

**PENGARUH FRAKSI VOLUME TERHADAP KEKUATAN TARIK
KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KULIT BATANG WARU
(*HIBISCUS TILIACEUS*) – RESIN *EPOXY*
(Skripsi)**

Oleh
R. DIAN WIDIATMOKO



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

EFFECT OF THE VOLUME FRACTION OF FIBER TENSILE STRENGTH COMPOSITE HIBISCUS LEATHER FIBER (*HIBISCUS TILIACEUS*) - EPOXY RESIN

By

**R. Dian Widiatmoko
1015021052**

The development of materials science is essentially continues to grow along with utilizing the materials and processing technology. One aspect to consider in getting the new material is the use of materials derived from plants or organic. One material that can be made from organic materials that is composite.

Hibiscus tree grew and spread to almost all provinces in Indonesia, but the utilization of limited hibiscus bark for rope or fastener. While the hibiscus leather fiber has the potential to be utilized as a reinforcing material composite. This research is to determine the relationship between fiber volume fraction on tensile strength. In this study hibiscus bark fibers made alkali treatment 5% for 2 hours. While the epoxy resin used is the variation of fiber volume fraction of 5%, 10% and 15%.

This composite testing, using a tensile testing with ASTM D-638. From the results of the tensile test tensile strength values obtained at the lowest possible volume fraction of 5% which is the value of 11.063 MPa. The highest tensile test results on a volume fraction of 15% with a value of 15.973 MPa. And for the volume fraction of 10% obtained by the value of 12.997 MPa. The tensile test results show the relationship between the volume fraction of the tensile test, the higher the volume fraction, the higher the tensile stress given. Based on the results of scanning electron microscope shows fiber pull-out and the void are the main causes of failure of composites.

Keywords: Composite, hibiscus leather fiber, epoxy resin, the volume fraction, tensile strength, Scanning Electron Microscope (SEM).

ABSTRAK

PENGARUH FRAKSI VOLUME TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KULIT BATANG WARU (*HIBISCUS TILIACEUS*) – RESIN *EPOXY*

Oleh

R. Dian Widiatmoko
1015021052

Perkembangan ilmu material pada hakikatnya terus berkembang seiring dengan memanfaatkan pengolahan bahan dan teknologi. Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam mendapatkan material baru adalah pemanfaatan bahan yang berasal dari tumbuhan atau organik. Salah satu material yang dapat terbuat dari bahan organik adalah komposit.

Pohon waru tumbuh dan tersebar hampir di seluruh provinsi di Indonesia namun pemanfaatan kulit batang waru sebatas untuk tali atau pengikat. Sedangkan serat kulit batang waru memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi bahan penguat komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara fraksi volume serat terhadap kekuatan tegangan tarik. Dalam penelitian ini serat kulit batang waru dilakukan perlakuan alkali 5% selama waktu 2 jam. Sedangkan resin yang digunakan adalah *epoxy*, dengan variasi fraksi volume serat 5%, 10%, dan 15%.

Pengujian komposit ini, menggunakan pengujian tarik dengan ASTM D-638. Dari hasil pengujian tarik tersebut diperoleh nilai kekuatan tarik terendah pada fraksi volume 5% yaitu dengan nilai 11,063 MPa. Hasil uji tarik tertinggi pada fraksi volume 15% dengan nilai sebesar 15.973 MPa. Dan untuk fraksi volume 10% diperoleh nilai 12.997 MPa. Hasil pengujian tarik tersebut menunjukkan hubungan antara fraksi volume dengan uji tarik, semakin tinggi fraksi volume maka semakin tinggi tegangan tarik yang diberikan. Berdasarkan hasil *Scanning Electron Microscope* menunjukkan *fiber pull-out* dan *void* adalah penyebab utama kegagalan komposit.

Kata kunci : Komposit, serat kulit waru, resin *epoxy*, fraksi volume, kekuatan tarik, *Scanning Electron Microscope* (SEM).

**PENGARUH FRAKSI VOLUME TERHADAP KEKUATAN TARIK
KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KULIT BATANG WARU
(*HIBISCUS TILIACEUS*) – RESIN EPOXY**

Oleh

R. DIAN WIDIATMOKO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

: **PENGARUH FRAKSI VOLUME TERHADAP KEKUATAN TARIK
KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KULIT BATANG WARU
(HIBISCUS TILIACEUS)-RESIN EPOXY**

Nama Mahasiswa

: **R. Dian Widiatmoko**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015021052

Program Studi

: **Teknik Mesin**

Fakultas

: **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

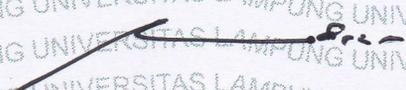


Harnowo Supriadi, S.T., M.T.
NIP. 19690909 199703 1 002



Tarkono, S.T., M.T.
NIP. 197004151998021001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



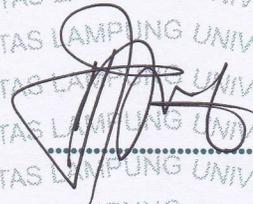
Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

Ketua

: Harnowo Supriadi, S.T., M.T.



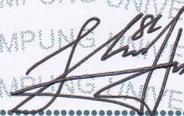
Sekretaris

: Tarkono, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.

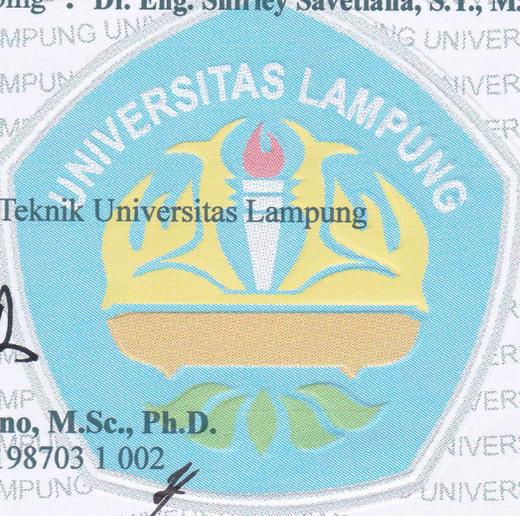


2. **Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Februari 2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Maret 2016



R. Dian Widiatmoko

1015021052

RIWAYAT HIDUP



Robertus Dian Widiatmoko, lahir di Sukoharjo II pada tanggal 15 Desember 1991 yang merupakan anak kelima dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Martinus Sumarsono dan Ibu Theresia Kasiani.

Penulis memulai pendidikan formalnya dari SD Negeri 1 Sukoharjo I dan lulus pada tahun 2004,

selanjutnya di SMP Xaverius Pringsewu dan telah diselesaikannya pada tahun 2007. Serta SMA Xaverius Pringsewu yang diselesaikannya pada tahun 2010.

Selanjutnya penulis terdaftar menjadi mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2010 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis terdaftar dan aktif sebagai anggota divisi Minat dan Bakat mahasiswa pada tahun 2010- 2011, HIMATEM sebagai anggota bidang Otomotif pada tahun 2012-2013. Pada bulan September 2013, penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. PUPUK SRIWIDJAJA Palembang dengan mengambil judul **“Perhitungan Ulang Efisiensi Kompresor Torak 20-C2 (*Reciprocating Compressor 20-C2*) Di Area Amonia Plant PT. Pupuk Sriwidjaja”**.

Dan kemudian penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di Laboratorium Material Universitas Lampung serta melakukan pengujian spesimen di Sentra Teknologi Polimer (BPPT) Serpong - Tangerang Selatan. Hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan pendidikan sarjananya pada tanggal 29 Februari 2016 dengan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) – Resin Epoxy”**.



PERSEMBAHAN

*Dengan segala ketulusan hati, sebuah karya kecil ini
kupersembahkan untuk :*

YESUS KRISTUS

*Orangtuaku, Bapak Martinus Sumarsono
dan Ibu Theresia Kasiani*

Kakak-kakakku yang selalu kusayang

My beloved, Anne Marie yang selalu dihati

*Sahabat serta keluarga besarku Teknik
Mesin 2010 yang selalu memberikan warna
selama kuliah*

*Almamaterku Tercinta
"UNIVERSITAS LAMPUNG"*



MOTTO



"Only God Can Judge Me"

-Zlatan Ibrahimovic-

"Dream Create Future"



SANWACANA

Puji Syukur kehadiran Tuhan YME, yang telah memberikan rahmat dan hidayah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **"Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) – Resin Epoxy"**. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan Skripsi ini, yaitu :

1. Kedua Orang Tuaku, **Martinus Sumarsono** dan **Ibu Theresia Kasiani** yang telah berjuang untuk membesarkan, merawat dan membimbing hingga saat ini, terimakasih pula atas segala motivasi serta do'a yang tulus sehingga penulis dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kakak- kakakku, **Albertus Eko Asep Susanto, Maria Widiastuti, Natalia Desi Andriyanti, Francisca Dewi Ratnasari, Petrus Suwardi** dan **Martinus Mulyono** yang senantiasa memberikan semangat serta motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
3. Keponakan tercinta, **Vincent, Vio, Arya, Mikha, Narend** dan **Farrel**.
4. Bpk **Ahmad Su'udi, S.T., M.T.** selaku kepala Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Bpk **Harnowo Supriadi, S.T., M.T.** selaku pembimbing I skripsi.
6. Bpk **Tarkono, S.T., M.T.** selaku pembimbing II skripsi.
7. Ibu **Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.** selaku penguji skripsi.
8. Bpk **Dr. Amrul, S.T., M.T.** selaku dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Bpk **Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

10. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung beserta staf Adminitrasi Jurusan.
11. **My Beloved, Anne Marie** terimakasih atas kebersamaan kita selama 5 tahun ini dan segala motivasi serta semangat yang telah diberikan selama ini.
12. Teman seperjuangan, **Ridho Aritonang** yang telah bekerjasama dalam menyelesaikan penelitian skripsi ini.
13. **Yulius Fery Ardianto, Mateus Diki Destino, Desy Okfita, Benedictus Dwiko Andriadi, Hermawan, Ari Setiawan, Nicolaus Bayu Pradita, Irfan David, Yohanes Eko, Dedek Reynaldo, Anas Prikurnia, Dian Setiawan, Bagus Setya Atmaja, Dedy Kurniawan, Agus Ari Prasetyo,** dkk terimakasih atas motivasi serta kebersamaan.
14. Seluruh sahabat- sahabatku di **TM 2010**, terkhususkan kepada **Made Yoga Adi Winata, Hendy Ryanto, I Nyoman Arnando, Fiskan Yulistiawan, Angga Roby Virtajaya, Dian Purnama** dan **Faldy Ikhsan** yang telah membantu dan memberi semangat dalam penyelesaian masa study penulis.
15. **Senior** yang selalu memberikan semangat **alm. Andreas Lamhot Davis Napitu**, bang **Ronal**, mas **Andy Winarto**, bang **Agus Kurniawan** dan mas **Muhammad Ikhsan**.
16. **Teknik Mesin All Angkatan** terimakasih atas kebersamaannya selama ini.
17. **Staf Dekanat Teknik** yang telah membantu dalam mengurus segala keperluan skripsi ini.
18. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan dalam penulisan skripsi ini yang masih jauh dari kesempurnaan, saran dan kritik diharapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang, akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Maret 2016

Penulis,

Robertus Dian Widiatmoko
1015021052

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
HALAMAN MOTTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Batasan Masalah	3
D. Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Komposit	5
1. Komposit Partikel (<i>Particle Composite</i>)	7
2. Komposit Serat (<i>Fibre Composite</i>)	8
3. Komposit Struktural (<i>Structural Composite</i>)	11

B. Resin <i>Epoxy</i>	13
1. Resin <i>Thermoplastik</i>	13
2. Resin <i>Thermoset</i>	13
C. Pohon Waru.....	17
D. Fraksi <i>Volume</i>	21
E. Pengujian Uji Tarik.....	21
F. <i>Scanning Electron Microscope</i>	23
G. Perlakuan Alkali.....	26
H. Perhitungan <i>Rule of Mixture</i>	26
III. METODOLOGI PENELITIAN	28
A. Tempat Penelitian.....	28
B. Bahan yang Digunakan.....	28
C. Alat yang Digunakan.....	29
D. Perbandingan Fraksi <i>Volume</i>	29
E. Prosedur Penelitian.....	29
1. Survey Lapangan dan <i>Study Literature</i>	30
2. Persiapan Serat.....	30
3. Pencetakan Komposit.....	31
4. Pengujian dan Pengolahan Data.....	33
F. Alur Proses Pengujian.....	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
A. Pengujian Tarik Komposit Serat Waru.....	37
1. Komposit Serat Kulit Pohon Waru Dengan Fraksi Volume 5 %.....	37
2. Komposit Serat Kulit Pohon Waru Dengan Fraksi Volume 10 %.....	40
3. Komposit Serat Kulit Pohon Waru Dengan Fraksi Volume 15 %.....	42
4. Hubungan Antara Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Tegangan Tarik.....	45
5. Hubungan Antara Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Regangan Komposit.....	45
B. Analisa Kekuatan Tarik dengan <i>Scanning Electron Microscope</i>	46
1. Komposit Serat kulit Pohon Waru Fraksi Volume 5%.....	47
2. Komposit Serat kulit Pohon Waru Fraksi Volume 15%.....	49
C. Prediksi Kekuatan Tarik Komposit Menggunakan <i>Rule of Mixture</i>	52
V. SIMPULAN DAN SARAN	54
A. Simpulan.....	54
B. Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan serat sintetis	9
Tabel 2.2 Sifat mekanik <i>epoxy</i>	15
Tabel 2.3 Komponen senyawa kimia menurut golongan kayu	18
Tabel 3.1 Jumlah spesimen uji	32
Tabel 4.1 Nilai kekuatan tarik komposit dengan fraksi serat 5%	37
Tabel 4.2 Nilai kekuatan tarik komposit dengan fraksi serat 10%	40
Tabel 4.3 Nilai kekuatan tarik komposit dengan fraksi serat 15%	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Komponen Penyusun Komposit.....	5
Gambar 2.2 Klasifikasi Komposit.....	6
Gambar 2.3 Komposit partikel penguatnya berbentuk partikel atau serbuk.....	7
Gambar 2.4 Komposit serat berupa serat sintetis atau serat alam.....	8
Gambar 2.5 Jenis-jenis orientasi serat pada komposit berpenguat	10
Gambar 2.6 Komposit <i>Sandwich</i>	11
Gambar 2.7 Komposit laminat	12
Gambar 2.8 <i>Epoxy</i>	15
Gambar 2.9 <i>Vinyl Ester</i>	16
Gambar 2. 10 Struktur kayu waru	19
Gambar 2.11 Serat waru yang telah dilakukan perlakuan NaOH selama 3 jam	19
Gambar 2.12 (a) pohon waru yang digunakan untuk mendapatkan serat kulit batang waru dan (b) kulit waru yang akan diekstrak untuk mendapatkan serat.....	20
Gambar 3.1 Geometri spesimen uji tarik	32
Gambar 3.2 Mesin Uji Tarik	33
Gambar 3.3 Alur proses pengujian.....	36
Gambar 4.1 Grafik hubungan tegangan – regangan komposit berpenguat serat 5%.....	39
Gambar 4.2 Grafik hubungan tegangan – regangan komposit berpenguat serat 10%.....	41

Gambar 4.3 Grafik hubungan tegangan – regangan komposit berpenguat serat 15%	43
Gambar 4.4 Gambar grafik hubungan antara fraksi volume dengan tegangan tarik	45
Gambar 4.5 Gambar grafik pengaruh fraksi volume terhadap regangan komposit.....	46
Gambar 4.6 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W5C yaitu pengujian tarik terendah dengan perbesaran 500 μ m	47
Gambar 4.7 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W5C yaitu pengujian tarik tertinggi dengan perbesaran 10 μ m	48
Gambar 4.8 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W5C yaitu pengujian tarik tertinggi dengan perbesaran 5 μ m	48
Gambar 4.9 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W5C yaitu pengujian tarik tertinggi dengan perbesaran 2 μ m	49
Gambar 4.10 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W15A yaitu pengujian tarik tertinggi dengan perbesaran 500 μ m .	50
Gambar 4.11 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W15A yaitu pengujian tarik tertinggi dengan perbesaran 10 μ m...	51
Gambar 4.12 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W15A yaitu pengujian tarik tertinggi dengan perbesaran 5 μ m.....	51
Gambar 4.13 Foto <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada spesimen W15A yaitu pengujian tarik tertinggi dengan perbesaran 2 μ m.....	52

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu material pada hakikatnya terus berkembang seiring dengan memanfaatkan pengolahan bahan dan teknologi. Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam mendapatkan material baru adalah pemanfaatan bahan yang berasal dari tumbuhan atau organik. Salah satu material yang dapat terbuat dari bahan organik adalah komposit.

Material komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang berbeda, dengan syarat adanya ikatan permukaan antara kedua material tersebut. Komposit tidak hanya digunakan untuk sifat struktural tetapi dapat juga dimanfaatkan untuk berbagai sifat yang lainnya seperti listrik, panas, atau material-material yang memperhatikan aspek lingkungan. Komposit pada umumnya diklasifikasikan menjadi 2 bagian yang berbeda dimana fasa kontinyu disebut matrik, dan fasa diskontinyu disebut sebagai penguat.

Penggunaan dan pemanfaatan material komposit sekarang ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai bidang industri baik industri skala kecil maupun industri besar.

Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternatif lain seperti kuat, ringan, tahan korosi, dan ekonomis.

Waru – *Hibiscus tiliaceus*, merupakan jenis tanaman yang sangat dikenal oleh penduduk Indonesia. Jenis ini biasanya dapat ditemukan dengan mudah karena tersebar luas di daerah tropik dan terutama tumbuh berkelompok di pantai berpasir atau daerah pasang surut. Walaupun tajuknya tidak terlalu rimbun, waru disukai karena akarnya tidak dalam sehingga tidak merusak jalan dan bangunan di sekitarnya. Penelitian sebelumnya yang dilakukan Arif Nurudin, komposit untuk pembuatan lambung kapal spesimen komposit yang diperkuat serat kulit waru matrik polyester BTQN 157 dengan katalis MEKPO 1%. dengan perlakuan NaOH 5% selama 2 jam. Harga kekuatan tariknya hampir sama antara arah sudut serat $0^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ yaitu $86,14 \text{ N/mm}^2$; $0^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ yaitu $86,46 \text{ N/mm}^2$; dan $0^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ yaitu $86,78 \text{ N/mm}^2$. Harga kekuatan tarik terendah tanpa perlakuan alkali adalah $69,13 \text{ N/mm}^2$ pada arah orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ (Nurudin, 2011).

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Yuspian Gunawan, dkk. Dengan matrik *polyester* dengan dan perlakuan serat menggunakan 5% MEKPO serta 5% NaOH. Hasil pengujian tarik pada perlakuan 5% MEKPO untuk perendaman selama 3 jam yaitu sebesar $28,552 \pm 15,887 \text{ MPa}$. Untuk perlakuan 5% NaOH diperoleh hasil tertinggi pada perendaman 1 jam sebesar $30,377 \pm 6,622 \text{ MPa}$ (Gunawan dkk, 2013).

Untuk itu, penulis melakukan penelitian yang merujuk dari hasil penelitian tersebut dengan menggunakan variasi fraksi volume serta pengujian kekuatan terhadap uji tarik.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh fraksi volume pada komposit berpenguat serat kulit waru terhadap kekuatan tarik.
2. Mengamati mekanisme kegagalan pada komposit dengan foto SEM.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan agar penelitian ini lebih fokus dan terarah dalam hal penganalisaan yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan pengujian tarik standar ASTM D-638.
2. Komposit yang dibuat menggunakan serat kulit waru sebagai penguat.
3. Susunan serat pada komposit adalah susunan secara acak.
4. Pengamatan SEM dilakukan pada penampang patahan spesimen uji tarik.
5. Fraksi volume serat pada komposit berturut-turut adalah 5%, 10%, dan 15%.
6. Resin yang digunakan adalah resin epoxy.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

II : TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisikan tentang teori yang berhubungan dan mendukung masalah yang diambil.

III : METODOLOGI PENELITIAN

Terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, prosedur pembuatan dan diagram alir pelaksanaan penelitian.

IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil penelitian dan pembahasan dari data-data yang diperoleh setelah pengujian.

V : SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang dipergunakan penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

LAMPIRAN

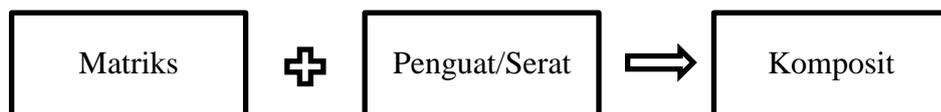
Berisikan pelengkap laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Komposit.

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya.

Pada desain struktur dilakukan pemilihan matriks dan penguat, hal ini dilakukan untuk memastikan kemampuan material sesuai dengan produk yang akan dihasilkan.



Gambar 2.1 Komponen Penyusun Komposit (Tamba,2009).

Keterangan Gambar :

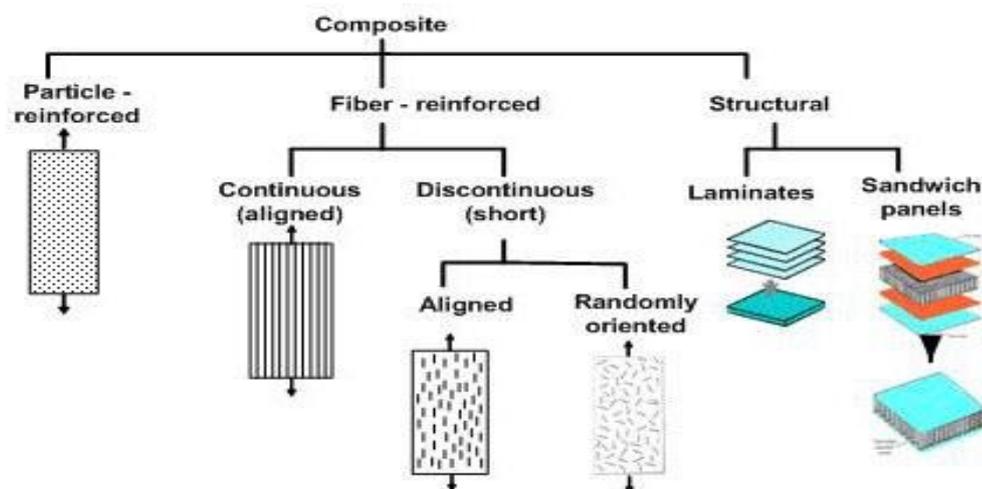
1. Matriks berfungsi sebagai penyokong, pengikat fasa, penguat.
2. Penguat/serat merupakan unsur penguat kepada matriks.
3. Komposit merupakan gabungan, campuran dua atau lebih bahan bahan yang terpisah.

Material komposit mempunyai sifat yang berbeda dari material yang umum atau biasa digunakan. Sedangkan proses pembuatannya melalui proses pencampuran yang tidak homogen, sehingga kita dapat lebih leluasa dalam merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan cara mengatur komposisi dari material pembentuknya.

Pada umumnya sifat-sifat yang dimiliki komposit ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Jenis bahan-bahan penyusunnya.
2. Bentuk geometri dan struktur bahan-bahan penyusun.
3. Rasio perbandingan bahan-bahan penyusun.
4. Daya lekat antar bahan-bahan penyusunnya.
5. Orientasi bahan penguat dan proses pembuatannya.

Selain itu, adapun klasifikasi komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

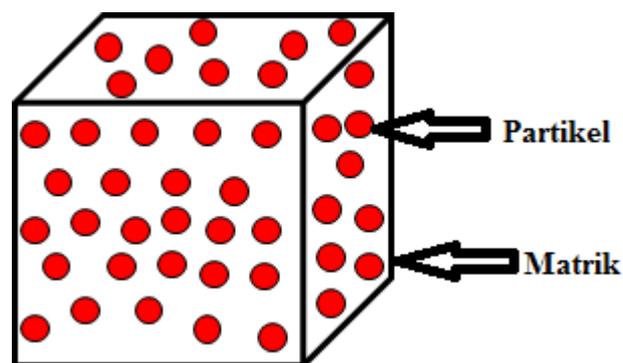


Gambar 2.2 Klasifikasi Komposit (Tamba,2009)

Dari **Gambar 2.2** klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguatnya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Komposit Partikel (*Particle Composite*).

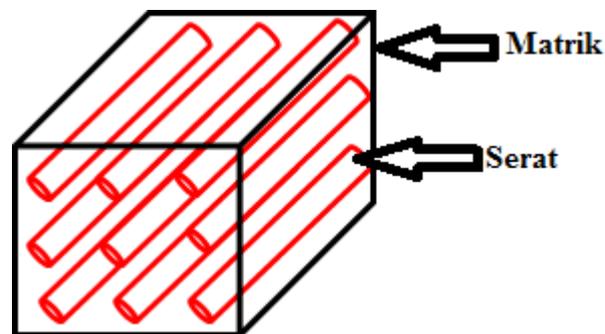
Komposit Partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain- lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren di antara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik.



Gambar 2.3 Komposit partikel penguatnya berbentuk partikel atau serbuk (Surdia,1995).

2. Komposit Serat (*Fibre Composite*).

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Jenis komposit ini hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan pengisi berupa serat. Biasanya disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman (Martikno, 2007).



Gambar 2.4 Komposit serat dapat berupa serat sintetis atau serat alam (Surdia,1995).

Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

Tabel 2.1 Tabel kelebihan dan kekurangan serat sintetis(Faisal,2008).

Fiber	Kelebihan	Kekurangan
Fiber-glass	1. Kekuatan tinggi 2. Relatif murah	Kurang elastis
Fiber-carbon	1. Kuat hingga sangat kuat 2. Stiffness(kuat+keras) besar 3. Koefisien pemuaian kecil 4. Menahan getaran	1. Agak getas 2. Nilai peregangan kurang 3. Agak mahal
Fiber-graphite	1. Lebih stiffness dari Carbon 2. Lebih ulet	Kurang kuat disbanding Carbon
Fiber-nylon(aramid)	1. Agak stiff (kuat+keras) & sangat ulet 2. Tahan terhadap benturan 3. Kekuatannya besar (lebih kuat dari baja) 4. Lebih murah dari carbon	1. Kekutan tekan lebih rendah dari carbon 2. Ketahanan panas lebih rendah dari carbon (hingga 180°C)

Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu:

a. Komposit serat pendek (*short fiber composite*)

Berdasarkan arah orientasi material komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu serat acak (*inplane random orientasi*) dan serat satu arah.

Tipe serat acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.

b. Komposit serat panjang (*long fiber composite*)

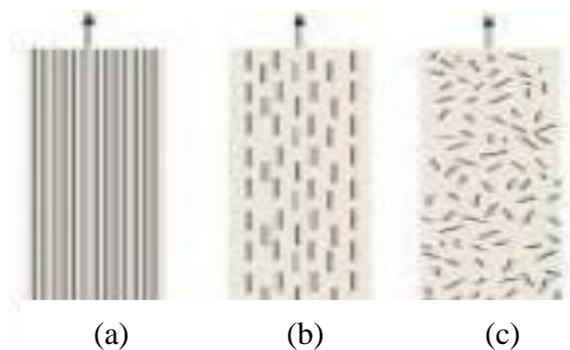
Keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya.

Perbedaan serat panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matriks akan menentukan sifat

dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang.

Secara umum arah serat pada komposit berpenguat serat dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

- a. Serat panjang dengan arah yang sama, gambar 2.5 (a)
- b. Serat pendek dengan arah yang sama, gambar 2.5 (b)
- c. Serat pendek dengan arah acak, gambar 2.5 (c)



Gambar 2.5 Jenis-jenis orientasi serat pada komposit berpenguat

Serat (a) serat panjang dengan arah yang sama, (b) serat pendek dengan arah yang sama, dan (c) serat pendek dengan arah acak (Vlack,1995).

Matrik yang baik untuk digunakan pada komposit serat harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

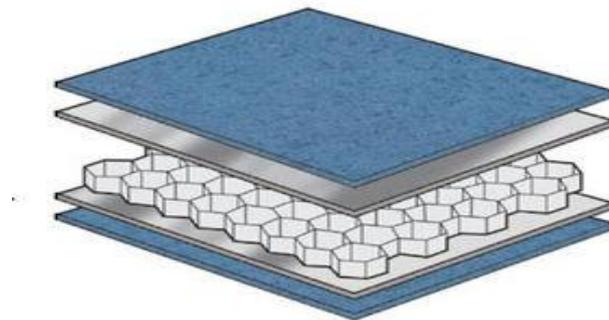
- a. Matrik melekat dengan baik pada permukaan serat sehingga beban yang diberikan pada komposit akan didistribusikan dengan baik kepada serat, karena serat inilah yang memegang peranan penting dalam menahan beban yang diterima oleh komposit.
- b. Melindungi permukaan serat dari kerusakan.
- c. Melindungi serat dari perambatan keretakan.

3. Komposit Struktural (*Structural Composite*).

Komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih material yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat tersendiri.

a. Komposit *Sandwich* (*Sandwich Composite*)

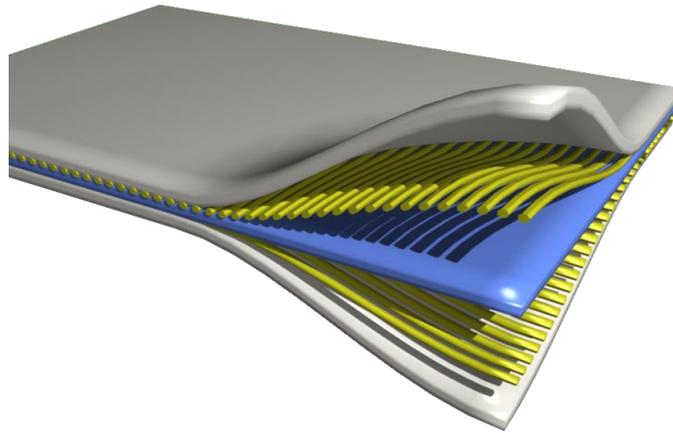
Komposit *sandwich* merupakan gabungan dua lembar *skin* yang disusun pada dua sisi luar dan *core* yang ringan di antara dua *skin*. Struktur *sandwich* biasanya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan kekakuan bending yang tinggi dengan bobot yang ringan. *Skin* berfungsi untuk menahan beban aksial dan tranfersal (sehingga harus kuat dan kaku).



Gambar 2.6 Komposit *Sandwich* (Jamasri,2005).

b. Komposit Laminat (*Laminated Composite*)

Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hibrid.



Gambar 2.7 Komposit laminat (Jamasri,2005).

Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan partikel/serat memainkan peranan yang penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan fiber dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Bahan komposit mempunyai densitas yang jauh lebih rendah berbanding dengan konvensionalnya. Ini memberikan implikasi positif dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Implikasi kedua adalah produk komposit yang dihasilkan akan mempunyai berat yang lebih rendah daripada logam. Pengurangan berat adalah satu aspek yang penting dalam bidang automobile dan juga luar angkasa. Ini karena berhubungan dengan penghematan bahan bakar. Dalam industri luar angkasa terdapat kecenderungan untuk menggantikan komponen yang terbuat dari logam dengan material komposit karena komposit telah terbukti memiliki ketahanan terhadap *fatigue* yang baik terutama komposit yang menggunakan serat karbon. Material logam memiliki

kelemahan yang agak mencolok yaitu ketahanan terhadap korosi yang lemah terutama produk yang digunakan sehari-hari. Kecenderungan logam untuk mengalami korosi menyebabkan biaya pembuatan yang tinggi. Bahan komposit sebaliknya, mempunyai ketahanan terhadap korosi yang lebih baik.

B. Resin Epoxy

Resin adalah suatu material yang berbentuk cairan pada suhu ruang, atau dapat pula berupa material padatan yang dapat meleleh pada suhu di atas 200⁰C. Pada dasarnya resin adalah matriks, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan matriks. Resin dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu :

1. Resin *Thermoplastik*

Resin *thermoplastik* adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan, atau dapat dikatakan bahwa proses pengerasannya bersifat *reversible*. Resin termoplastik memberikan sifat-sifat yang lebih unggul dari pada resin termoset, karena memiliki kekuatan lentur yang lebih baik, ketahanan terhadap *cracking* yang lebih tinggi, dan lebih mudah dibentuk tanpa katalis. Namun resin tipe ini sulit dikombinasikan dengan *reinforcement* karena viskositas dan kekuatannya yang tinggi. Beberapa contoh resin termoplastik antara lain: *polyvinylchloride* (PVC), *polyethylene*, *polypropylene* dan lain-lain.

2. Resin *Thermoset*

Resin *Thermoset* adalah resin yang akan mengeras jika dipanaskan, namun jika dipanaskan lebih lanjut tidak akan melunak, atau dengan kata

lain proses pengerasannya *irreversible*. Resin *Thermoset* tidak dapat didaur ulang karena telah membentuk ikatan silang antara rantai – rantai molekulnya. Sifat mekanis dari resin ini bergantung dari unsur molekul yang membentuk jaringan, rapat dan panjang jaringan silang.

Ada beberapa macam Resin *Thermoset*, antara lain :

a. *Polyester*

Matriks *polyester* paling banyak digunakan, terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya pun murah. Resin ini memiliki karakteristik yang khas, yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu lebih dari 79°C. Tergantung partikel resin dan keperluannya.

b. Resin Amino

Resin amino terbuat dari campuran amino yang dikondensasikan. Dapat juga disebut dengan *amino plastic*.

c. *Epoxy*

Resin *epoxy* sering digunakan sebagai bahan pembuat material komposit. Resin ini dapat direkayasa untuk menghasilkan sejumlah produk yang berbeda guna menaikkan kinerjanya.



Gambar 2.8 Epoxy (Surdia,1995).

Tabel 2.2 Sifat mekanik epoxy (Surdia,1995).

Sifat - sifat	Satuan	Nilai Tipikal
Massa Jenis	Gram/cm ³	1,17
Penyerapan air	°C	0,2
Kekuatan tarik	MPa	58,35
Kekuatan tekan	MPa	137,30
Kekuatan lentur	MPa	117,68
Temperatur pencetakan	°C	90

d. Resin Furan

Resin furan biasanya digunakan untuk pembuatan material campuran. Pembuatannya dengan menggunakan proses pemanasan dan dapat dipercepat dengan penambahan katalis asam. Resin ini memiliki ketahanan terhadap bahan – bahan kimia dan tahan terhadap korosi.

e. *Vinyl Ester*

Matriks jenis ini dikembangkan untuk menggabungkan kelebihan dari resin *epoxy*. *Vinyl Ester* memiliki ketangguhan mekanik dan ketahanan korosi yang sangat baik.



Gambar 2.9 *Vinyl Ester* (Surdia,1995).

Resin epoksi termasuk ke dalam golongan *thermosetting*, sehingga dalam pencetakan perlu diperhatikan hal sebagai berikut:

1. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
2. Dapat diukur dalam temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Memiliki viskositas yang rendah disesuaikan dengan material penyangga.
4. Memiliki kelengketan yang baik dengan material penyangga.

Resin epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset dan merupakan bahan perekat sintetik yang banyak dipakai untuk berbagai keperluan termasuk buat kontruksi bangunan. Resin termoset adalah

polimer cairan yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekanis tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan silang. Resin epoksi mengandung struktur epoksi atau *oxirene*. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin epoksi jika direaksikan dengan *hardener* yang akan membentuk polimer *crosslink*. *Hardener* untuk sistem *curing* pada temperatur ruang dengan resin epoksi pada umumnya adalah senyawa poliamid yang terdiri dari dua atau lebih grup amina. *Curing time* sistem epoksi bergantung pada kereaktifan atom hidrogen dalam senyawa amina. Epoksi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada *polyester* pada keadaan basah, namun tidak tahan terhadap asam. Epoksi memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi dan penahan panas yang baik. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol polimerisasi jaringan silang agar didapatkan sifat optimim bahan.

C. Pohon Waru.

Pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*, suku kapas-kapasan atau *Malvaceae*) telah lama dikenal sebagai pohon peneduh tepi jalan atau tepi sungai dan pematang serta pantai. Kayu terasnya agak ringan, cukup padat, berstruktur cukup halus, dan tak begitu keras; kelabu kebiruan, semu ungu atau coklat keunguan, atau kehijau-hijauan. Liat dan awet bertahan dalam tanah, kayu waru ini biasa

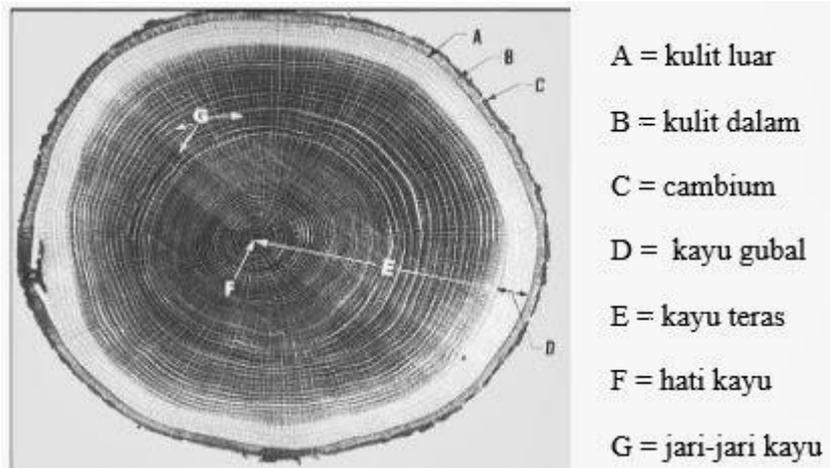
digunakan sebagai bahan bangunan atau perahu, roda pedati, gagang perkakas, ukiran, serta kayu bakar.

Secara umum, komponen kimia pohon atau kayu waru terdiri dari tiga unsur yaitu : (1) Unsur karbohidrat yang terdiri dari selulosa dan hemiselulosa. (2) Unsur non-karbohidrat yang terdiri dari lgnin. (3) Unsur yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan yang sering disebut zat ekstraktif. Serat ini sangat baik untuk dijadikan tali. Serat ini juga merupakan bahan yang penting, dan berasal dari pepagan waru dan dipakai untuk membuat tali. Tali ini, selanjutnya dipergunakan sebagai bahan dasar membuat jaring dan tas-tas kasar.

Caranya sangat sederhana, yaitu bagian kulit batang atau percabangan dikelupas kemudian direndam di dalam lumpur selama 1 minggu. Setelah direndam dalam lumpur selama 1 minggu, dapat diperoleh serat yang disebut *lulup waru*. Setelah bagian kulit batang hilang, yang tinggal hanya bagian seratnya, maka bisa menjadi bahan utama pembuat tali.

Tabel 2.3 Komponen senyawa kimia menurut golongan kayu (Sidauruk,2008).

Komponen Senyawa	Golongan Kayu	
	Kayu Daun Lebar (%)	Kayu Daun Jarum (%)
Selulosa	40 – 45	41 – 44
Lignin	18 – 33	28 – 32
Pentosan	21 – 24	8 – 13
Zat Ekstraktif	1 – 12	2,03
Abu	0,22 – 6	0,89



Gambar 2.10 Struktur kayu waru (Sidauruk,2008).

- a. Kulit luar (*Outer bark*), bagian ini merupakan kulit mati, kering dan berfungsi sebagai pelindung bagian dalam kayu.
- b. Kulit dalam (*Bast*), bagian ini merupakan kulit hidup, yang berfungsi mengangkut bahan makanan dari daun ke bagian lain.
- c. Kambium (*Cambium*), bagian ini merupakan kulit bagian dalam, berupa lapisan tipis (tebalnya hanya berukuran mikroskopik). Bagian inilah yang memproduksi sel-sel kulit dan sel-sel kayu.



Gambar 2.11 Serat waru yang telah dilakukan perlakuan NaOH selama 3 jam.

- d. Kayu gubal (*sap wood*), tebalnya antara 1-20 cm dan berwarna keputih-putihan. Berfungsi sebagai pengangkut air (berikut zat-zat) dari tanah ke daun.
- e. Kayu teras (*Heart wood*), lebih tebal dari kayu gubal yang tidak bekerja lagi. Kayu teras terjadi dari perubahan kayu gubal secara perlahan-lahan. Kayu teras merupakan bagian utama pada struktur kayu yang biasanya lebih awet (terhadap serangan serangga dan jamur) daripada kayu gubal.
- f. Hati (*Puh*), merupakan bagian liingkar kecil yang berada paling tengah dari batang kayu.
- g. Jari-jari teras (*Rays*), yang menghubungkan berbagai bagian dari pohon untuk mrnyimpan dan peralihan bahan makanan.



(a)



(b)

Gambar 2.12 (a) pohon waru yang digunakan untuk mendapatkan serat kulit batang waru dan (b) kulit waru yang akan diekstrak untuk mendapatkan serat.

D. Fraksi Volume.

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat atau serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (vf) atau fraksi massa serat (wf). Namun formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat.

E. Pengujian Uji Tarik.

Uji tarik merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan berdasarkan ketahanan suatu material terhadap beban tarik. Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan *filler* dan matriks sempurna. Pergeseran antara *filler* dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi *filler* sama dengan deformasi matriks.

Pengujian tarik (*tensile test*) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton). Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji. Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula. Regangan merupakan ukuran untuk kekenyalan suatu bahan yang harganya biasanya dinyatakan dalam persen (Zemansky, 2002).

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan-regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada

laju tegangan, temperatur, kelembaban, dan seterusnya.

Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam. Tegangan tarik σ , adalah gaya yang diaplikasikan, F , dibagi dengan luas penampang A yaitu:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

F = Beban yang diberikan arah tegak lurus terhadap penampang spesimen (N)

A_0 = Luas penampang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan (m^2)

σ = *Engineering Stress* (N/m^2)

Satuan yang dipakai adalah dyne per sentimeter kuadrat (CGS) atau Newton per meter kuadrat (MKS). Perpanjangan tarik ε adalah perubahan panjang (Δl) sampel dibagi dengan panjang awal (l):

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta L}{l} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

ε = *Engineering Strain*

l_0 = Panjang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan (m)

ΔL = Pertambahan panjang (m)

Perbandingan tegangan (σ) terhadap perpanjangan (ε) disebut modulus tarik E

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

F. Scanning Electron Microscope.

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengamati serat di dalam matriks bersama dengan beberapa sifat ikatan antara matriks dengan serat penguatnya. Cara untuk mendapatkan struktur mikro dengan membaca bekas elektron. Di dalam SEM, berkas elektron berupa noda kecil yang umumnya berukuran $1\mu m$ pada permukaan spesimen diteliti berulang kali. Permukaan spesimen diambil gambarnya dan dari gambar ini dianalisa keadaan atau kerusakan spesimen. Pentingnya SEM adalah memberikan gambaran nyata dari bagian kecil spesimen, dimana kita dapat menganalisa berat serat, kekasaran serat dan arah serat dan ikatan terhadap komponen matriksnya. Pada SEM suatu berkas insiden elektron yang sangat halus di-*scan* menyilangi permukaan sampel dalam sinkronisasi dengan berkas tersebut dalam tabung sinar katoda. Elektron-elektron yang akan terhambur digunakan untuk memproduksi sinyal yang memodulasi berkas dalam tabung sinar katoda, yang memproduksi suatu citra dengan kedalaman medan yang besar dan penampakan yang hampir tiga dimensi.

Alat ini memiliki banyak keuntungan jika dibandingkan dengan menggunakan mikroskop cahaya. SEM menghasilkan bayangan dengan resolusi yang tinggi, yang maksudnya adalah pada jarak yang sangat dekat

tetap dapat menghasilkan perbesaran yang maksimal tanpa memecahkan gambar. Persiapan sampel relatif mudah. Kombinasi dari perbesaran kedalaman jarak fokus, resolusi yang bagus, dan persiapan yang mudah, membuat SEM merupakan satu dari alat-alat yang sangat penting untuk digunakan dalam penelitian saat ini.

Kelebihan dari SEM adalah bahwa tidak diperlukan persiapan sampel secara khusus. Tebal sampel tidak masalah bagi SEM seperti halnya pada *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Oleh karena itu sampel tebal dapat juga dianalisa dengan SEM asalkan dapat diletakkan di atas tatakan sampelnya. Hampir semua bahan non-konduktor yang dianalisa dengan SEM perlu dilapisi dengan lapisan tipis pada permukaannya dengan bahan konduktor. Lapisan ini penting untuk meniadakan atau mereduksi muatan listrik yang tertumpuk secara cepat di bahan non-konduktor pada saat disinari dengan berkas elektron energi tinggi. Bahan pelapisan yang biasa dipakai adalah emas atau karbon. Bila lapisan ini tidak ada maka pada sampel non-konduktor akan menghasilkan distorsi, kerusakan thermal dan radiasi yang dapat merusak material sampel. Pada situasi yang ekstrim, sampel dapat memperoleh muatan yang cukup untuk melawan berkas elektron yang jatuh padanya sehingga sampel ini bertindak sebagai cermin.

Sedangkan kelemahan dari teknik SEM antara lain memerlukan kondisi vakum, hanya menganalisa permukaan, resolusi lebih rendah dari TEM, dan

sampel harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka perlu dilapis logam seperti mikroskop cahaya dengan elektron.

Komponen utama SEM terdiri dari dua unit, *electron column* dan *display console*. *Electron column* merupakan model *electron beam scanning*.

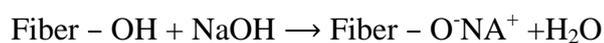
Electron column memiliki piranti-piranti sebagai berikut:

1. Pembangkit elektron electron gundengan filamen sebagai pengemisi elektron atau disebut juga sumber iluminasi Filamen biasanya terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten.
2. Sebuah sistem lensa elektromagnet yang dapat dimuati untuk dapat memfokuskan atau mereduksi berkas elektron yang dihasilkan filamen ke diameter yang sangat kecil.
3. Sebuah sistimperambah *scan* untuk menggerakkan berkas elektron terfokus tadi pada permukaan sampel.
4. Satu atau lebih sistem deteksi untuk mengumpulkan hasil interaksi antara berkas elektron dengan sampel dan merubahnya ke signal listrik
5. Sebuah konektor ke pompa vakum

Sedangkan *display console* merupakan elektron sekunder. Pancaran elektron energi tinggi dihasilkan oleh *electron gun* yang kedua tipenya berdasar pada pemanfaatan arus (Hartanto, L., 2009).

G. Perlakuan Alkali.

Perlakuan alkali (KOH, LiOH, dan NaOH) terhadap serat dilakukan untuk memisahkan lignin dan kontaminan yang terkandung di dalam serat, sehingga didapat serat yang bersih. Reaksi dari perlakuan alkali terhadap serat adalah :



Penelitian mengenai efek modifikasi kimia terhadap serat menyebutkan bahwa perlakuan alkali meningkatkan kekuatan rekat antara serat dengan matrik. Kekuatan tarik disebutkan mengalami peningkatan sebesar 5%.

Penelitian menyatakan bahwa Na^+ memiliki diameter yang sangat kecil sehingga dapat masuk ke pori terkecil serat dan masuk ke dalamnya sehingga dapat melepaskan minyak dan kontaminan lebih baik.

Hasil penelitian tentang perlakuan alkali (5% NaOH) pada komposit serat rami-poliester dengan volume fraksi serat sebesar 35% didapat nilai tegangan tarik yang optimum adalah 190,270 Mpa dan perpanjangan 0,44% untuk perlakuan alkali selama 2 jam dibandingkan dengan nilai tegangan tarik pada perlakuan 0 jam, 4 jam, dan 6 jam.

H. Perhitungan *Rule of Mixture*.

Dalam ilmu material aturan pencampuran atau *rule of mixture* digunakan pada bidang komposit. *Rule of mixture* berfungsi untuk memprediksi hasil pengujian tarik, yang nantinya menjadi acuan agar hasil pengujian tarik yang dilakukan tidak menyimpang dari *rule of mixture*.

Adapaun rumus *rule of mixture* itu sendiri, yaitu sebagai berikut :

$$E_c = \frac{E_f \cdot E_m}{E_m \cdot V_f + E_f \cdot V_m}$$

Untuk serat dengan posisi tegak lurus terhadap gaya tarik yang diberikan.

$$E_c = E_m \cdot V_m + E_f \cdot V_f \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk serat dengan posisi sejajar terhadap gaya tarik yang diberikan
(Diharjo,2006).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Penelitian.

Fabrikasi komposit dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, untuk pengujian tarik dilakukan di Sentra Teknologi Polimer (BPPT Serpong), sedangkan pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Bandung.

B. Bahan yang Digunakan.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Resin *epoxy* dan hardenernya yang berfungsi sebagai matrik.
2. Serat alam yaitu serat kulit pohon waru yang digunakan sebagai bahan penguat komposit.
3. *Wax* yang berfungsi sebagai pelapis antara cetakan dengan komposit, sehingga komposit dapat dengan mudah dilepas dari cetakan.
4. Larutan alkali 5% NaOH, untuk melepaskan lapisan yang menyerupai lilin dipermukaan serat seperti lignin, hemiselulosa dan kotoran lainnya yang melekat pada serat.

5. *Aquades* untuk menghilangkan kadar NaOH yang masih ada dalam serat kulit pohon waru.

C. Alat yang Digunakan.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Cetakan dari bahan akrili, yang dibentuk sesuai geometri spesimen uji, untuk mencetak material.
2. Timbangan digital untuk menimbang serat
3. *Furnace* listrik, untuk proses *post-curing* komposit.
4. *Grinder*, untuk *finishing* geometri specimen uji.
5. *Universal Testing Machine* (UTM), untuk pengujian tarik.
6. Jangka sorong untuk mengukur dimensi specimen uji.
7. *Scanning Electron Microscopy* (SEM), untuk pengamatan komposit.

D. Perbandingan Fraksi Volume.

Perbandingan fraksi volume spesimen yang diuji yaitu:

1. Specimen dengan perbandingan volume epoxy : serat = 95% : 5%
2. Specimen dengan perbandingan volume epoxy : serat = 90% : 10%
3. Specimen dengan perbandingan volume epoxy : serat = 85% : 15%

E. Prosedur Penelitian.

Prosedur penelitian yang dilakukan dibagi menjadi empat tahap yaitu:

1. Survey Lapangan dan *Study Literature*
2. Persiapan serat kulit pohon waru.

3. Proses pencetakan komposit.
4. Pengujian dan pengolahan data.

1. Survey Lapangan dan *Study Literature*.

Pada penelitian ini, proses yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data awal sebagai *study literature*. *Study literature* bertujuan untuk mengenal masalah yang dihadapi, serta untuk menyusun rencana kerja yang akan dilakukan. Pada *study* awal dilakukan langkah-langkah seperti survey lapangan yang berhubungan dengan penelitian yang ingin dilakukan serta mengambil data-data penelitian yang sudah ada sebagai pembanding terhadap hasil pengujian yang akan dianalisis.

2. Persiapan Serat

Serat yang digunakan pada penelitian ini adalah serat kulit pohon waru.

Langkah-langkah dalam persiapan serat ini adalah :

- a. Rendam kulit waru dalam lumpur selama 1 minggu, untuk melunakkan kulit terluar yang keras.
- b. Serat yang telah diurai dan disortir mula-mula dicuci dengan air bersih.
- c. Serat kemudian direndam dengan larutan alkali 5% NaOH selama 2 jam.
- d. Serat kemudian dibilas dengan air bersih.
- e. Serat kemudian dikeringkan ditempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung.

3. Pencetakan Komposit.

Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up*.

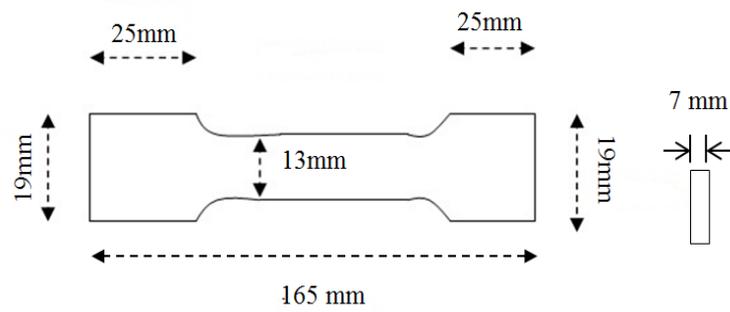
Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Cetakan yang terbuat dari akrilik yang telah disesuaikan dengan geometri *specimen* uji dibersihkan, kemudian lapisi permukaannya dengan *wax* secara merata agar komposit tidak menempel pada cetakan.
- b. *Resin Epoxy* dicampur dengan *hardener* untuk membantu proses pengeringan. Perbandingan *hardener* dan resin epoxy yang digunakan 1 : 1.
- c. Langkah berikutnya adalah mengoleskan permukaan cetakan dengan campuran resin tadi hingga merata.
- d. Selanjutnya masukan serat di atasnya sesuai perbandingan volume yang telah ditentukan.
- e. Kemudian tuang resin kembali di atasnya hingga penuh.
- f. Biarkan hingga mengering selama ± 9 jam, kemudian komposit dikeluarkan dari cetakan.

Geometri Spesimen Uji Tarik ASTM D-638.

Berdasarkan ASTM D-638, bentuk spesimen uji tarik untuk orientasi serat acak dapat menggunakan spesimen tanpa tab.

Geometri spesimen menurut ASTM D-638 “*Standard Test Method for Tensile Propertie of Polymer Matrix Composite Materials*”, ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.1 Geometri spesimen uji tarik (ASTM D-638).

Berdasarkan ASTM D-638, kekuatan tarik maksimum (σ) dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P^{max}}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

σ = kekuatan tarik maksimum (MPa).

P^{max} = beban maksimum sebelum putus (N).

A = lebar spesimen (w) x tebal spesimen (h) (mm^2).

Tabel 3.1 Jumlah spesimen uji.

Pengujian	Volume serat kulit pohon waru pada komposit			Jumlah
	5%	10%	15%	
Uji Tarik	4	4	4	12
Uji SEM	1	-	1	2

4. Pengujian dan Pengolahan Data.

Setelah spesimen uji selesai dibuat, dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

a. Uji Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik komposit. Selain itu, pengujian tarik dimaksudkan untuk mengetahui kegagalan mikro yang terjadi pada spesimen. Pengujian ini dilakukan dengan mesin uji “*Universal Testing Machine (UTM)*”, seperti terlihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2. Mesin Uji Tarik

Langkah-langkah pengujian tarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Pengukuran spesimen uji meliputi panjang daerah cekam, panjang daerah uji, lebar daerah uji dan tebal daerah uji.

1) Menghidupkan mesin uji tarik yang digunakan

- 2) Masukkan dan *setting* kertas millimeter-blok diatas mesin plotter
- 3) Memastikan tekanan udara (*pneumatic*) untuk beban maksimum yang diperlukan terpenuhi.
- 4) Pemasangan pencekam (*gripp holder*) sesuai dengan jenis pengujian dan spesimen.
- 5) Memastikan data spesimen uji yang telah diukur pada komputer dan menetapkan kecepatan pengujian.
- 6) Memastikan jarak pencekam sesuai dengan panjang minimal daerah cekaman (*gripped length*).
- 7) Pemasangan spesimen uji, dan memastikan tercekam dengan sempurna (kuat).
- 8) Jalankan mesin uji tarik.
- 9) Setelah patah, hentikan proses penarikan secepatnya.
- 10) Catat gaya tarik maksimum dan pertambahan panjangnya
- 11) Ambil hasil rekaman mesin plotter dari proses penarikan yang tertuang dalam kertas millimeter-blok.
- 12) Pengolahan data-data hasil uji kekuatan tarik.

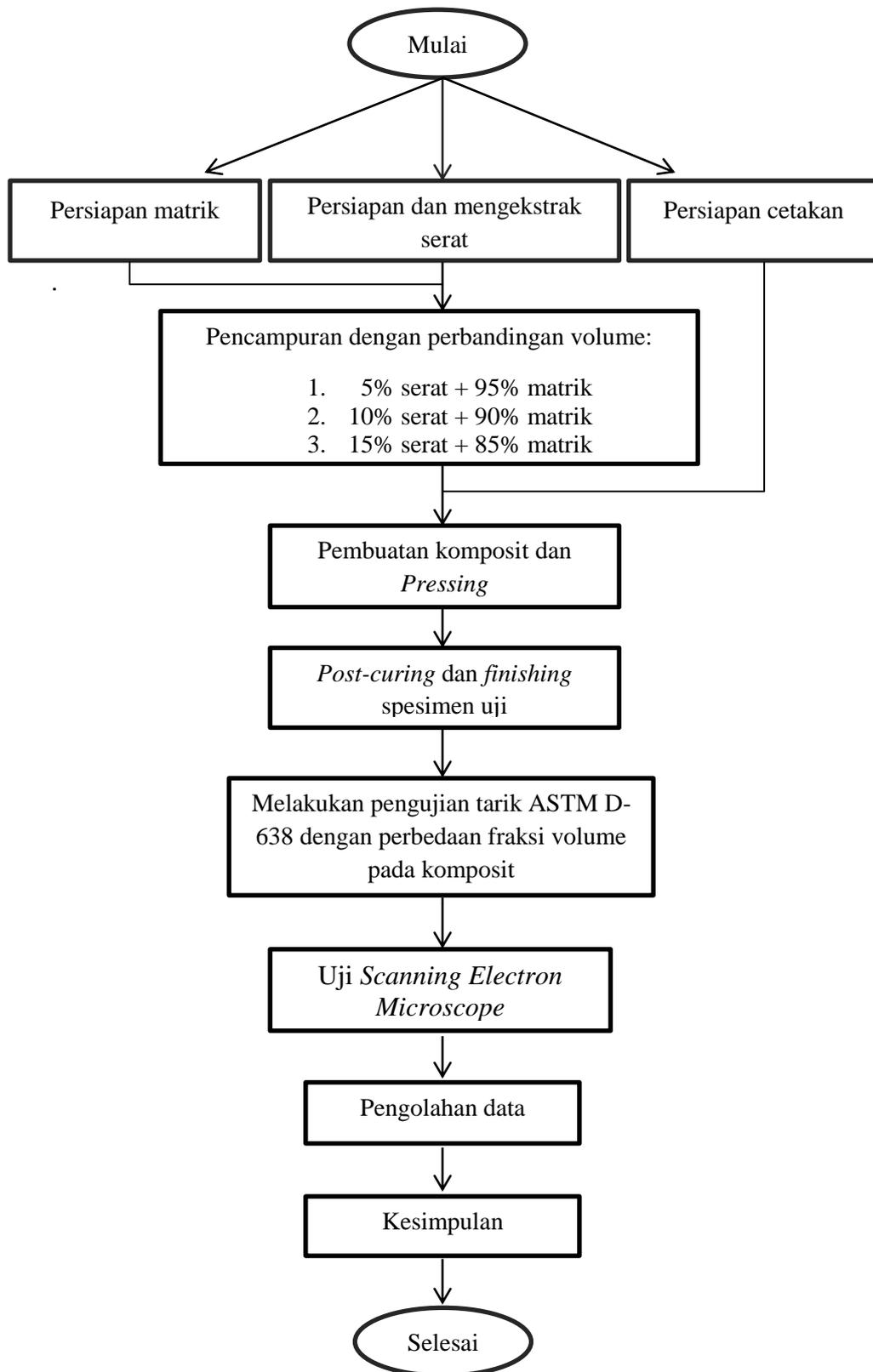
b. Pengamatan Dengan SEM

Prosedur pengujian scanning electrone microscope (SEM) untuk melihat kerusakan setelah uji tarik. Langkah untuk pengamatan SEM yang dilakukan adalah :

- 1) Pemasangan spesimen pada cawan SEM dengan menggunakan pita karbon (*carbon tape*).

- 2) Pelapisan sisi-sisi spesimen uji dengan *carbon ink* untuk membantu konduktifitas spesimen uji.
- 3) Proses pelapisan permukaan spesimen uji dengan platina (*coathing/sputtering*) dengan mesin *auto coather*.
- 4) Menghidupkan perangkat pengamatan SEM.
- 5) Penempatan spesimen pada tabung SEM dan dilanjutkan dengan pengambilan gambar SEM.
- 6) Pencetakan hasil atau gambar SEM yang telah diambil.

F. Alur Proses Pengujian



Gambar 3.3. Alur proses pengujian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari hasil pengujian tarik dan pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada penelitian ini, diperoleh simpulan sebagai berikut :

1. Dari pengujian tarik komposit berpenguat serat waru diperoleh kekuatan tarik tertinggi sebesar 18,43 MPa pada fraksi volume 15%, sedangkan kekuatan tarik terendah sebesar 7.146 MPa pada fraksi volume 5%.
2. Meningkatnya fraksi volume seiring dengan kekuatan tariknya, hal ini disebabkan penyebaran serat yang tidak merata pada fraksi volume 5%.
3. Rata-rata regangan tertinggi tidak berbanding lurus dengan meningkatnya fraksi volume, hal tersebut terjadi karena berhimpitnya serat pada fraksi volume 15% sehingga muncul *debonding* yang mempercepat terjadinya *matrix cracking*.
4. Faktor yang mempengaruhi kegagalan komposit serat waru ini adalah *void*, *debonding*, dan *matrix cracking*.

B. Saran

Agar diperoleh hasil penelitian yang lebih baik pada komposit berpenguat serat khususnya serat waru, perlu dilakukan penelitian selanjutnya seperti pengujian *bending*, impak atau kekerasan. Untuk meningkatkan hasil penelitian yang lebih baik, maka perlu diperhatikan dalam pembuatan atau fabrikasi komposit agar kemungkinan *void* yang terjadi dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2006. *Standards and Literature References for Composite Materials*, "American Society for Testing and Materials". Philadelphia, PA.
- Diharjo, Kuncoro.2006.*Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Fasial, Tengku.2008. *Pengaruh Modifikasi Kimia Terhadap Sifat-sifat Komposit Polietilena Terisi Tempurung Kelapa*.Medan : USU.
- Gunawan, Yuspian, dkk.2013. *Studi Awal Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Kulit Batang Waru (Hibiscus Tiliaceus) Sebagai Alternative Bahan Penguat Komposit*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Haluoleo.
- Hartanto.2009.*Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volum Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik dan Impact Berpenguat Serat Rami*.
- Jamasri, Diharjo K.,dkk.2005. *Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit Sandwich Berpenguat Serat Kenaf dengan Core Limbah Kayu Sengon Laut untuk Komponen Gerbong Kereta Api*. Fakultas Teknik UNS, Penelitian, Dikti, Hibah Bersaing.
- Martikno, Tobias,. 2007. *Pengaruh Filler Serbuk Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Dan Termal Komposit Bermatrik Polipropilen*. (Skripsi). Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung.
- Nurudin, Arif.2011. *Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceus) Kontinyu Laminat Sebagai Material Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Lambung Kapal*. Cirebon : Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah.
- Sidauruk, Raslen.2008. *Pengaruh Penambahan Filler Serbuk Kayu Jati 200mesh terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Ketahanan Leleh Komposit yang Bermatrik Polipropilen*. Bandar Lampung : Universitas Lampung.

Surdia, Tata.,dkk. 1995. *Pengtahuan Bahan Teknik*. Cet 2.Jakarta : Pradnya Paramita.

Tamba, Yan P.2009. *Kekuatan Tarik dan Analisis Kegagalan Komposit Poliester dengan Partikel Kayu Jati, Merawan dan Meranti Merah*.Bandar Lampung : Universitas Lampung.

Vlack, Van Lawrance H.1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*.Jakarta : Penerbit Erlangga.

Zemansky, Sears. 2002. *Fisika Universitas* Edisi 10. Jakarta: Erlangga.