungan serat serendah mungkin dapat mengacu pada standar ASTM D 629, yaitu dengan memanaskan di dalam oven selama satu jam pada temperatur 110 °C. Kandungan air (*moisture content*) tersebut kemudian dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_c = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100\% \quad (2.1)$$

dimana :

MC = *moisture content*, (%)

W_a = berat awal serat sebelum dipanaskan (gr)

W_b = berat akhir serat setelah dipanaskan (gr)

2.3. Pengukuran Densitas

Densitas curah dari serat dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip Archimedes. Densitas serat kemudian dapat dihitung dengan persamaan.

$$\rho_f = \rho_s \frac{M_{fa}}{M_{fa} - M_{fb}} \quad (2.2)$$

Dimana : ρ_f = densitas serat (gr/cm³)

ρ_s = densitas larutan (gr/cm³)

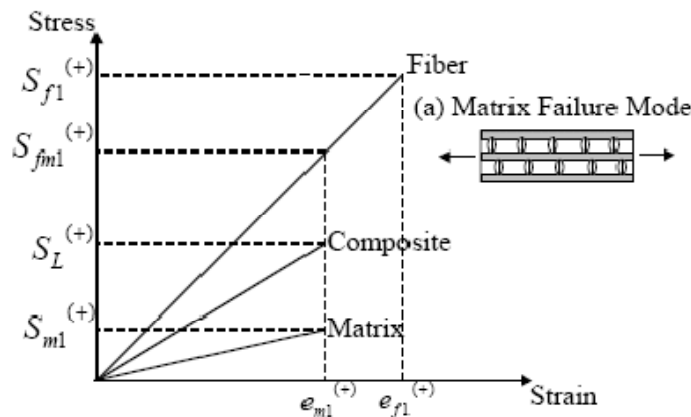
M_{fa} = berat serat di udara (gr)

M_{fs} = berat serat setelah dicelupkan dalam larutan (gr)

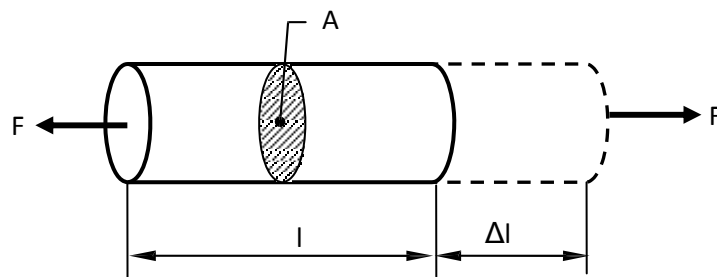
2.4. Kekuatan Tarik dan Regangan Serat Tunggal.

Serat yang berfungsi sebagai media penguat harus memiliki kekuatan tarik lebih tinggi daripada matrik dan komposit yang dibuat. Gambar 2.3 di bawah

ini menunjukkan desain komposit dengan penguatan serat panjang yang diaplikasikan searah dengan orientasi serat longitudinal serta arah beban aksial. Sementara teori yang digunakan untuk menjelaskan kekuatan bahan dan kekakuan serat dapat ditunjukkan secara sederhana pada gambar 2.4 yang menggambarkan sebuah spesimen serat berbentuk silinder dengan luas penampang melintang A dengan beban tarik P



Gambar 2.3. Ilustrasi tegangan-regangan pada serat, matrik dan komposit dengan arah beban sejajar serat dimana regangan kegagalan serat lebih besar daripada regangan kegagalan matriks (Gibson, 1994)



Gambar 2.4. Ilustrasi serat yang dikenai beban tarik
(Vassiliev dan Morozov, 2001)

Harga kekuatan tarik dari spesimen uji tarik proporsional terhadap luas penampang melintang dihitung melalui persamaan dasar tegangan maksimum pada persamaan :

$$\sigma_f = \frac{P}{A} \quad (2.3)$$

di mana: σ_f = tegangan tarik maksimum (MPa)

P = beban tarik (N)

A = luas penampang serat rata-rata (mm²)

Selain kekuatan tarik, ketahanan deformasi bahan juga dapat dievaluasi dari perpanjangan silinder Δl akibat penambahan beban tarik yang dikenakan pada bahan. Deformasi per unit panjang dari bahan akibat pengaruh tekanan dihitung berdasarkan persamaan regangan bahan yang ditunjukkan pada persamaan:

$$\varepsilon_f = \frac{\Delta l}{l} \times 100 \% \quad (2.4)$$

di mana: ε_f = regangan bahan, %

Δl = penambahan panjang serat, mm

l = panjang mula-mula serat sebelum ditarik, mm

Karena harga regangan relatif kecil maka dikalikan dengan 100 yang diekspresikan dalam persen (%).

Modulus elastisitas serat dapat dihitung dengan perbandingan tegangan terhadap perpanjangan pada daerah elastis (Vassiliev dan Morozov, 2001) dan

ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$E_f = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (MPa) \quad \text{atau} \quad E_f = \frac{\sigma}{1000 \cdot \varepsilon} \quad (GPa) \quad (2.5)$$

dimana: E_f = modulus elastisitas serat (MPa) atau (GPa)

σ = tegangan tarik maksimum (MPa)

ε = regangan

Modulus elastisitas merupakan interpretasi dari tegangan yang menyebabkan penambahan panjang dari bahan. Pada umumnya bahan akan mengalami gagal atau patah sebelum harga perpanjangan melebihi ukuran panjang mula-mula, sehingga harga modulus bahan selalu jauh lebih besar dibandingkan dengan harga tegangan maksimumnya.

2.5. Ikatan *Interface* Antar Serat dan Matrik pada Komposit

Penampilan dan stabilitas pada material komposit yang diperkuat serat tergantung pada pengembangan ikatan antar-muka antara serat dan matrik. Pada komposit yang diperkuat serat alam memiliki kelemahan ikatan antar-muka antara *hydrophilic cellulose* serat dan *hydrophobic* resin yang menyebabkan ketidaksesuaian pada ikatannya (Mwaikambo dkk, 1999). Tingginya daya serap air dan uap air dari *cellulose* serat menyebabkan penggelembungan (*swelling*) dan pengaruh plastis sehingga menghasilkan ketidakstabilan pada ukuran dan rendahnya sifat mekanis. Tumbuhan penghasil serat juga mudah terserang hama mikro-biologi yang dapat melemahkan serat dan menyebabkan serat tidak mampu

memberikan fungsi penguatan (Bisanda dan Ansell, 1992).

Material yang ideal untuk matrik seharusnya mempunyai karakteristik seperti berbentuk cairan dengan viskositas rendah, mudah berubah menjadi padatan yang tangguh dan mampu mengikat serat dengan baik. Menurut Vassiliev dan Morozov (2001), matrik memberikan bentuk akhir dari komposit dan menentukan parameter dalam proses manufaktur. Kekakuan matrik harus sesuai dengan kekakuan serat dan mampu memberikan beban yang seragam pada serat. Matrik harus mampu mendistribusikan beban dari serat ke serat, serat menuju matrik dan sebaliknya. Selain itu matrik yang berfungsi sebagai perekat serat harus memiliki daya rekat optimal. Menurut Vassiliev dan Morozov (2001) adhesi yang optimal antara serat matrik dapat dicapai dengan syarat:

- a. Cairan matrik harus mempunyai viskositas yang rendah sehingga mampu melakukan penetrasi ke dalam pori-pori serat.
- b. Permukaan serat harus mempunyai *wettability* yang baik dengan matrik.
- c. Matrik tidak memerlukan temperatur dan tekanan tinggi.

2.6. Perlakuan Awal (*Pre-Treatment*) Terhadap Serat Alam.

Semua perlakuan yang diberikan terhadap serat alam penguat komposit bertujuan sebagai berikut (Korte, 2006):

- a) Meningkatkan sifat mekanis;
- b) Memperkuat sifat komposit dengan meningkatnya kekuatan antar-muka;

- c) Menurunkan daya serap air; dan
- d) Meningkatkan keseragaman serat alam.

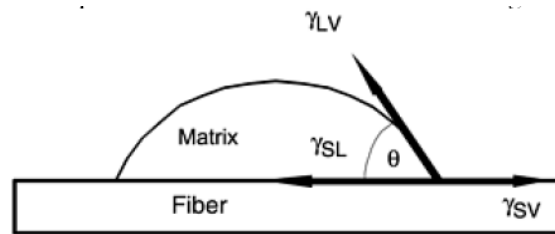
Peningkatan sifat mekanis sebagian besar didapatkan dengan membuang bagian sifat mekanis yang rendah seperti *wax*, *pectin*, *hemicelluloses* dan *lignin*. Pemberian perlakuan terhadap serat alam bertujuan menghilangkan kandungan *lignin*, *pectin*, lilin, minyak alami yang menutupi permukaan luar dari dinding serat. *Sodium hydroxide* (NaOH) adalah bahan kimia yang paling sering digunakan untuk merendam atau mencuci permukaan serat tumbuhan. Beberapa perlakuan lain juga difokuskan untuk memberikan kemudahan dalam mengekstrak serat dan meningkatkan sifat mekanis dengan merubah struktur fraksi *cellulose*.

2.7. Sudut Kontak

Dalam material komposit, sifat adhesi antara serat penguat dan matrik sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis material. Pengukuran terhadap energi permukaan memudahkan untuk memprediksi kecocokan dari material. Seringkali *interface* didapatkan dengan memodifikasi sifat kimia permukaan serat untuk mengoptimalkan sifat adhesi antara serat dan matrik. Hal ini juga dapat dikontrol dengan analisis energi permukaan.

Cara pengukuran kuantitatif yang melibatkan sudut kontak (θ) antara permukaan serat-matrik, yakni memberikan cairan yang ditempatkan di atas

permukaan padat. Seperti yang digambarkan pada Gambar 2.5 didefinisikan bahwa sudut kontak antara permukaan serat-matrik terbentuk oleh gaya normal dari permukaan padat (*solid*) dengan permukaan cairan (*liquid*). Hal ini menghasilkan sudut yang dibentuk oleh permukaan padat (*solid*) dan garis singgung terhadap permukaan cairan-gas (tergambar dalam *liquid*) sudut antara garis *solid-liquid* dan *liquid-vapor*.



Gambar 2.5 Ilustrasi sudut kontak

Secara matematika, hubungan antara sudut kontak dengan energi permukaan (γ'), dapat dijelaskan dengan persamaan Young.

$$\cos \theta = (\gamma_{sv} - \gamma_{sl}) / \gamma_{lv} \quad (2.6)$$

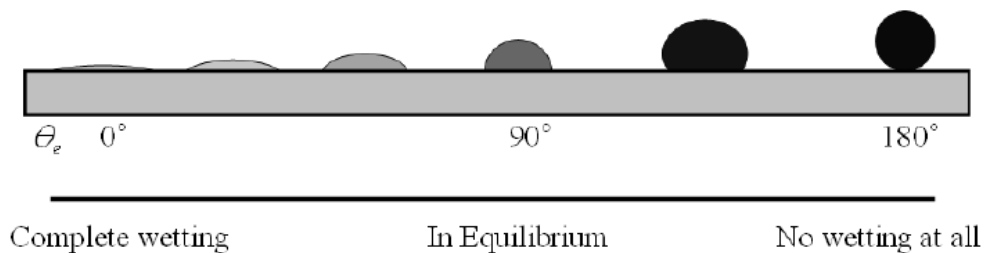
dimana:

γ_{sv} = tegangan lapisan efektif dari *interface solid-vapour* atau
solid/vapour interfacial energy, mJ/m²

γ_{sl} = tegangan lapisan efektif dari *interface solid-liquid* atau
solid/liquid interfacial energy, mJ/m²

γ_{lv} = tegangan permukaan cairan, mJ/m²

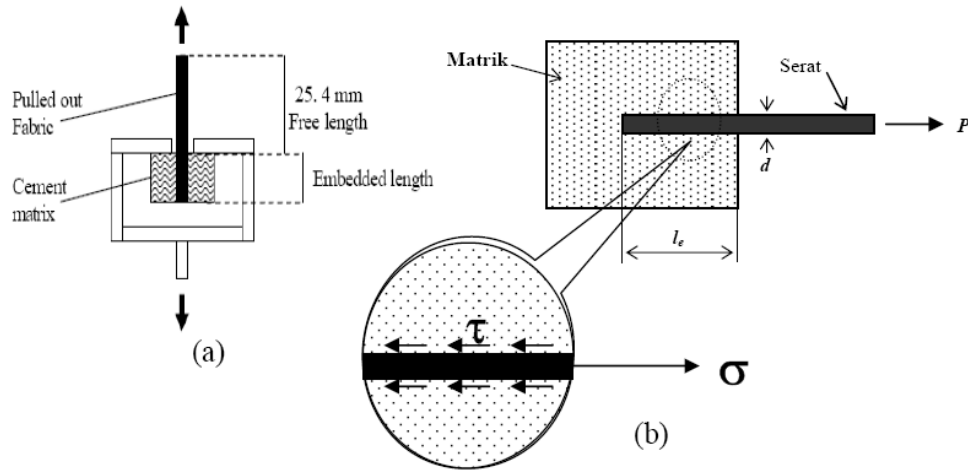
Semakin kecil sudut kontak *wettability* semakin baik, sehingga matrik sebagai media perekat serat harus memiliki kemampuan melapisi luasan permukaan serat secara optimal. Menurut Dorn (1994), sudut kontak untuk menghasilkan kemampuan basah optimal adalah tidak lebih dari 30° . Secara kuantitatif, *wettability* ditunjukkan oleh sudut kontak (θ) antara serat padat dan matrik cair dalam bentuk droplet.



Gambar 2.6. Tingkat *wettability* menurut ukuran sudut kontak (Lee, 2007)

2.8. Kekuatan Pull-Out Serat-Matrik

Kekuatan ikatan antar muka serat sangat berpengaruh terhadap kerja bahan komposit dengan penguatan serat. Hal ini disebabkan oleh terjadinya kombinasi *dissimilar* bahan penyusun komposit yang memiliki sifat mekanis dan kimia berbeda. Metode untuk menentukan kekuatan *interface* ditempuh antara lain melalui uji *microbond/pull-out*. Uji fragmentasi serat tunggal dan multi-serat serta uji *micro-indentation* (Marsyaho, 2009). Pengujian *pull-out* dilakukan untuk mendapatkan tegangan geser antar-muka antara serat dan matrik, serta memberi informasi perilaku kegagalan serat-matrik akibat kompatibilitas dua bahan yang rendah (gambar 2.7).



Gambar 2.7 Mekanisme uji *pull-out* (a) Spesimen uji *pull-out* serat tunggal dan (b) Keseimbangan gaya tarik dan geser *interfacial* antara permukaan serat dan matrik (Marsyahyo dkk, 2009)

Prosedur uji *pull-out* secara sederhana dapat dijelaskan dari gambar 2.7 (a), di mana serat tunggal ditanam di dalam matrik dengan kedalaman tanam sebesar l_x kemudian diberi beban tarik aksial sebesar P . Beban P diharapkan mampu mencabut serat yang tertanam dan diasumsikan tegangan geser di sepanjang permukaan serat tertanam adalah seragam.

Nilai tegangan geser antara matrik dan serat dapat dihitung dari besarnya beban yang digunakan untuk mencabut serat dari matrik dengan menggunakan persamaan 2.7.

$$\tau = \frac{F}{\pi d l_x} \quad (2.7)$$

Dimana:

τ = tegangan geser permukaan serat (MPa)

F = beban maksimum (N)

d = diameter fiber (mm)

l_x = panjang serat tertanam (mm)

Hasil uji *pull-out* dapat memberikan harga tegangan geser antar-muka serat matrik yang diyakini merupakan faktor penentu sifat ketangguhan dan kekuatan *interlaminar* komposit.

Panjang kritis serat merupakan indikator yang baik bagi kemampuan dari *interphase* untuk meneruskan beban diantara dua unsur. Dengan asumsi tegangan geser yang dialami permukaan serat adalah sama pada setiap titiknya, sehingga model Kelly-Tyson diperoleh persamaan :

$$\sigma_f = \frac{4}{d} \tau_y x \quad (2.8)$$

Dimana : σ_f = tegangan maksimum serat (MPa)

d = diameter serat (mm)

τ_y = tegangan geser antar muka (IFSS) (MPa)

x = panjang serat tertanam (mm)

Jika panjang kritis (l_c) = 2 x, maka persamaan 2.8 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\tau_y = \frac{\sigma_f \cdot d}{2 \cdot l_c} \quad (2.9)$$

2.9. Hipotesis.

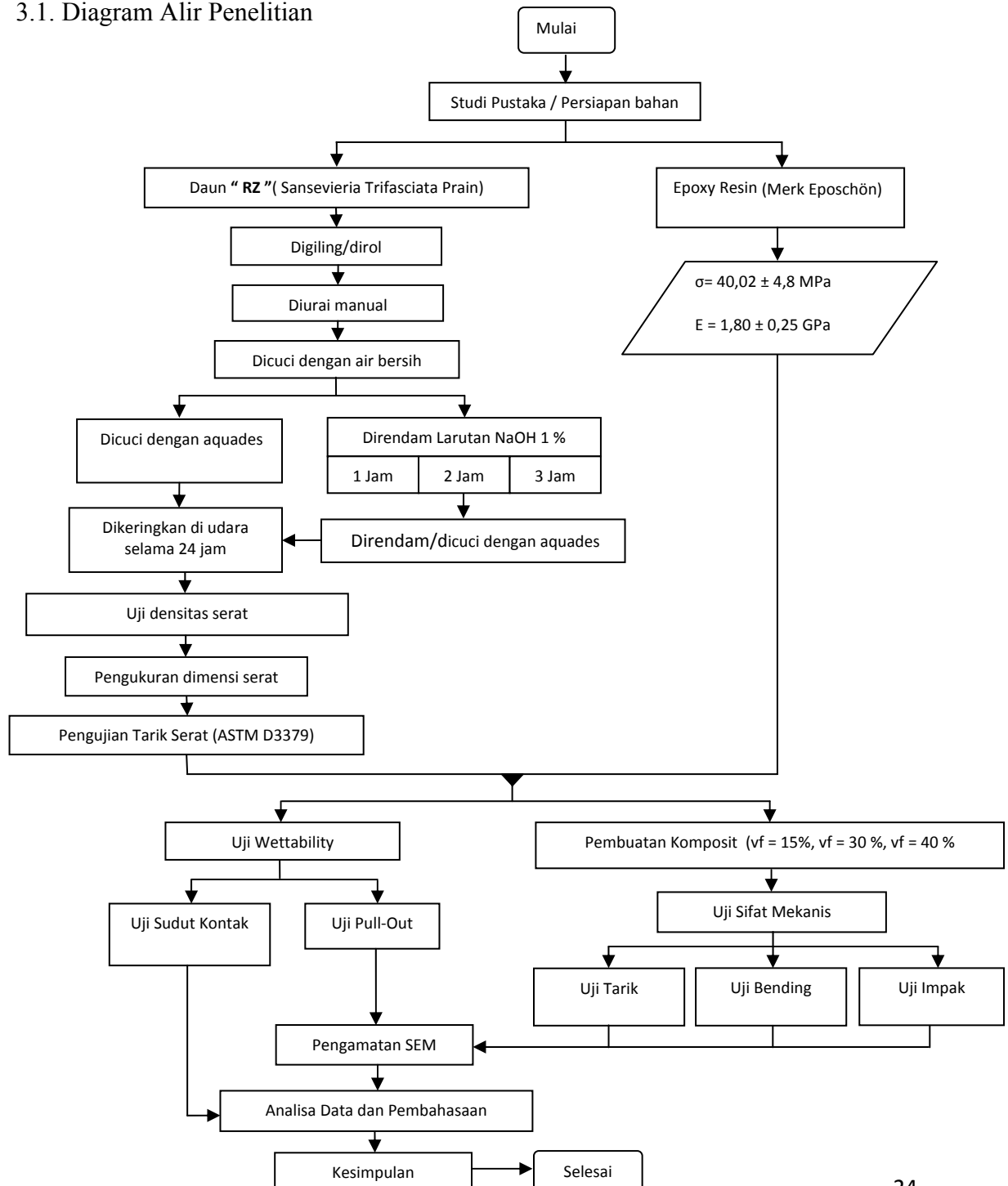
Berdasarkan rumusan masalah dan tinjauan pustaka, maka dapat disusun hipotesis sebagai berikut ;

1. Serat daun *Sansevieria* memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas lebih besar dibanding dengan jenis serat yang lain.
2. Perlakuan kimia akan mengubah karakteristik dan topografi permukaan serat sehingga mampu meningkatkan ikatan antara serat dan matrik.
3. Komposit yang diperkuat serat daun *Sansevieria* memiliki sifat mekanis yang baik dan dapat disejajarkan dengan komposit yang diperkuat serat alam lain.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



3.2. Penyiapan Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1. Bahan serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*).

Bahan utama penelitian ini adalah serat daun (*leaf fiber*) tanaman hias dari genus *Sansevieria* (gambar 3.1).



Gambar 3.1. Tanaman daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*).

Tanaman ini diambil dari Kabupaten Minahasa Propinsi Sulawesi Utara yang terletak ± 970 meter diatas permukaan laut. Tanaman ini belum banyak dibudidayakan orang sebagai tanaman hias karena termasuk jenis tanaman *Sansevieria* baru, namun tanaman ini cepat dan mudah untuk dibudidayakan. Daun dengan ketinggian mulai dari ± 30 cm di atas permukaan tanah dipotong untuk diekstrak seratnya. Serat diperoleh dengan mengurai tanpa menggunakan peralatan khusus. Daun serat “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*) digiling (dirol) dengan mesin rol atau benda silindris (pipa galvanis, PVC atau benda lain) kemudian serat dipisahkan secara manual dan dicuci dengan air. Setelah terpisah, serat dicuci dengan air bersih kemudian ditiriskan di temperatur kamar selama 24 jam. Selanjutnya serat dicuci lagi dengan air destilasi dan ditiriskan pada suhu kamar selama 24 jam. Untuk karakterisasi serat,

Gambar 3.2. Proses ekstraksi serat daun “RZ”

serat yang telah dicuci dengan air bersih direndam dengan larutan NaOH 1 % selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam kemudian serat dinetralkan dari efek NaOH dengan perendaman menggunakan air destilasi. Perendaman dilakukan selama 3 jam dengan selang waktu 30 menit air diganti, kemudian serat ditiriskan hingga kering selama 24 jam pada suhu ruangan.

3.2.2. Bahan matrik

Untuk bahan matrik menggunakan polimer termoset *epoxy-resin* merek *EposchÖn* yang dipasarkan oleh PT. Justus Kimiaraya. Bahan matrik ini memiliki sifat mekanis seperti kekuatan tarik, modulus elastisitas dan regangan berturut-turut 42,02 MPa, 1,80 GPa dan 2,80 % (Sri Chandrabakty, 2009).

3.2.3. Alat penelitian

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan sebagai berikut :

1. Timbangan digital, digunakan untuk mengukur densitas serat dan fraksi volume serat.

2. Alat cetakan, digunakan untuk mencetak material komposit.
3. Alat uji serat merek *person parke* dengan kapasitas 300 N, digunakan untuk menguji kekuatan tarik serat tunggal dan pengujian *Pull-Out*.
4. Dial indicator dengan ketelitian 0,01 mm, digunakan untuk mengukur perubahan panjang serat pada saat diuji tarik.
5. Universal Testing Machine (Servo Pulser, Simadzu EFH-EB20-40L), digunakan untuk menguji kekuatan tarik dan kekuatan bengkok komposit.
6. Mesin uji impak, digunakan untuk menguji kekuatan impak material komposit.
7. Microscope, digunakan untuk mengukur dimensi serat dan sudut kontak
8. Stopwatch, digunakan untuk mengukur lama perendaman serat pada proses perlakuan awal.
9. Jangka sorong, digunakan untuk mengukur dimensi komposit.
10. Oven pemanas, digunakan untuk mengetahui kadar air serat
11. *Scanning Electron Microscope* (SEM), digunakan untuk mengamati perpatahan serat pada material komposit.
12. Peralatan pendukung lainnya.

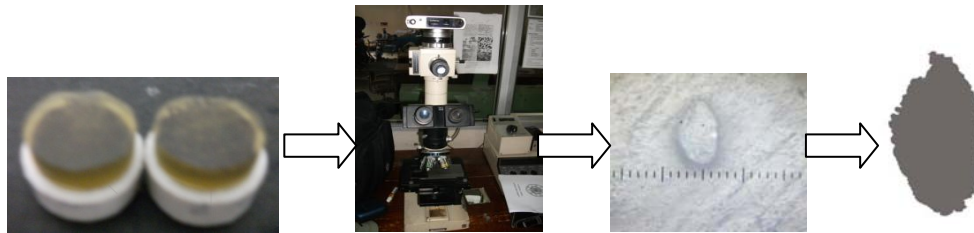
3.3. Proses Penelitian

3.3.1. Karakterisasi Serat Tunggal

A. Pengukuran Luas Penampang Serat.

Mengacu standar pengujian serat tunggal ASTM D 3379-75, kekuatan tarik serat didasarkan pada luasan rata-rata penampang melintang serat. Dalam pengujian

ini spesimen yang digunakan sebanyak tiga puluh serat yang diambil secara acak. Serat ditanam pada matrik sedemikian rupa hingga dapat diamati penampang melintangnya pada mikroskop, kemudian gambar yang nampak pada mikroskop difoto dengan camera digital untuk dijadikan file gambar. Dengan bantuan *software Image Pro-Plus*, luasan serat dapat dihitung pada setiap spesimen. Selanjutnya ditentukan luasan rata-rata dan standar deviasi.



Gambar 3.3. Pengukuran luas penampang serat daun “RZ”

B. Pengukuran Kandungan Air Serat

Pengukuran kandungan air dilakukan mengacu pada standar ASTM D 629. Sebelum dipanaskan, serat ditimbang kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 110° C selama 2 jam. Selang waktu 30 menit serat dikeluarkan dan dilakukan penimbangan untuk mengetahui penurunan berat serat. Dengan persamaan (2.1), prosentase kandungan air serat dapat diketahui.

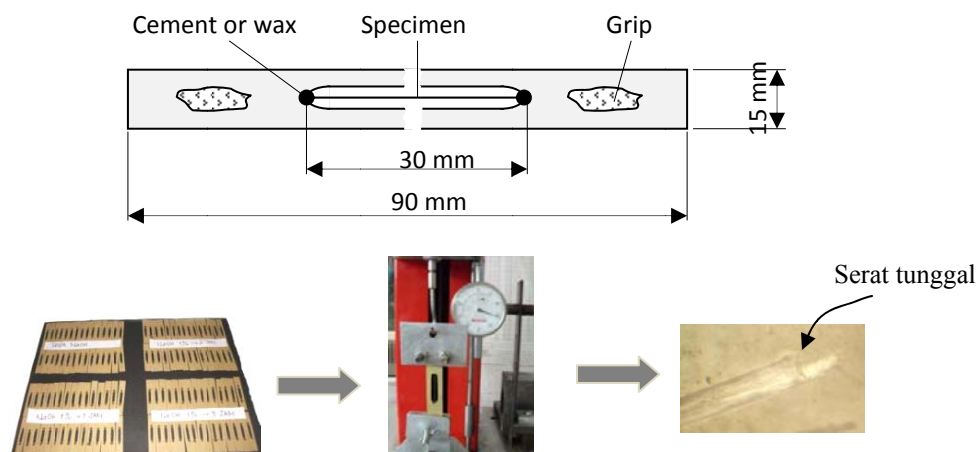
C. Pengujian Densitas

Pengukuran densitas serat menggunakan prinsip *Archimedes*. Pengukuran densitas serat dilakukan pada serat tanpa perlakuan dan serat yang direndam dengan NaOH satu prosen. Untuk perlakuan NaOH satu prosen dipisahkan menjadi tiga bagian, yaitu lamanya perendaman satu, dua, dan tiga jam. Timbang masing-masing

serat yang dilakukan perlakuan kimia dan tanpa perlakuan kimia dengan menggunakan timbangan digital di udara. Setelah itu, serat ditimbang lagi yang dimasukkan dalam air destilasi (Aquadess). Dengan persamaan (2.2) densitas serat dapat dihitung.

D. Pengujian Tarik

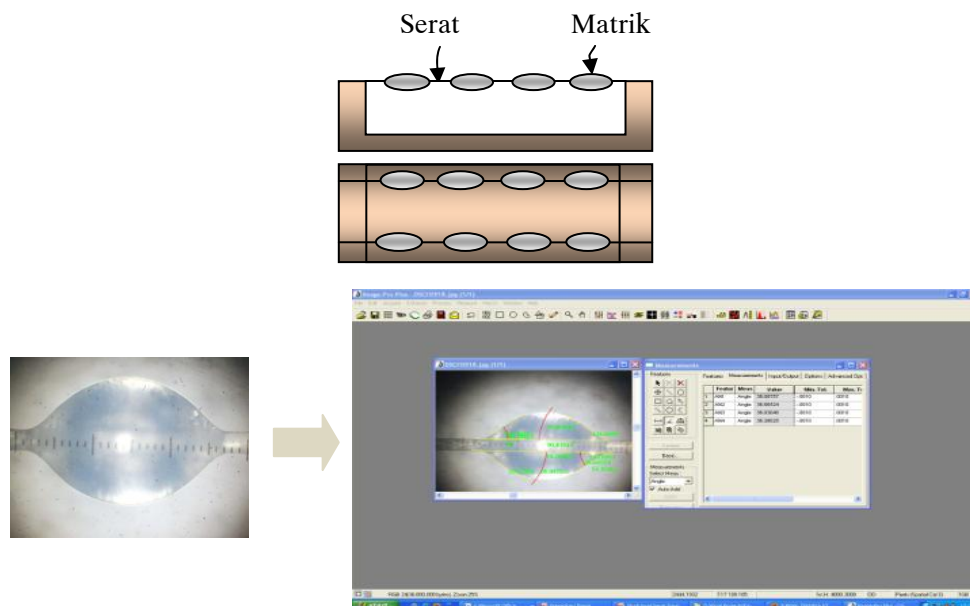
Untuk mengetahui kekuatan tarik serat tunggal, modulus elastisitas, dan regangan pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM D 3379-75. Standar pengujian seperti pada gambar 3.4. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Bahan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. Mesin yang digunakan adalah mesin uji tarik merek *person parke* dengan kapasitas 300 N. Beban dapat diketahui secara langsung dari pembacaan alat yang terdapat pada mesin, sedangkan pertambahan panjang menggunakan dial indicator dengan ketelitian 0,01 mm. Jumlah spesimen pengujian tarik serat tunggal sebanyak tiga puluh spesimen, kemudian ditentukan harga rata-rata, dan standar deviasi.



Gambar 3.4. Standar Pengujian ASTM D 3379-75

E. Pengukuran Sudut Kontak

Pada pembuatan spesimen uji sudut kontak, terlebih dahulu serat tunggal dibentangkan pada jig yang terbuat dari profil U dari bahan aluminium atau bahan lainnya. Teteskan matrik *epoxy-resin* dengan tabung injeksi ke atas permukaan serat, seperti yang terlihat pada gambar 3.5. Sudut yang terbentuk antara droplet dan permukaan serat yang merupakan sudut kontak diukur setelah *curing*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan bantuan mikroskop. Gambar yang terekam di mikroskop ditransfer dalam bentuk file (.jpg) dan diukur sudutnya dengan bantuan software.

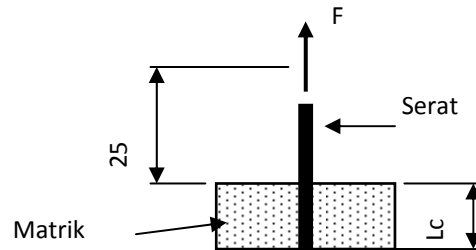


Gambar 3.5. Pengukuran sudut kontak serat-matrik

F. Pengujian *Pull-Out*

Pengujian pull-out dilakukan untuk mengetahui sifat mampu rekat antara serat dan matrik. Pengujian dilakukan di mesin uji tarik serat dengan peralatan pendukung yang

dirancang khusus. Model pengujian pull-Out seperti diperlihatkan pada gambar 3.6. Masing-masing perlakuan serat dilakukan pengukuran sebanyak tiga puluh, kemudian data-data tersebut dihitung nilai rata-rata, standar deviasi dan standar kesalahan.



Gambar 3.6. Model Pengujian Pull-Out

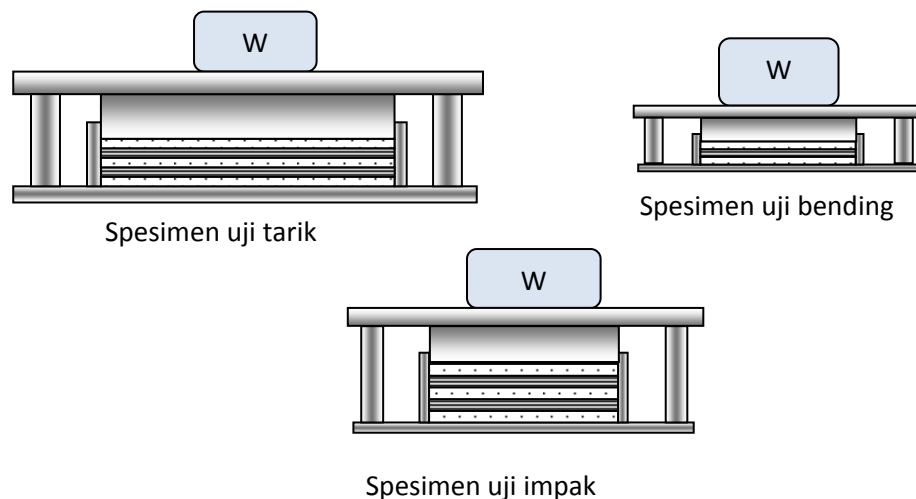
Dari pengujian ini akan dihasilkan tegangan geser yang terjadi antara permukaan serat dan matrik. Besarnya tegangan geser dapat dihitung dengan persamaan 2.7 dan panjang kritis menggunakan persamaan 2.9 setelah mengetahui beban tarik dari pengujian.

3.3.2. Pengujian Komposit

A. Pembuatan Komposit

Serat yang telah diurai dan dibersihkan ditimbang berdasarkan fraksi volume serat (V_f), yaitu $V_f = 15\%$, $V_f = 30\%$, $V_f = 40\%$. Bahan matrik yang digunakan adalah resin epoksi dengan perbandingan epoksi resin dan epoksi *hardener* 1 : 1. Bahan komposit dicetak dengan metode *hand-lay-up* dan cetakannya dilengkapi dengan pembatas ketebalan. Sebelum dicetak, serat dibentuk lembaran sesuai ukuran cetakan dengan ketebalan disesuaikan jumlah fraksi volume. Serat dikeringkan dalam oven

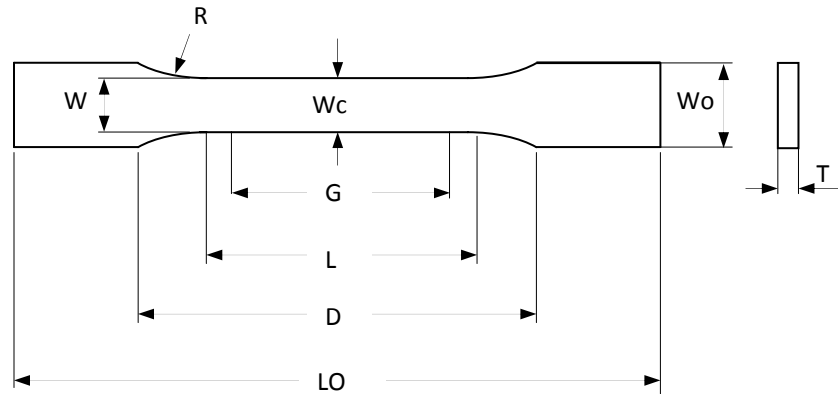
selaman 2 jam kemudian dilakukan pencetakan. Untuk pengujian tarik ukuran cetakan 17 x 10,5 cm, sedangkan untuk pengujian bending dan impact berukuran 7 x 6 cm (gambar 3.7). Komposit dibuat dengan satu lamina pada arah sejajar 0^0 . Agar terjadi ikatan yang baik antara serat dan matrik dilakukan penekanan dengan beban 5 kg (parameter tekanan bukan menjadi kajian dalam penelitian ini). Selanjutnya, komposit yang telah dicetak dikeringkan pada temperatur ruang selama 24 jam. Sebelum dibentuk menjadi specimen uji, komposit ditimbang di udara dan di dalam air destilasi untuk diukur densitas komposit dan fraksi volume serat akhir.



Gambar 3.7. Ilustrasi pembuatan komposit

B. Pengujian Tarik

Lembaran (panel) komposit hasil cetakan dibentuk specimen uji tarik komposit sebanyak lima specimen yang mengacu pada standar pengujian ASTM D 638 seperti gambar 3.8. Pengujian tarik komposit dilakukan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada dengan kondisi laboratorium $23^0\text{ C} \pm 2^0\text{ C}$.



Gambar 3.8. Spesimen Uji Tarik Standar ASTM D 638

Table 3.1. Ukuran spesimen pengujian tarik Type I ASTM D638

Thickness <7mm (0.28in), T	1.00 ± 0.4 (0.13 ± 0.02)
Width of narrow section, W	13 (0.5)
Length of narrow section, L	57 (2.25)
Width overall, WO	19 (0.75)
Length overall, LO	165 (6.5)
Gauge length, G	50 (2.00)
Radius of fillet, R	76 (3.00)

Pengujian ini menggunakan mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) “Servo Pulsar”, Simadzu EFH-EB20-40L dengan load cell 500 kg dengan kecepatan penarikan 10 mm/menit. Data yang didapat dari pengujian ini adalah beban penarikan dan pertambahan panjang. Dari data tersebut akan dihitung kekuatan tarik, modulus elastisitas dan regangan komposit yang diperkuat serat daun “RZ”.

C. Pengujian Bending

Lembaran (panel) komposit hasil cetakan dibentuk specimen uji bending komposit sebanyak lima specimen yang mengacu pada standar pengujian ASTM D 790-20 dengan ukuran spesimen 62 mm x 12.7 mm x 3.2 mm dan metoda yang digunakan adalah “*Three Point Bending*” seperti gambar 3.6. Pengujian bending dilakukan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada dengan kondisi laboratorium $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dengan menggunakan mesin uji tarik (Universal Testing Machine) “Servo Pulsar”, Simadzu EFH-EB20-40L. Laju penekanan (R) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

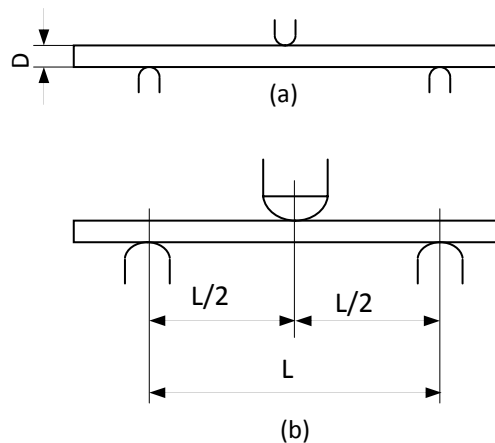
$$R = ZL^2/6D \quad (3.1)$$

Dimana : R = laju penekanan [mm/min]

Z = konstanta = 0,01 [mm/mm/min]

L = jarak tumpuan [mm]

D = ketebalan benda uji [mm]



- (a) Minimum radius = 3,2 mm (1/8 in)
- (b) Maximum radius support 1.6 times specimen depth; maximum radius loading nose = 4 times specimen depth

Gambar 3.9. Konstruksi Uji Bending Standar ASTM D 790-20

Kekuatan lengkung (*bending strength*) dinyatakan dengan *Modulus of Rupture* (MOR) atau Flexural Strength. Besarnya kekuatan lengkung (MOR) ditentukan dengan :

$$\sigma = \frac{3.F.L}{2.b.h^2} \quad (3.2)$$

dimana; σ = kekuatan bending (MPa)
 F = beban yang menyebabkan patah (N)
 L = jarak tumpuan (mm)
 b = lebar penampang (mm)
 h = tinggi penampang (mm)

Sedang untuk menghitung besarnya modulus elastisitas bahan dihitung dengan persamaan ;

$$E = \frac{m.L^3}{4.b.h^3} \quad (3.3)$$

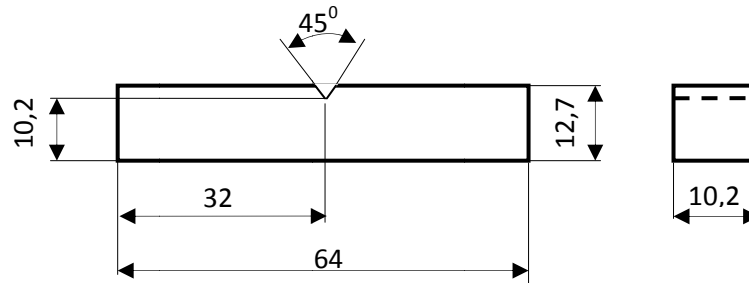
Dimana : E = Modulus elastisitas komposit (MPa)

m = slope pada awal kurva beban-perpanjangan membentuk garis lurus. (N/mm)

D. Uji Impak

Sifat impak adalah salah satu sifat mekanis yang penting pada material. Sifat ini biasanya dinyatakan dengan istilah *toughness*, yaitu kemampuan untuk menyerap

energy sebelum material tersebut rusak. Pengujian ini menggunakan alat uji impact sistim *Charpy* di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik UGM. Spesimen uji impact sebanyak lima specimen yang mengacu pada standar pengujian ASTM D 256.



Gambar 3.10. Standar pengujian Impak ASTM D 256

3.3.3. Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM)

Untuk mengetahui apakah serat terlepas ikatannya dari matrik atau patah/putus setelah dibebani dapat diamati melalui bentuk patahan pada material komposit. Bentuk patahan dapat diamati menggunakan berkas sinar electron yang terdapat pada Scanning Electron Microscope (SEM). Peralatan ini dapat mendeteksi benda dengan ukuran micron (μm) dalam bentuk gambar.



Gambar 3.11. Perangkat foto SEM

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi Serat

Karakterisasi serat merupakan langkah awal untuk menentukan kemampuan serat yang dapat digunakan sebagai bahan penguat komposit. Karakterisasi serat yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan densitas serat, kandungan kadar air, dimensi dan sifat mekanis serat. Untuk menentukan dimensi dan sifat mekanis serat, data dari hasil pengujian diolah menggunakan statistik (distribusi *weibull*) untuk menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi. Distribusi *weibull* dirumuskan sebagai berikut :

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right], \quad 0 \leq x < \infty, \beta > 0, \alpha > 0 \quad (4.1)$$

$$\mu = \alpha \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (4.2)$$

$$SD^2 = \alpha^2 \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \left[\Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]^2 \right] \quad (4.3)$$

Dimana:

$F(x)$ = Probabilitas fungsi weibull

β = Parameter skala

α = Parameter bentuk

μ = Harga rata-rata

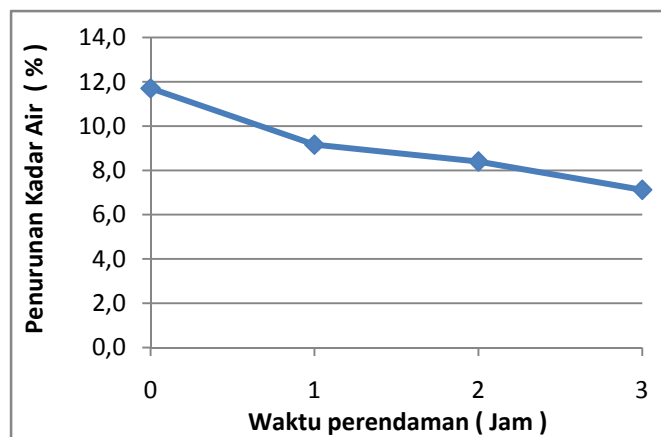
SD = Standar deviasi

Γ = Fungsi gamma

Parameter skala (α) ditentukan pada kondisi dimana $\ln \ln[1/1-F(x)] = 0$, sedang parameter bentuk (β) atau modulus *Weibull* adalah *slope* yang ditentukan dari hubungan $\ln \ln[1/1-F(x)]$ dan $\ln x$.

4.1.1. Kandungan Air Serat

Kandungan air (*moisture content*) serat daun “RZ” ditentukan menggunakan standar ASTM D629. Sebelum dipanaskan, serat ditimbang terlebih dahulu kemudian dimasukkan dalam *oven* pada suhu 110°C selama 2 jam. Selang waktu 30 menit, serat dikeluarkan dan ditimbang untuk mengetahui penurunan beratnya. Prosentase kandungan air serat rata-rata dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (3.1). Gambar 4.1 menunjukkan perubahan kandungan air yang terdapat pada serat daun “RZ” akibat adanya perlakuan kimia (NaOH 1 %). Serat tanpa perlakuan NaOH, penurunan berat karena kandungan air sebesar 11,71%. Sedangkan serat yang mengalami perendaman NaOH 1% selama 1, 2, dan 3 jam, penurunan kadar air berturut-turut sebesar 9,14%, 8,40%, dan 7,12%.

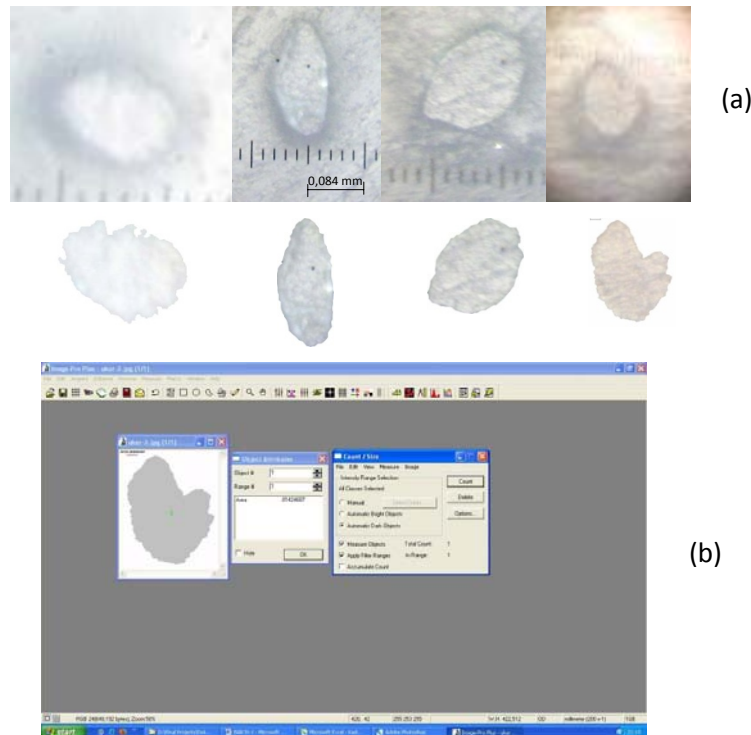


Gambar 4.1. Grafik prosentase perubahan kandungan air

Perbedaan penurunan berat kandungan air antara serat tanpa dan dengan perlakuan NaOH 1% disebabkan lepasnya sejumlah lapisan yang terdapat pada serat tanpa perlakuan NaOH berupa lignin, wax dan kotoran lain.

4.1.2. Sifat Fisik Serat Daun “RZ”

Gambar 4.2 memperlihatkan tipikal penampang serat hasil pengamatan foto-mikroskop optik dengan pembesaran 200x. Masing-masing perlakuan serat menggunakan 30 spesimen sebagai pengambilan data eksperimen untuk dianalisis luas penampangnya menggunakan komputer (*Image-Pro*).



Gambar 4.2. (a).Tipikal penampang serat daun “RZ”

(b). Ilustrasi pengukuran luas penampang

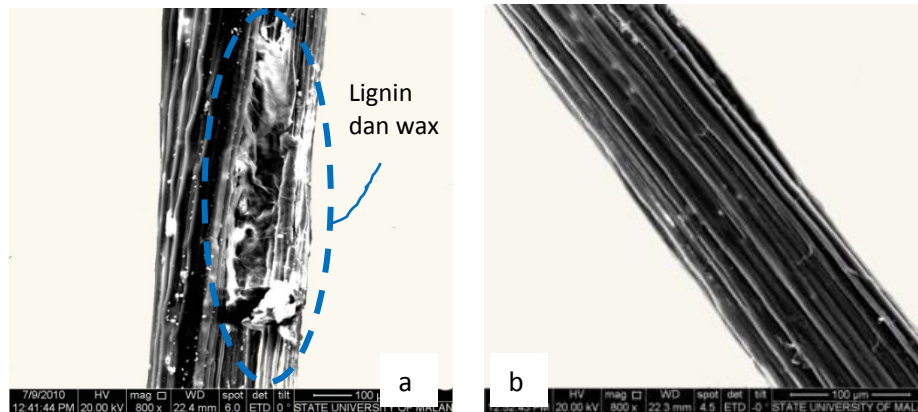
Tabel 4.1 menunjukkan perubahan berat jenis (densitas) dan luas penampang serat sebelum dan sesudah perlakuan NaOH 1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas penampang dan densitas serat menurun harganya dengan perlakuan NaOH 1%. Waktu perendaman dengan larutan NaOH 1% juga mempengaruhi sifat fisiknya. Perubahan nilai sifat fisik akibat perlakuan NaOH 1% diindikasikan dari perubahan modulus weibull (β) atau parameter bentuk. Semakin besar nilai parameter bentuk, maka penyebaran data akan semakin kecil dan sebaliknya. Perubahan nilai parameter bentuk membuktikan adanya perubahan luas permukaan serat akibat perlakuan NaOH. Perubahan luas permukaan dan densitas secara jelas diketahui dari hasil foto SEM seperti diperlihatkan pada gambar 4.3.

Tabel 4.1. Sifat fisik serat tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH

Waktu Perendaman	Luas Penampang (mm ²)	Densitas Serat (gr/cm ³)
0 Jam	0,00353±0,00131	0,944
1 Jam	0,00297±0,00115	0,889
2 Jam	0,00256±0,00092	0,866
3 Jam	0,00231±0,00069	0,826

Setelah perendaman NaOH 1% serat menjadi lebih bersih karena beberapa komponen seperti kotoran, lignin dan wax terlepas akibat terjadi reaksi antara serat dan larutan NaOH. Hal serupa juga dilaporkan oleh Munawar dkk (2007) yang meneliti beberapa

serat alam seperti serat pineapple, ramie dan sansevieria. Penurunan sifat fisik setelah perlakuan alkali disebabkan terlepasnya material yang terdapat pada permukaan serat seperti lignin, wax dan lapisan minyak.



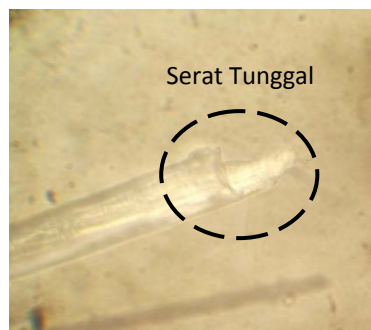
Gambar 4.3. Foto SEM morfologi permukaan serat. (a) tanpa perendaman

(b) perendaman NaOH 1%

Densitas serat setelah perlakuan NaOH 1% menjadi lebih kecil disebabkan material yang menempel pada permukaan serat menjadi lebih bersih (gambar 4.3b). Standar deviasi serat tanpa perendaman NaOH dan perendaman NaOH 1% selama 1 jam cukup besar yaitu 0,00131 dan 0,00115 mm². Besarnya harga tersebut disebabkan ketidakseragaman luas permukaan yang merupakan ciri utama serat alam, disamping permukaan serat masih terdapat kotoran yang menempel. Munawar dkk (2007) menyimpulkan serat *Sansevieria* dari species *Sansevieria Trifasciata* akan menurun densitas dan diameter serat setelah perlakuan alkali. Penurunan disebabkan reaksi kimia antara larutan dan permukaan serat yang secara efektif dapat menghilangkan beberapa komponen (lignin, wax, oils) dari permukaan serat.

4.1.3. Sifat Mekanis Serat Daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*)

Sifat mekanis seperti kekuatan tarik serat (σ_f), regangan (ϵ_f) dan modulus elastisitas (E_f) ditentukan berdasarkan data pengujian tarik dan luas permukaan serat. Struktur patahan pengujian tarik serat ditunjukkan pada gambar 4.4 yang menggambarkan bahwa serat yang digunakan adalah serat tunggal.



Gambar 4.4. Struktur patahan serat setelah uji tarik

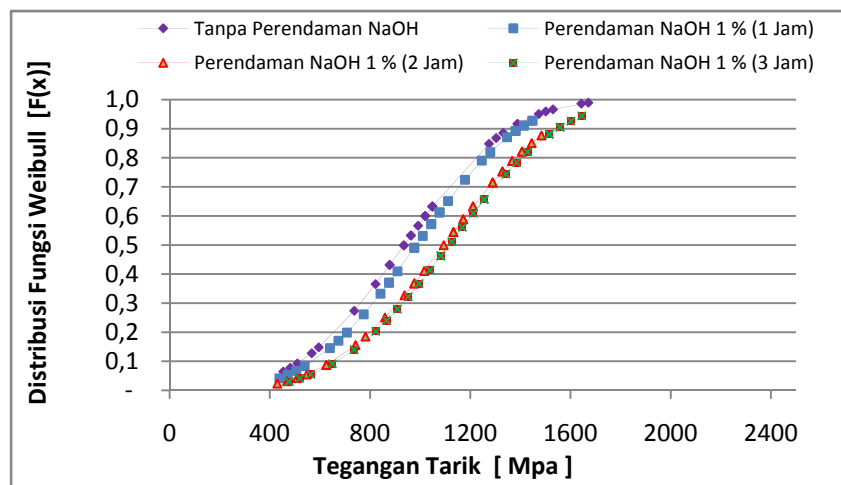
Table 4.2 Sifat mekanis serat daun “RZ”

Waktu Perendaman	Tegangan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Regangan (mm)
0 Jam	939 ±319	26±7	0,0352±0,005
1 Jam	984±315	35±9	0,0301±0,004
2 Jam	1092±330	37±9	0,0293±0,004
3 Jam	1112±334	48±11	0,0247±0,003

Harga tegangan tarik tanpa perlakuan NaOH sebesar 939 ±319 MPa, sedangkan perlakuan NaOH 1% dengan lama perendaman 3 jam memberikan harga tertinggi sebesar 1112±334 MPa dan terendah 984±315 MPa untuk lama perendaman 1 jam.

Perendaman NaOH juga memberikan peningkatan terhadap harga modulus elastisitas. Tanpa perendaman NaOH, harga modulus elastisitas 26 ± 7 GPa. Sedangkan dengan perendaman NaOH 1% selama 1, 2, dan 3 jam berturut-turut 35 ± 9 , 37 ± 9 , dan 48 ± 11 GPa. Regangan juga memberikan efek penguatan, dimana regangan sebelum perlakuan NaOH sebesar $0,0352 \pm 0,005$ mm, setelah perendaman NaOH selama 1, 2, dan 3 jam berturut-turut sebesar $0,0301 \pm 0,004$, $0,0293 \pm 0,004$, dan $0,0247 \pm 0,003$ mm.

Besarnya standar deviasi menunjukkan bahwa serat yang terdapat pada daun *Sansevieria Trifasciata Prain* sangat beragam baik pada luas penampang maupun sifat mekanisnya. Variasi karakteristik pada serat merupakan ciri utama serat alam dibandingkan dengan serat sintetis yang relatif memiliki karakteristik serat yang seragam. Gambar 4.5 adalah grafik distribusi tegangan tarik serat pada kondisi serat mengalami dan tanpa perlakuan NaOH 1%. Setelah perendaman NaOH 1%, grafik distribusi tegangan cenderung bergerak ke arah kanan yang membuktikan bahwa perlakuan NaOH 1% memberikan pengaruh terhadap sifat mekanis serat.



Gambar 4.5. Distribusi tegangan tarik serat daun “RZ”

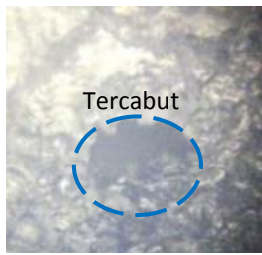
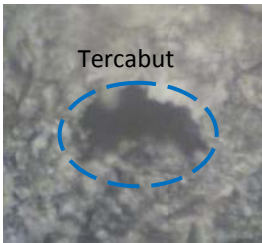
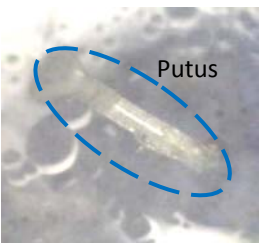
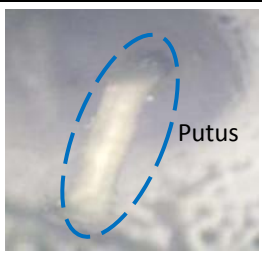
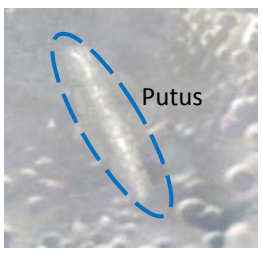
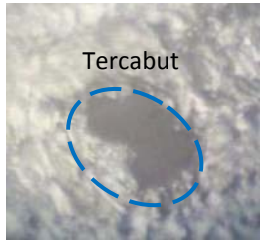
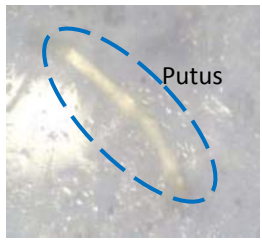
Pengaruh perubahan sifat mekanis ini disebabkan reaksi kimia yang terjadi pada permukaan serat sehingga memberikan efek pada permukaan serat menjadi lebih bersih karena terlepasnya beberapa komponen seperti lignin, wax dan lapisan lain seperti hasil foto SEM pada gambar 4.3.

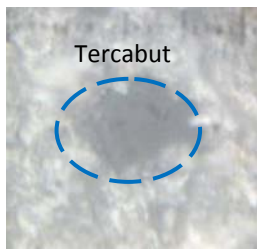
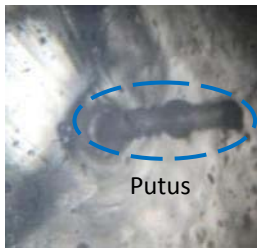
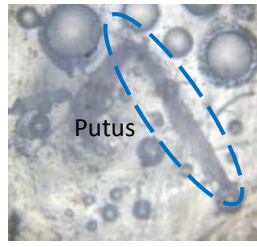
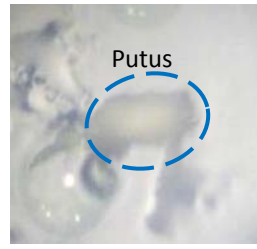
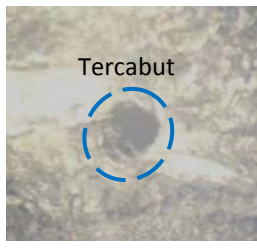
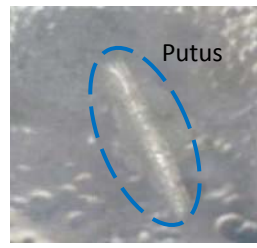
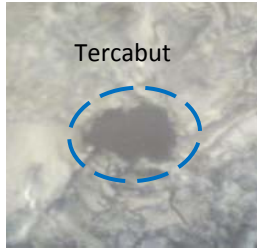
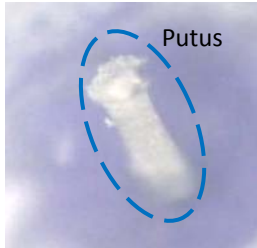
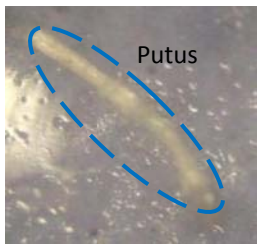
Efek peningkatan sifat mekanis serat setelah perlakuan NaOH juga dilaporkan oleh Munawar dkk (2007) yang melakukan penelitian pada serat pineapple, ramie, dan sansevieria. Peningkatan sifat mekanis tersebut disebabkan meningkatnya derajat *crystallinity* dan orientasi *crystallite* setelah perlakuan NaOH. Munawar dkk (2008) dan Sreenivisan dkk (2010) melakukan karakterisasi serat dari genus sansevieria (species berbeda) yang menunjukkan adanya perbedaan pada sifat fisik maupun sifat mekanis serat. *Sansevieria Trifasciata Snake* yang digunakan Munawar dkk menghasilkan densitas serat $0,89 \text{ gr/cm}^3$, diameter $92,1 \pm 8,4 \text{ }\mu\text{m}$ dan kekuatan tarik serat $560 \pm 99 \text{ Mpa}$. Sreenivisan dkk menggunakan *Sansevieria Cylindrica* menghasilkan densitas $0,915 \pm 0,005 \text{ gr/cm}^3$, luas penampang serat $0,0245 \text{ mm}^2$ dan kekuatan tarik serat 650 MPa dan modulus elastisitas 7 GPa . Sedangkan pada penelitian ini menggunakan serat dari species *Sansevieria Trifasciata Prain*. Densitas serat $0,944 \text{ gr/cm}^3$, luas penampang serat $0,00353 \text{ mm}^2$ dan kekuatan tarik $939 \pm 319 \text{ MPa}$ dan modulus elastisitas $26 \pm 7 \text{ GPa}$.

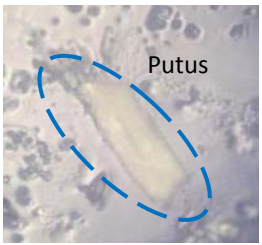
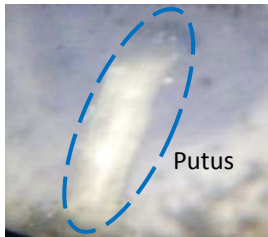
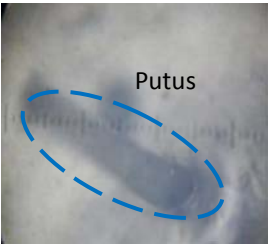
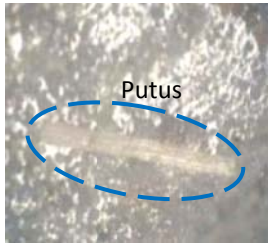
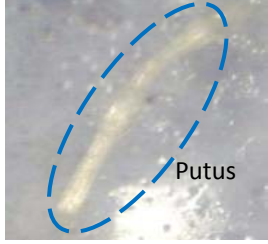
4.1.4. Kekuatan geser antar muka serat – matrik (IFSS)

Jumlah specimen untuk uji *pull-out* 30 spesimen dengan panjang serat tertanam 0,5, 1, 1,5 dan 2 mm dan hasilnya ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4.3. Prosentase hasil uji *pull-out* serat-epoksi

Perlakuan NaOH 1%	Serat Tertanam	Tercabut (%)		Putus (%)	
0 Jam	0,5 mm	100		0	
	1 mm	80		20	
	1,5 mm	40		60	
	2 mm	0		100	
1 Jam	0,5 mm	90		10	

	1 mm	66,7		33,3	
	1,5 mm	0		100	
	2 mm	0		100	
2 Jam	0,5 mm	73,3		26,7	
	1 mm	43,3		56,7	
	1,5 mm	0		100	

	2 mm	0		100	
3 Jam	0,5 mm	50		50	
	1 mm	0		100	
	1,5 mm	0		100	
	2 mm	0		100	

Berdasarkan tabel 4.3, serat tanpa perlakuan (0 jam) memiliki prosentase serat putus 60% dan 100% serat tercabut pada panjang serat tertanam 1,5 dan 2 mm. Prosentase serat putus/patah untuk perendaman NaOH 1% selama 1, 2, dan 3 jam

berturut-turut 33,3% (serat tertanam 1 mm), 56,7% (serat tertanam 1 mm), dan 50% (serat tertanam 0,5 mm). Sementara serat putus/patah 100% berturut-turut pada serat tertanam 1,5 dan 1 mm. Diyakini dengan asumsi bahwa serat akan putus dengan adanya penambahan serat tertanam dan lama perendaman, maka panjang kritis (l_c) dapat ditentukan dengan interpolasi antara dua kondisi untuk setiap perlakuan. Panjang kritis (l_c) serat tanpa perlakuan NaOH 1,75 mm, sedangkan serat dengan perendaman NaOH 1% selama 1 dan 2 jam memiliki panjang kritis 1,25 mm, lama peredaman 3 jam memberikan harga panjang kritis 0,75 mm.

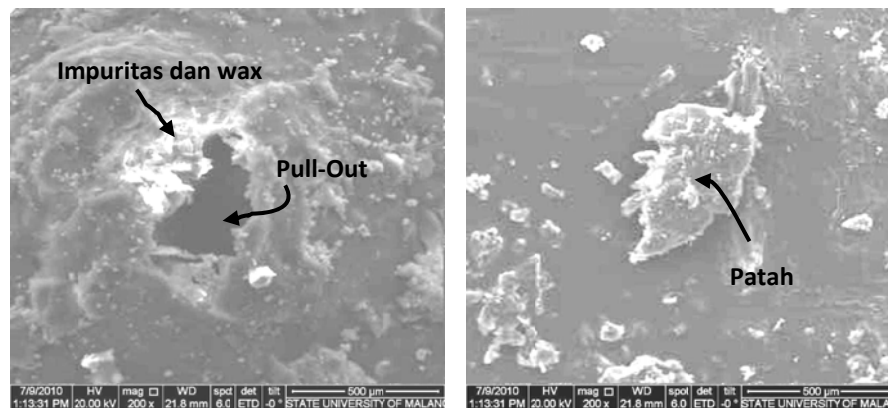
Tegangan geser antar muka serat-matrik (IFSS) dihitung dengan persamaan 3.7 dan hasilnya ditampilkan pada tabel 4.4. Harga IFSS tertinggi sebesar 18,92 MPa terjadi pada panjang kritis serat 0,75 mm. Sedangkan panjang kritis 1,75 mm memberikan harga terendah sebesar 13,18 MPa yang terjadi pada serat tanpa perlakuan NaOH 1%.

Tabel 4.4. IFSS berdasarkan panjang kritis serat

Perlakuan NaOH 1%	Panjang Kritis (mm)	Diameter Serat (mm)	IFSS (MPa)
0 Jam	1,75	0,06704	13,18
1 Jam	1,25	0,06149	15,14
2 Jam	1,25	0,05709	15,42
3 Jam	0,75	0,05423	18,92

Peningkatan kekuatan geser setelah perlakuan NaOH disebabkan permukaan serat lebih kasar dan beralur sehingga matrik dapat mengikat lebih efektif diseluruh

permukaan serat. Hasil uji *pull-out* berdasarkan pengamatan foto SEM (gambar 4.6 a) membuktikan bahwa serat tidak cukup baik berinteraksi dengan matrik sehingga mudah terlepas dari ikatan matrik. Diduga interaksi serat dan matrik terhalang oleh impuritas, wax dan komponen lain yang menyebabkan lemahnya ikatan antara serat dan matrik. Perlakuan NaOH menyebabkan terlepasnya lignin dan hemiselulosa dari permukaan serat sehingga luas permukaan serat lebih besar (Gonzales dkk, 1998). Permukaan yang bersih dan besar membuat kontak antara serat dan matrik menjadi besar. Akibatnya beban yang ditransfer dari matrik ke serat menjadi besar untuk mampu menahan beban tarik dari serat dan serat akan putus/patah.

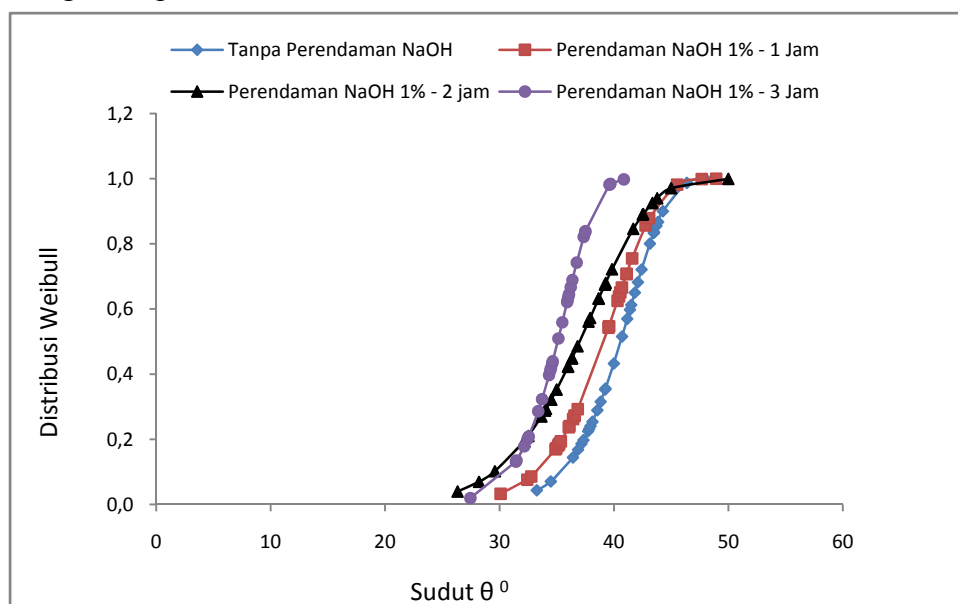


Gambar 4.6. (a) pull-out pada serat tanpa perlakuan NaOH (b) model patahan uji pull-out pada serat dengan perlakuan NaOH

4.2. Sifat *Wettability* Serat Daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*)

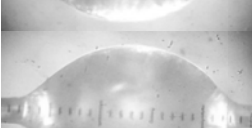
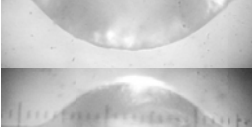
Salah satu yang mempengaruhi unjuk kerja material komposit adalah sifat *wettability*. Sifat *wettability* antara lain dipengaruhi oleh sudut kontak antara serat dan matrik. Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan cara menetes matrik pada

permukaan serat. Dalam penelitian ini sebanyak 30 tetesan matrik ditetaskan pada permukaan serat untuk tiap perlakuan. Distribusi sudut kontak hasil pengujian menggunakan dua parameter weibull kemudian dihitung harga rata-rata dan standar deviasi. Gambar 4.7 menampilkan distribusi hasil pengukuran sudut kontak dengan variasi waktu perendaman NaOH. Sebelum perendaman NaOH, grafik distribusi berada disebelah kanan dan setelah perendaman NaOH grafik distribusi bergerak ke arah kiri. Fenomena ini menunjukkan adanya perubahan sudut kontak menjadi lebih kecil setelah perlakuan NaOH 1 %. Permukaan serat setelah perlakuan menjadi lebih kasar menyebabkan daya resap (sifat membasahi) matrik lebih tinggi dibanding serat tanpa perlakuan. Sedangkan serat tanpa perlakuan masih terdapat impuritas, wax dan lapisan oli yang menyebabkan daya resap (sifat membasahi) matrik kurang baik dan sudut kontak yang terjadi menjadi lebih besar dari pada serat yang mengalami perlakuan NaOH 1%.



Gambar 4.7. Grafik distribusi *weibull* sudut kontak hasil pengujian

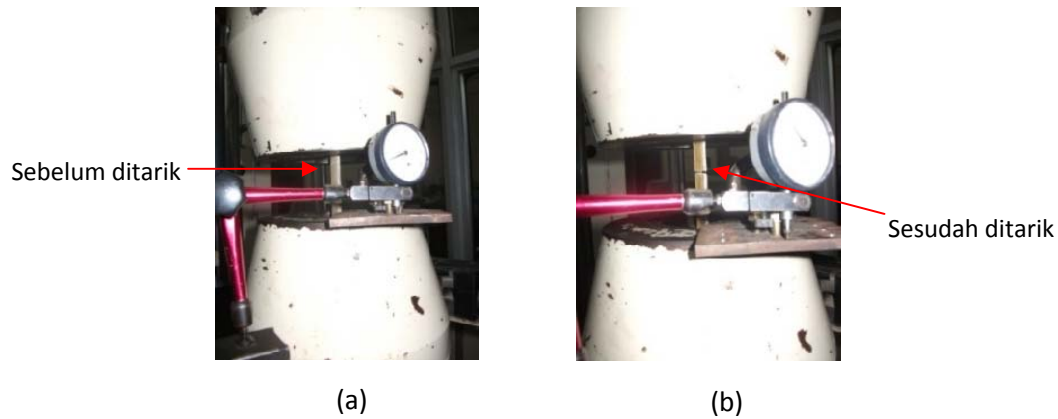
Tabel 4.5. Hasil foto sudut kontak serat “RZ” (Sansevieria Trifasciata Prain)

Perlakuan	Bentuk Droplet Serat-Matrik	Sudut Kontak (θ)
0 Jam		$40,2 \pm 2,5$
1 Jam		$38,6 \pm 4,7$
2 Jam		$24,3 \pm 4,2$
3 Jam		$27,5 \pm 2,4$

4.3. Sifat Mekanis Komposit Serat Daun “RZ”

4.3.1. Kekuatan Tarik Komposit Serat Daun “RZ” - Epoxy

Sifat tarik komposit serat daun “RZ” – epoxy diuji dengan mesin “Servo Pulser, Simadzu EFH-EB20-40L” dengan beban terpasang 2000 kg. Dial indicator dipasang pada mesin untuk mengetahui pertambahan panjang hingga material uji putus (gambar 4.8). Berdasarkan standar pengujian ASTM D-638, tegangan tarik dan regangan komposit ditentukan berdasarkan pada saat benda uji patah. Sedangkan modulus elastisitas dihitung pada saat awal beban dan pertambahan panjang membentuk garis lurus. Sifat mekanis komposit uji tarik ditampilkan pada tabel 4.6.



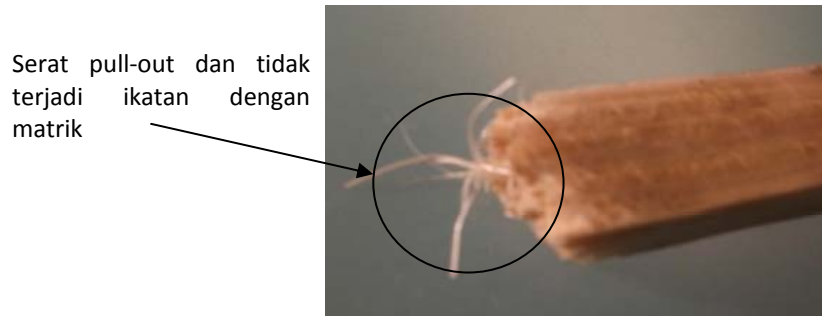
Gambar 4.8. Spesimen tarik sebelum dan sesudah putus

Tabel 4.6. Sifat mekanis komposit pengujian tarik

Fraksi Volume serat	Tegangan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Regangan (%)
Vf = 0 %	40,02±4,8	1,80±0,25	2,80±0,10
Vf = 15 %	75,39±2,59	3,82±0,31	3,50±0,12
Vf = 30 %	104,30±2,67	4,92±0,37	4,55±0,19
Vf = 40 %	152,67±2,94	6,15±0,27	6,35±0,10

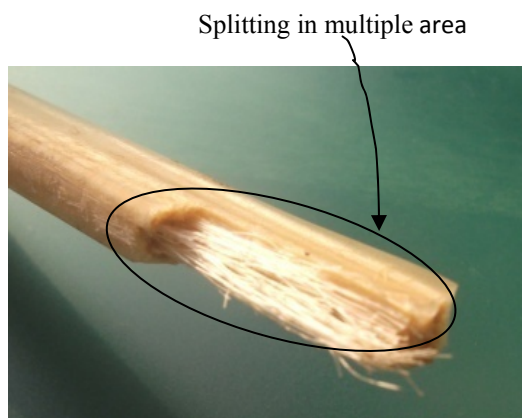
Tabel 4.6 menunjukkan tegangan tarik komposit meningkat dari 75,39±2,59 menjadi 152,67±2,94 MPa, sementara modulus elastisitas meningkat dari 3,82±0,31 menjadi 6,15±0,27 GPa. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan fraksi volume serat dapat meningkatkan tegangan tarik dan modulus elastisitas komposit yang diperkuat serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*). Gambar 4.9 adalah tipikal patahan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan kimia. Dari hasil pengujian, kegagalan yang terjadi didominasi karena adanya *pull-out*. Jenis

kegagalan ini disebabkan ikatan (*mechanical bonding*) antara serat dan matrik tidak efektif karena terhalang oleh lignin, wax dan kotoran lain pada permukaan serat seperti terlihat pada gambar 4.3a. Akibatnya, area



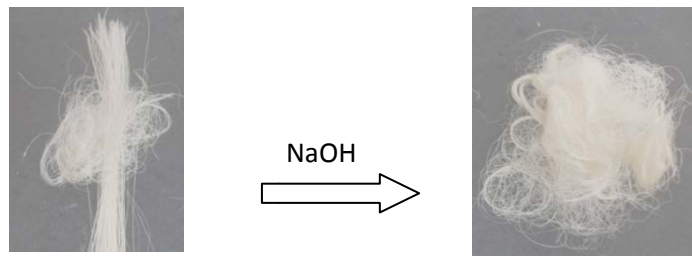
Gambar 4.9. Tipikal patahan komposit serat-epoxy

kontak permukaan antara matrik dan serat menjadi lebih kecil sehingga matrik tidak dapat memberi pengikatan secara sempurna. Pada kondisi ini, sebenarnya serat dan matrik masih memberi penguatan untuk menahan beban dan regangan yang lebih besar. Akan tetapi, ikatan antara serat dan matrik gagal lebih awal akibat ikatan yang tidak sempurna yang disebabkan permukaan serat terhalang oleh lignin, wax dan kotoran lain, sehingga tegangan dan regangan yang terjadi juga akan menjadi lebih rendah.



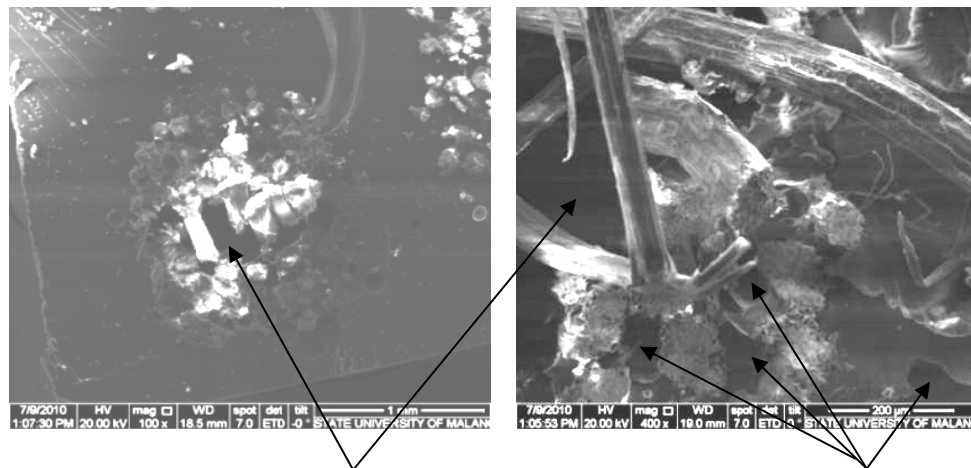
Gambar 4.11. Tipikal patahan komposit

Tegangan tarik dan modulus elastisitas komposit yang diperkuat serat daun “RZ” masih bisa ditingkatkan walau serat yang digunakan tanpa perlakuan kimia terlebih dahulu. Gambar 4.12 menunjukkan perubahan warna serat sebelum dan sesudah perlakuan NaOH. Fenomena ini dapat diartikan sebagai kemampuan serat menyerap cairan untuk membentuk suatu ikatan yang kuat meskipun tanpa perlakuan kimia pada serat. Morphology permukaan serat seperti diperlihatkan pada hasil foto SEM (gambar 4.3 a) menunjukkan permukaan serat relatif bersih dan beralur. Kondisi ini memungkinkan terjadinya ikatan serat dan matrik yang lebih baik.



Gambar 4.12. Perubahan warna sebelum dan sesudah perlakuan NaOH

Hasil foto SEM patahan komposit (gambar 4.13) memperlihatkan bahwa patahan yang terjadi tidak dominan karena patah *pull-out*. Jenis patahan berupa terpisahnya serat dari kumpulan serat karena tidak terjadi ikatan antara serat dan matrik dengan baik. Hal ini disebabkan penetrasi yang diberikan selama pembuatan komposit kurang besar sehingga matrik tidak bisa menembus bagian dalam kumpulan serat dan tidak terjadi ikatan secara keseluruhan.



Tidak terjadi ikatan dengan matrik (serat terlepas)

Pull-Out

Gambar 4.13. Bentuk patahan komposit serat daun “RZ”

4.3.2. Kekuatan Bending Komposit Serat Daun “RZ” - Epoxy



Gambar 4.14. Pengujian Bending komposit serat-epoxy

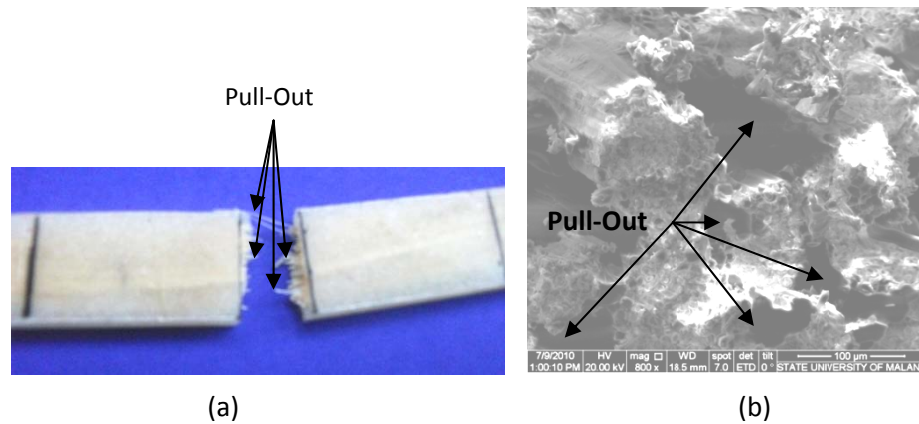
Pengujian bending dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan komposit menahan beban bengkok yang diaplikasikan tegak lurus terhadap sumbu longitudinal.

Kekuatan bending dan modulus bending komposit yang diperkuat serat daun “RZ” diperlihatkan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Sifat bending komposit serat - epoxy

Fraksi Volume Serat (%)	Tegangan Bending (MPa)	Modulus Bending (GPa)
Vf = 15%	79,58±4,76	10,64±1,24
Vf = 30%	100,10±1,96	14,84±1,67
Vf = 40%	117,96±4,27	17,42±1,67

Kekuatan dan modulus bending meningkat dengan penambahan fraksi volume serat pada komposit. Kekuatan bending meningkat dari 79,58±4,76 menjadi 117,96±4,27 MPa, sedangkan modulus bending meningkat dari 10,64±1,24 menjadi 17,42±1,67 GPa pada fraksi volume 40%. Permukaan patah akibat beban bending diperlihatkan pada gambar 4.15a. Pengamatan struktur penampang patahan komposit yang diperkuat serat daun “RZ” lebih mendekati pada jenis patah tunggal meskipun masih adanya kegagalan akibat *pull-out*. Kekuatan dan modulus bending masih dapat ditingkatkan pada komposit serat daun “RZ” dengan menambah fraksi volume pada batas tertentu. Hal ini beralasan karena model kegagalan yang terjadi akibat *pull-out* masih dalam jumlah kecil dan lebih disebabkan terpisahnya serat dari kumpulan serat itu sendiri seperti diperlihatkan pada gambar 4.13. Kurangnya gaya penekanan saat pembuatan komposit menyebabkan matrik tidak dapat menembus bagian dalam dari kumpulan serat, sehingga tidak terjadi pengikatan dengan sempurna.

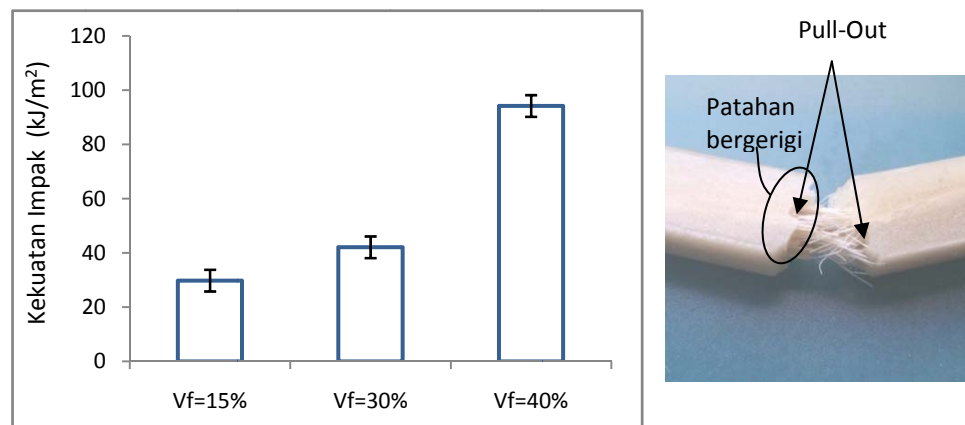


Gambar 4.15. Struktur patahan uji bending foto digital (a) dan SEM (b)

4.3.3. Kekuatan Impak Komposit Serat Daun “RZ” - Epoxy

Gambar 4.16 memperlihatkan trend perubahan kekuatan impact dengan prosentasi serat berbeda. Ketangguhan impact meningkat dari $29,8 \pm 4 \text{ kJ/m}^2$ menjadi $94,2 \pm 5,5 \text{ kJ/m}^2$ dengan adanya kenaikan fraksi volume serat gambar 10.1. Kenaikkan kekuatan impact dari fraksi volume 30% ke 40% berhubungan dengan kekuatan komposit yang secara langsung tergantung dari regangan material komposit tersebut sebelum putus. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji tarik komposit, dimana regangan patah pada fraksi volume 40% lebih besar dari fraksi volume 15% dan 30%. Selain regangan, kekuatan impact juga dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antar muka (*interfacial bonding*), sifat serat dan matrik. Struktur patahan hasil uji impact (gambar 4.16) memperlihatkan permukaan patah komposit berbentuk gerigi dan serat tercabut (*fiber pull-out*). Pada kondisi ini, energi yang dibutuhkan untuk mematahkan komposit menjadi lebih besar dibanding dengan patahan tunggal. Matrik akan terlebih dulu mengalami kegagalan kemudian diikuti dengan kegagalan serat

sehingga regangan akan menjadi besar, akibatnya energi yang diserap akan menjadi besar. Pada fraksi volume 15% dan 30% serat, energi yang dibutuhkan untuk mematahkan komposit lebih kecil karena matrik dan serat akan patah secara bersamaan.



Gambar 4.16. Grafik kekuatan impact dan patahan hasil uji impact

Dibanding dengan komposit serat sejenis, seperti serat sisal dan nenas, komposit serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*) memiliki kekuatan impact lebih tinggi. Kekuatan impact komposit serat sisal 67 kJ/m² (Zhang dkk, 2005) dan komposit serat nenas 79,5 kJ/m² (Pavithran dkk, 1987) sedangkan kekuatan impact serat daun “RZ” 94,2±5,5 kJ/m². Perbedaan kekuatan ini disebabkan antara lain komposit serat daun “RZ” memiliki regangan yang lebih tinggi dari regangan serat nenas dan relatif sama dengan regangan serat sisal. Disamping itu, permukaan serat daun “RZ” relatif bersih dan memiliki permukaan yang bergelombang, sehingga ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat. Akibatnya, energi yang dibutuhkan untuk mematahkan komposit menjadi lebih besar.

4.3.4. Fraksi volume serat dan sifat mekanis komposit berdasarkan ROM.

Secara teori, fraksi volume serat yang terdapat pada komposit adalah $V_f=15\%$, $V_f=30\%$ dan $V_f=40\%$. Proses pembuatan komposit menyebabkan sebagian serat terbuang dan fraksi volume akan berkurang dari ukuran awal setelah menjadi bahan komposit. Penentuan akhir fraksi volume serat, spesifikasi dan sifat mekanis komposit didasarkan pada ROM (*Rule Of Mixture*) dan ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4.7. Fraksi volume serat berdasarkan ROM

Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Regangan (%)	Kekuatan Bending (MPa)	Modulus Bending (GPa)	Kekuatan Impak (kJ/m^2)
12,79	75,39 $\pm$ 2,59	3,82 $\pm$ 0,94	1,86 $\pm$ 0,15	79,58 $\pm$ 4,76	10,64 $\pm$ 1,24	29,80 $\pm$ 4,02
27,07	104,30 $\pm$ 2,68	4,92 $\pm$ 0,73	2,30 $\pm$ 0,10	100,10 $\pm$ 1,96	14,84 $\pm$ 1,67	42,10 $\pm$ 2,08
37,51	152,67 $\pm$ 2,94	6,15 $\pm$ 0,53	3,20 $\pm$ 0,07	117,96 $\pm$ 4,27	17,42 $\pm$ 1,67	94,19 $\pm$ 5,48

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian tentang serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perlakuan NaOH 1% memberikan pengaruh pada karakteristik serat tunggal, dimana densitas, luas permukaan, tegangan, modulus elastis dan regangan sebelum perlakuan NaOH memiliki harga berturut-turut $0,944 \text{ gr/cm}^3$, $0,00353 \pm 0,00131 \text{ mm}^2$, $939 \pm 319 \text{ MPa}$, $26 \pm 7 \text{ GPa}$, dan $3,52 \pm 0,5 \%$. Setelah perlakuan NaOH 1% dengan lama perendaman 3 jam, densitas, luas permukaan, tegangan, modulus, dan regangan menjadi $0,826 \text{ gr/cm}^3$, $0,00231 \pm 0,00069 \text{ mm}^2$, $1112 \pm 335 \text{ MPa}$, $48 \pm 11 \text{ GPa}$, dan $2,47 \pm 0,3\%$.
2. Sifat *wettability* juga dipengaruhi oleh perlakuan NaOH 1%, dimana sebelum perlakuan NaOH 1% sudut kontak sebesar $40,2 \pm 2^0$ dan *interfacial shear strength* (IFSS) sebesar $13,18 \pm 1,7 \text{ MPa}$ pada panjang kritis serat $1,75 \text{ mm}$. Setelah perendaman NaOH 1% selama 3 jam, sudut kontak menjadi $27,5 \pm 2,4^0$ dan *interfacial shear strength* (IFSS) menjadi $18,92 \pm 2,3 \text{ MPa}$ pada panjang kritis serat $0,75 \text{ mm}$.
3. Kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan regangan komposit tertinggi dicapai pada fraksi volume $v_f = 40\%$ yaitu sebesar $152,67 \pm 2,94 \text{ MPa}$, $6,15 \pm 0,53 \text{ GPa}$,

dan $3,20 \pm 0,07$ %. Kekuatan bending dan ketangguhan impact sebesar $117,96 \pm 4,27$ MPa dan $94,19 \pm 5,48$ kJ/m².

5.2. Saran

Penelitian ini merupakan tahap awal eksplorasi serat daun “RZ” (*Sansevieria Trifasciata Prain*). Kompleksitas muncul ketika serat dicampur dengan matrik (resin) untuk mendapatkan sifat mekanis komposit yang optimal. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan :

1. Variasi perlakuan awal serat dengan berbagai jenis media perlakuan.
2. Ekstraksi serat dan metode manufaktur pembuatan komposit yang tepat, mengingat kedua hal tersebut dapat menentukan performa komposit.
3. Variasi fraksi volume serat dan orientasi serat perlu dikaji, mengingat kedua hal tersebut berpengaruh langsung terhadap sifat mekanis komposit.

Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu alternatif penggunaan serat sebagai penguat komposit berbasis serat alam. Disamping mudah untuk dibudidayakan, sifat mekanis serat dan komposit dapat disejajarkan dengan penguat serat alam lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, ASM Handbook volume 21, 2001, Composite, ASM International Handbook Committee.
- Bledzki, A.K., Gassan J, 1999, Composites Reinforced With Cellulose Based Fibres <http://www.sciencedirect.com/science?> , Online 27 Maret 2010
- Ali, M, 2009, Natural Fibres As Construction Materials, *Proceeding of the International Conference on Non-conventional Materials and Technology (NOCMAT)*, Beth, UK
- Bismarck, A., Jimenez, A.B.Y., Sarikakis, K., 2006, Green Composites As Panacea? Sosio-Economic Aspects of Green Materials, *Springer Science+Business Media*, Vol. 8, pp, 445-463
- De Valde, K.V., Kiekens, P., 1999, Wettability of Natural Fibre Used as Reinforcement for Composite, *2nd International Wood and Natural Fibre Composites Symposium*, Kassel, Germany
- Gibson, F. Ronald, 1994, Principle of Composite Materials Mechanics, *McGraw-Hill, Inc*
- Goda, K, Cao, Y, 2007, Research and Development of Fully Green Composites Reinforced with Natural Fibres, *Journal of Solid Mechanics and*

Materials Engineering, Vol. 1, No. 9 pp, 1073-1081

Joseph, K., Filbo, R.D.T., Thomas S., de Carvalho L.H., 1999, A Review on
Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites, *Revista Brasileirade
Engenharia e Ambiental*, Vol. 3, No.3, pp, 367-379

Mohanty, A.K., Misra, M., Drzal, L.T., 2005, Natural Fibres, Biopolymers and
Biocompsites, *Taylor & Francis Group*, LLC

Munawar, S.S., Umemura, K., Kawai, S., 2006, Characterized the
Morphological, Physical, and mechanical Properties of the Non-Wood
Plant Fibre Bundles, <http://www.springerlink.com/content/>, on Line 10
Desember 2006

Murillo, C.G., Ansell, M.P., 2009, Mechanical Properties of Henequen
Fibre/Epoxy Resin Composites, *Mechanics of Composite Materials*,
Vol. 45, No. 4, pp, 435 – 441.

Mwaikambo, L.Y., Ansell, M.P., 1999 The effect of chemical treatment
on the properties of hemp, sisal, jute and kapok fibres for composite
reinforcement, *2nd International Wood and Natural Fibre Composites
Symposium*, pp, 12.1 –12.16.

Singha, A.S., Thakur, V.K., 2008, Mechanical Properties of Natural Fibre
Reinforced Polymer Composites, *Bull Mater Sci*, Vol. 31, No. 5, pp,791
– 799

Sreenivasan , V.S., Somasundaram , S., Ravindran, D., Manikandan ,V.,
Narayanasamy, R., 2010, Microstructural, physico-chemical and

mechanical characterisation of *Sansevieria cylindrica* fibres – An exploratory investigation, <http://www.sciencedirect.com/science?>, on Line 8 June 2010.

- Taj, S., Munawar ,M.A., Khan ,S., 2007, Natural Fiber-Reinforced Polymer Composite, *Proc. Pakistan Acad. Sci*, Vol. 44, No. 2, pp, 129-144
- Thygesen, L.G., Asgharipour, M.R., 2008, The Effects of Growth and Storage Conditions on Dislocations in Hemp Fibres, *Springer Science+Business Media*, Vol. 43, pp, 3670-3673
- Vasiliev, V.V., Morozov, E. V. 2001. *Mechanic and Analysis of Composite Material*, Elsevier Science. Ltd. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK.

Lampiran 1. Hasil Taksonomi Tumbuhan



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS BIOLOGI
LABORATORIUM TAKSONOMI TUMBUHAN
Jalan Teknika Selatan Sekip Utara Yogyakarta 55281 Telpun (0274) 6492262/6492272; Fax: (0274) 580839

SURAT KETERANGAN
Nomer : 0175/ T.Tb. / IV/ 2010

Yang bertanda tangan dibawah ini, Kepala Laboratorium Taksonomi Tumbuhan Fakultas Biologi UGM, menerangkan dengan sesungguhnya bahwa,

Nama : Imran S. Musanif
NIM : 08/277409/PTK/5375
Asal instansi : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM

telah melakukan identifikasi tumbuhan dengan hasil sebagai berikut,

Familia : Agavaceae
Genus : Sansevieria
Species : *Sansevieria trifasciata* Prain.
Nama Daerah : Lidah Mertua

identifikasi tersebut dibantu oleh Drs. Heri Sujadmiko, M.Si.
Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

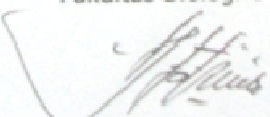
Yogyakarta, 22 April 2010

Mengetahui,
Dekan Fakultas Biologi
Universitas Gadjah Mada



Drs. Retno Peni Sancayaningsih, M. Sc.
NIP. 195509291982032002

Kepala Laboratorium
Taksonomi Tumbuhan
Fakultas Biologi UGM



Drs. Heri Sujadmiko, M.Si
NIP. 19640209 199103 1001

Lampiran 2. Hasil Uji Densitas Serat

Berat serat di udara

No.	Tanpa Perlakuan (gr)	1 Jam (gr)	2 Jam (gr)	3 Jam (gr)
1	0,066	0,018	0,02	0,013
2	0,089	0,013	0,023	0,015
3	0,075	0,011	0,019	0,018
4	0,042	0,012	0,017	0,017
5	0,032	0,019	0,021	0,015

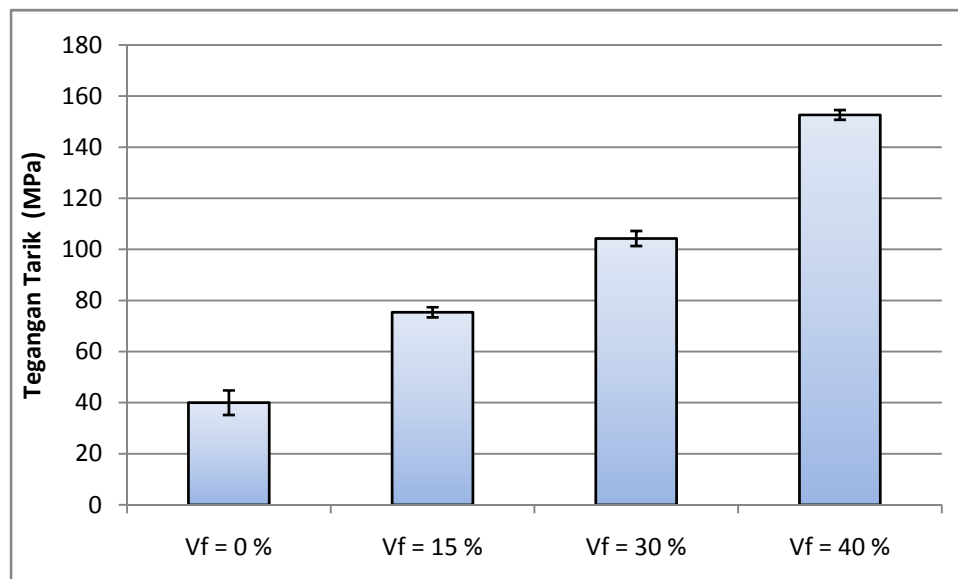
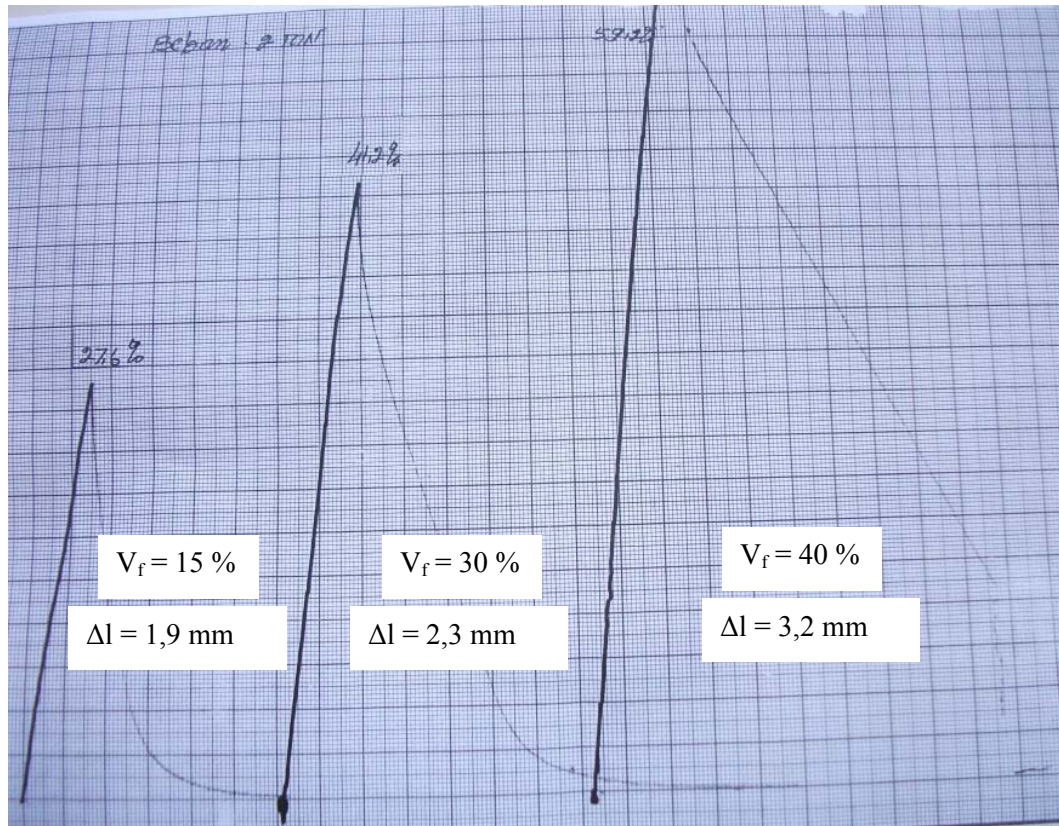
Berat serat di air destilasi

No.	Tanpa Perlakuan (gr)	1 Jam (gr)	2 Jam (gr)	3 Jam (gr)
1	-0,005	-0,002	-0,003	-0,001
2	-0,007	-0,002	-0,005	-0,002
3	-0,005	-0,001	-0,001	-0,003
4	-0,002	-0,002	-0,003	-0,003
5	-0,001	-0,002	-0,004	-0,004

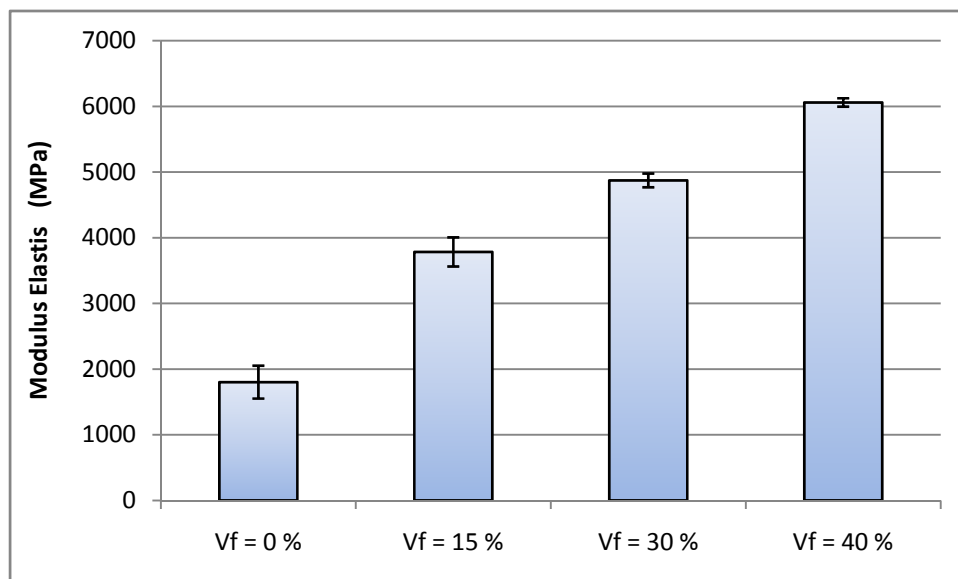
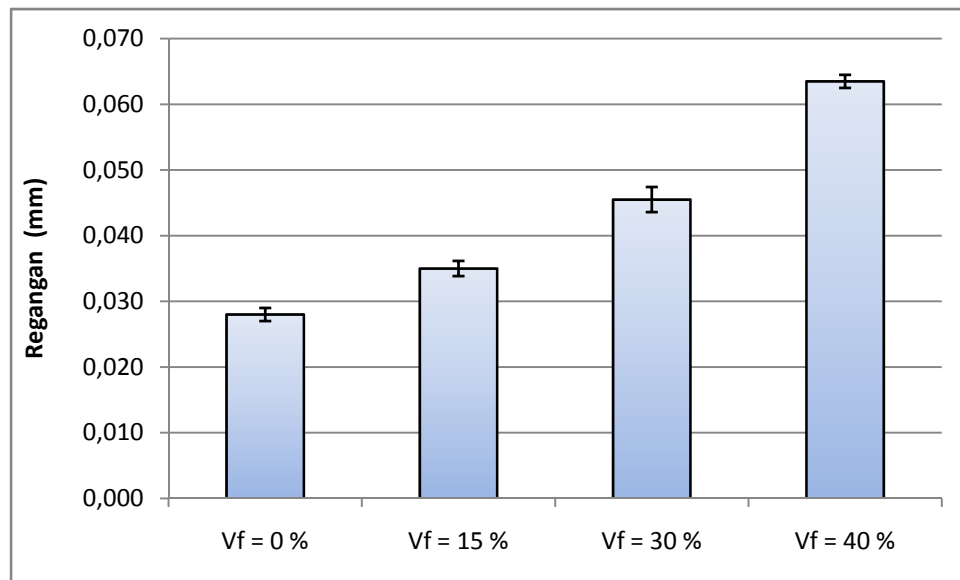
Lampiran 3. Hasil Uji Kadar Air Serat

No.	Perlakuan	Waktu Pemanasan (Menit)				
		0	30	60	90	120
1	0 Jam	0,598	0,543	0,531	0,528	0,528
2	1 Jam	0,371	0,346	0,339	0,337	0,337
3	2 jam	0,369	0,346	0,34	0,338	0,338
4	3 Jam	0,337	0,318	0,314	0,313	0,313

Lampiran 4. Hasil uji tarik komposit yang diperkuat serat daun “RZ”



Lampiran 4. Hasil uji tarik komposit yang diperkuat serat daun "RZ".



Lampiran 5. Hasil Uji Bending

Data uji bending; fraksi volume 15 %

δ (mm)	F (kg)			
	1	2	3	4
0,25	0,8	0,9	0,9	0,7
0,50	2,5	2,7	2,3	2,6
0,75	3,9	4,1	3,7	4,0
1,00	5,0	5,2	4,6	4,8
1,25	6,1	6,6	5,4	5,7
1,50	7,1	7,3	6,7	6,3
1,75	8,2	8,9	7,4	7,8
2,00	9,3	10,2	8,3	8,5
2,25	10,2	10,9	10,2	9,2
2,50	11,3	11,7	11,1	10,8
2,75	12,3	13,2	12,5	12,7
3,00	13,4		13,2	
3,25			14,6	

Lampiran 5. Hasil Uji Bending

Data uji bending; fraksi volume 30 %

δ (mm)	F (kg)			
	1	2	3	4
0,25	1,0	1,3	1,2	1,1
0,50	2,5	2,7	2,3	2,1
0,75	3,9	4,1	3,7	3,1
1,00	5,0	5,2	4,6	4,1
1,25	6,1	6,6	5,4	5,1
1,50	7,1	7,3	6,7	6,1
1,75	8,2	8,9	7,4	7,1
2,00	9,3	10,2	8,3	8,1
2,25	10,2	10,9	10,2	9,1
2,50	11,3	11,7	11,1	10,1
2,75	12,3	13,2	12,5	11,1
3,00	13,4	14,5	13,2	12,1
3,25	15,2	15,8	14,6	13,1
3,50	16,0	16,4	15,4	14,1
3,75	16,9	16,9	16,7	15,1
4,00		17,2	16,9	16,1
4,25		17,4		16,6

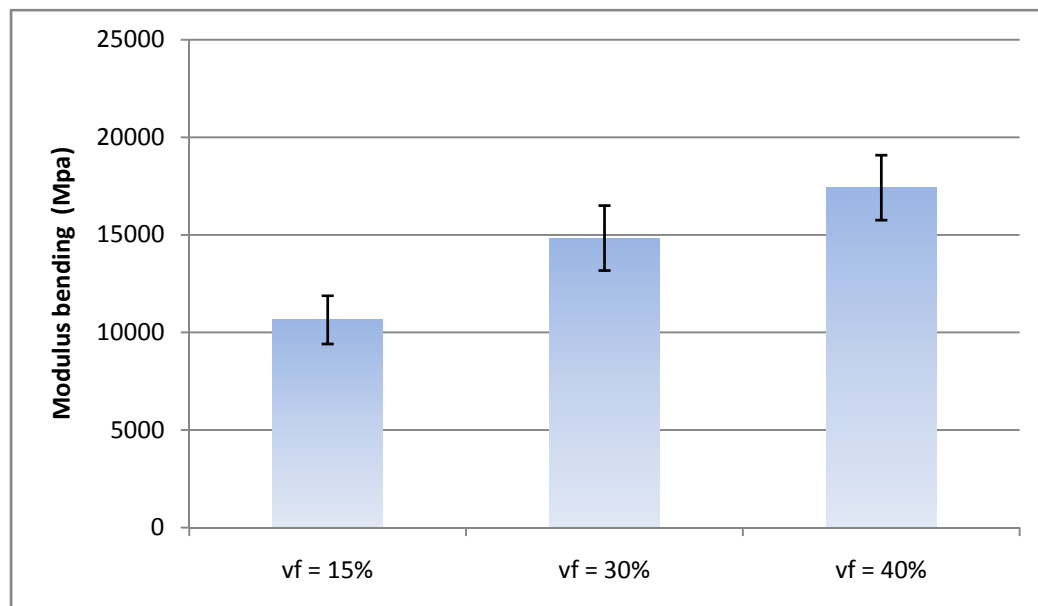
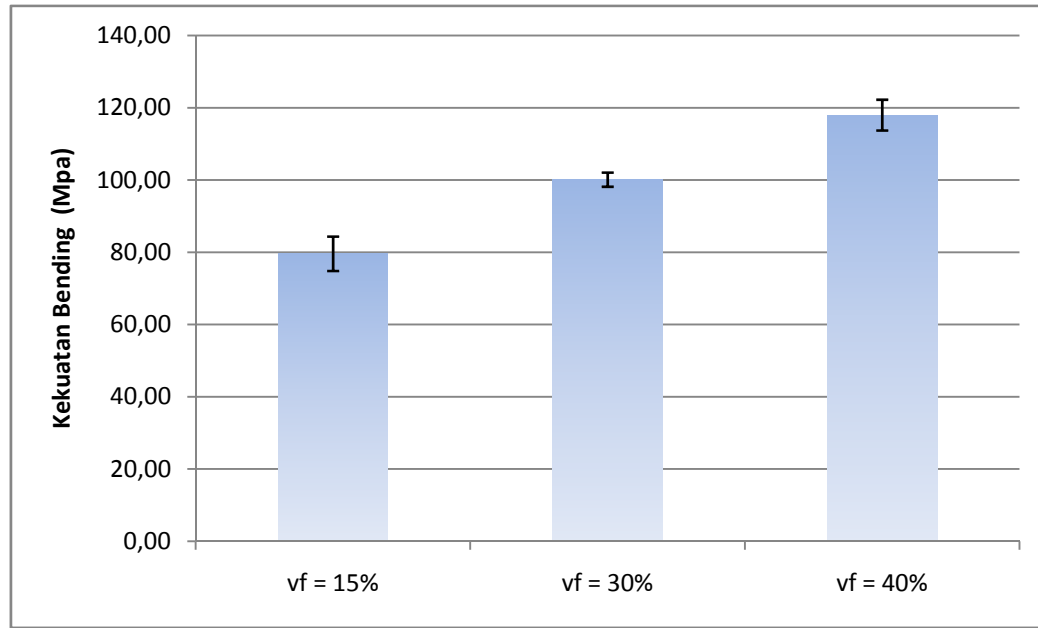
Lampiran 5. Hasil Uji Bending

Data uji bending; fraksi volume 40 %

δ (mm)	F (kg)			
	1	2	3	4
0,25	1,2	1,5	1,4	1,3
0,50	2,5	2,7	2,3	2,6
0,75	3,9	4,1	3,7	4,0
1,00	5,0	5,2	4,6	4,8
1,25	6,1	6,6	5,4	5,7
1,50	7,1	7,3	6,7	6,3
1,75	8,2	8,9	7,4	7,8
2,00	9,3	10,2	8,3	8,5
2,25	10,2	10,9	10,2	9,2
2,50	11,3	11,7	11,1	10,8
2,75	12,3	13,2	12,5	12,7
3,00	13,4	14,5	13,2	14,0
3,25	15,2	15,8	14,6	15,3
3,50	16,0	16,4	15,4	16,6
3,75	16,6	17,1	16,7	17,4
4,00	17,1	17,9	16,9	18,0
4,25	17,7	18,8	17,6	18,8
4,50	18,2	19,1	18,2	19,5
4,75	19,1	19,8	18,8	20,0
5,00	19,7	20,2	19,4	20,4
5,25	19,9	20,9		20,8
5,50	20,2			21,2

Lampiran 5. Hasil Uji Bending

Grafik rata-rata Uji bending



Lampiran 6. Hasil Uji Impak

Vf	β ($^{\circ}$)				α ($^{\circ}$)	m (kg)	r (m)	g (ms^{-2})
15 %	150,5	151	150	149,7	156	8,5	0,83	10
30 %	149	148,5	147,5	148,7	156	8,5	0,83	10
40 %	140,5	140	141	142	156	8,5	0,83	10

Grafik rata-rata uji impak

