

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

(Skripsi)

Oleh

WAHYU EKA SAPUTRA



JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2016

Abstrak

Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Ketangguhan *Impact* Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) – Resin *Epoxy*

Oleh

Wahyu Eka Saputra

Pemanfaatan material komposit dewasa ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas. Serat kulit batang waru adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan dan tergolong dalam serat alam yang berpotensi sebagai penguat material komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat kulit waru resin epoxy terhadap ketangguhan *impact*, dan mengamati kegagalan pada komposit melalui foto *SEM* (*Scanning Electron Microscopy*).

Komposit yang dibuat menggunakan penguat serat waru dengan matrik berupa resin *epoxy* dan hardener dengan perbandingan 1:1. Serat direndam dengan larutan alkali 5% NaOH selama 2 jam, kemudian serat dibilas menggunakan *aquades*. Panjang serat 3 cm sedangkan fraksi volume serat 5%, 10% dan 15%. Komposit dibuat dengan metode *press hand lay-up* dengan standar ASTM D 6110-04. Selanjutnya spesimen komposit dilakukan pengujian *impact*.

Ketangguhan *impact* meningkat seiring meningkatnya fraksi volume. Dari hasil penelitian, diperoleh nilai ketangguhan *impact* terbaik sebesar 0,1235 J/cm² pada fraksi volume serat 15%. Nilai ketangguhan *impact* terendah sebesar 0,0292 J/cm² pada fraksi volume serat 5%. Selanjutnya dilakukan analisa melalui foto *SEM*, pada daerah patahan didominasi kegagalan berupa *void* yang menyebabkan celah untuk patah lebih cepat. Fiber *pullout* diakibatkan oleh ikatan antara serat kulit waru dan matrik *epoxy* yang kurang baik.

Kata kunci : Komposit, Serat Kulit Batang Waru, *Epoxy*, *Impact*, *SEM* (*Scanning Electron Microscopy*).

Abstract

The Effect of Fiber Volume Fraction To Impact Toughness Composite FiberHibiscus Leather (Hibiscus Tiliaceus) - Epoxy Resin

By

Wahyu Eka Saputra

The utilization of composite materials recently developing, along with the implementation of this materials spread sporadically. Hibiscus leather fiber is one type of fiber originated from plants and the natural fibers that have the potential as a reinforcement of composite materials. This study aims to determine the effect of fiber volume fraction of hibiscus leather impact on toughness of epoxy resins, and observing the failure of the composite through SEM (Scanning Electron Microscopy).

Composites are made using hibiscus fiber reinforcement with a matrix such as epoxy resin and hardener in the ratio 1: 1. Fibers soaked with 5% NaOH alkaline solution for 2 hours, then the fiber is rinsed using distilled water. The length of fiber is 3 cm while the fiber volume fraction use 5%, 10% and 15%. Composites made by the method of press Hand Lay-Up with standard ASTM D 6110-04. Further testing of composite specimens is impact testing.

Impact toughness increases as increasing volume fraction is bigger. From the research results, obtained the best impact toughness value of 0.1235 J / cm² at 15% fiber volume fraction. Lowest impact toughness value of 0.0292 J / cm² at 5% fiber volume fraction. Further analysis through SEM, on the fatigue area failures dominated the form of voids that cause the gap to break faster. Fiber pullout caused by bonding between the fibers and the matrix epoxy hibiscus fiber unfavorable.

Keywords: Composites, Fiber Leather Waru, Epoxy, Impact, SEM (Scanning Electron Microscopy).

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP
KETANGGUHAN *IMPACT* KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT
KULIT WARU (*HIBISCUS TILIACEUS*) – *RESIN EPOXY***

(Skripsi)

**Oleh:
WAHYU EKA SAPUTRA**

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 SERAT TERHADAP
KETANGGUHAN IMPACT KOMPOSIT BERPENGUAT
SERAT KULIT BATANG WARU (*HIBISCUS
TILIACEUS*) - RESIN EPOXY**

Nama Mahasiswa

: Wahyu Eka Saputra

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015021056

Program Studi

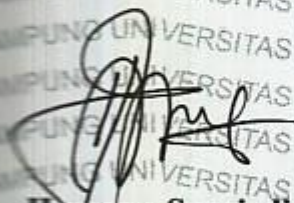
: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



Tarkono, S.T., M.T.
NIP. 19700415 199802 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

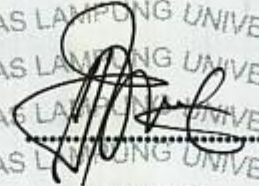
Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

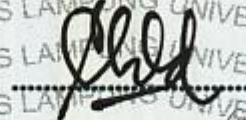
Ketua

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



Anggota Penguji

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



Penguji Utama

: Nafrizal, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

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

NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Juli 2016

PERNYATAAN PENULIS

Scripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 27 peraturan akademik Universitas Lampung dengan surat keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.



g Membuat Pernyataan

Wahyu Eka Saputra

Wahyu Eka Saputra
NPM. 10105021056

RIWAYAT HIDUP



Penulis merupakan putra dari pasangan Bapak Syaifuddin dan Ibu Rif'ah, lahir di Panjang pada tanggal 14 November 1990 dan diberi nama Wahyu Eka Saputra. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara, yang mempunyai tiga adik yaitu Aditya Dwi Pratama, M. Farhan Al-Habsyi, Almira Nazwa Fadilla.

Jenjang pendidikan pertama yang dijalani penulis adalah Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Karang Maritim diselesaikan pada tahun 2003. Kemudian penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 23 Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2006. Kemudian penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 5 Bandar Lampung, diselesaikan pada tahun 2009. Selama menjalani pendidikan di SMK N 5 Bandar Lampung, penulis aktif dalam organisasi *intern* Sekolah yaitu kegiatan Pramuka.

Pada tahun 2010, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung (Unila) melalui seleksi yang pada waktu itu bersama Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama duduk dibangku kuliah, penulis aktif mengikuti organisasi kemahasiswaan, diantaranya menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) pada divisi olahraga pada tahun 2011-2012..

Pada bulan Juli 2013, penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Pupuk Sriwijaya (PT. PUSRI) Palembang selama satu bulan. Dalam Kerja Praktik penulis melakukan studi kasus dengan judul "*Analisis Efisiensi Pada Pompa Sentrifugal 107 – JHT*". Sejak bulan Februari 2015 penulis mulai melakukan penelitian dibawah bimbingan Bapak Harnowo, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan

Bapak Tarkono, S.T., M.T. sebagai pembimbing pendamping. Karya Ilmiah yang penulis buat sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar S.T. ini berjudul *“Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (Hibiscus Tiliaceus) – Resin Epoxy”*.

Pada tanggal 29 Juli 2016 penulis telah menyelesaikan tugas akhirnya dan telah melaksanakan siding skripsi. Demikianlah sepiantas riwayat hidup penulis hingga menyelesaikan perkuliahan di Teknik Mesin Universitas Lampung pada tahun 2016.

MOTTO

"Janpa impian kita tak akan meraih apapun. Janpa cinta kita tak akan bisa merasakan apapun. Janpa ALLAH kita bukan siapa-siapa".

(Mesut Ozil)

"Majulah tanpa menyingkirkan, Naiklah tinggi tanpa menjatuhkan, Jadilah baik tanpa menjelekan orang lain, dan benar tanpa menyalahkan".

(Dessy Cleo)

"Selalu jadi diri sendiri tak peduli apa yang mereka katakan, dan jangan pernah menjadi orang lain meskipun mereka tampak lebih baik dari anda".

(Hitam Putih)

"Hakikatnya semua didunia diciptakan berbeda-beda, oleh karna itu hargai setiap perselisihan dan rangkul semua perbedaan".

(Wahyu Eka Saputra)

*"Kita diatas untuk turun, dibawah untuk naik
Jatuh untuk bangkit, terbang untuk membumi
Simpan sombongmu baik-baik".*

(Pep Guardiola)

*Karya kecil ini khusus aku persembahkan untuk orang yang
aku cintai*

*Ayah dan Ibuku yang telah mendidik dan membesarkan serta
selalu mendo'akan aku selama ini*

*Ayah, ini hasil dari kerja kerasmu selama ini agar aku bisa
melanjutkan studi ke Perguruan Tinggi*

*Ibu, ini hasil dari tetesan air matamu yang senantiasa selalu
mendo'akan aku selama ini*

Adikku, ini semua hasil dari motivasi kalian selama ini

*Semoga karya kecil ini bisa membuat kalian semua bahagia,
meski karya ini hanya berbentuk tulisan*

Amin.....

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat karunia, rahmat dan hidayah yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Skripsi ini berjudul “Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Ketangguhan *Impact* Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) – Resin *Epoxy*”. Semua sumber yang dirangkum dan dijadikan acuan, berasal dari buku-buku yang berkaitan dengan tema, jurnal dan prosiding nasional maupun internasional dan Tugas Akhir Mahasiswa dari kampus ternama dari seluruh Indonesia. Hasil dari penelitian disajikan secara terstruktur didalam skripsi ini sehingga para pembaca dapat memahaminya secara utuh dan mudah.

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, masukan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung
2. Prof. Dr. Suharno MS, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Harnowo, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

5. Bapak Harnowo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, ide pemikiran dan semangat yang telah diberikan untuk membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Tarkono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu saran dan masukan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Nafrizal, S.T., M.T., selaku dosen pembahas yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta memberikan saran, kritikan dan masukan kepada penulis sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
9. Kedua orang tua tercinta Bapak Syaifuddin dan Ibu Rif'ah yang telah memberikan dukungan penuh, do'a, materi, dan kesabaran sepanjang penulis menjalani studi sampai dapat menyelesaikan skripsi.
10. Adinda tercinta Aditya Dwi Pratama, M. Farhan Al-Habsyi, Almira Nazwa Fadilla dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, do'a dan membantu penulis.
11. Teman-teman seperjuangan tugas akhir I Nyoman Arnando, yang telah bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini dengan suka dan duka.
12. Sahabat-sahabat pejuang skripsi (Kroco Mumet) Agung A.P, Galih Wayang, Mario, Imron, Fiskan, Rahmat, Sai'in, Nyoman, Nanjar, Risky, Rabiah yang telah banyak memberikan dukungan dan inspirasi kepada penulis.
13. Semua rekan di Teknik Mesin Khususnya angkatan 2010 Febri, Bowo, Doni, Bondan, Feri, Dwi, Salpa, Muslim, Ryon, Step, Yoga dan masih banyak lagi, untuk kebersamaan yang telah dijalani, " Salam *Solidarity Forever*".
14. Irma Lindyanti yang selalu memberi nasihat dan semangat dalam menjalani masa perkuliahan.
15. Staf Akademik serta staf Laboratorium yang telah banyak membantu penulis.
16. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun Penulis memiliki harapan agar skripsi yang sederhana ini dapat memberi inspirasi dan berguna bagi semua kalangan civitas akademik maupun masyarakat Indonesia. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, Juli 2016
Penulis,

Wahyu Eka Saputra
NPM. 1015021056

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	6
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Sistematika Penulisan	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Komposit.....	9
2.2. Klasifikasi Komposit	10
2.2.1. Komposit Menurut Bentuk Komponen Strukturnya.....	11
2.2.2. Komposit Berdasar Sifat Penguatnya.....	13
2.2.3. Komposit Menurut Matrik Penyusunnya.....	13
2.3. Serat	15
2.3.1. Serat Alam	16
2.3.2. Serat Kulit Waru.....	18
2.4. Matrik.....	21
2.5. Resin <i>Epoxy</i>	23
2.6. Perlakuan Alkali (NaOH)	25
2.7. Katalis	26
2.8. Aspek Geometri Komposit	26
2.8.1. Fraksi Volume	26
2.8.2. Pengujian <i>Impact</i>	27
2.9. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	35

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian	38
3.2. Bahan dan Alat.....	38
3.2.1. Bahan yang digunakan	38
3.2.2. Alat yang digunakan	40
3.3. Perbandingan Fraksi Volume.....	42
3.4. Prosedur Penelitian	42
3.4.1. Survey Lapangan dan Study Literature	42
3.4.2. Persiapan Serat	43
3.4.3. Fraksi Volume	43
3.4.4. Pencetakan Komposit	45
3.5. Pengujian Kompositi.....	46
3.5.1. Uji <i>Impact</i>	46
3.5.2. Spesimen Uji <i>Impact</i>	47
3.5.3. Pengamatan <i>SEM</i>	47
3.6. Data Pengujian	48
3.7. Alur Proses Pengujian.....	49

IV. DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian <i>Impact</i>	50
4.2. Data Hasil Pengujian.....	50
4.2.1. Ketangguhan <i>Impact</i> Komposit Serat Kulit Batang Waru Fraksi Volume Serat 5%	50
4.2.2. Ketangguhan <i>Impact</i> Komposit Serat Kulit Batang Waru Fraksi Volume Serat 10%	51
4.2.3. Ketangguhan <i>Impact</i> Komposit Serat Kulit Batang Waru Fraksi Volume Serat 15%	52
4.2.4. Hubungan Antara Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Energi <i>Impact</i>	55
4.2.5. Hubungan Antara Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Ketangguhan <i>Impact</i>	56
4.3. Analisa Ketangguhan <i>Impact</i> dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (<i>SEM</i>).....	57

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan	68
5.2. Saran	69

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 2.1. Klasifikasi Komposit	10
2. Gambar 2.2. Tipe Serat Pada Komposit	11
3. Gambar 2.3. <i>Fibrous Composite</i>	12
4. Gambar 2.4. <i>Particulate composite</i>	12
5. Gambar 2.5. <i>Laminated composite</i>	12
6. Gambar 2.6. (a) Daun Waru (b) Batang Waru	19
7. Gambar 2.6. (c) Daging Kulit Waru (d) Serat Waru	20
8. Gambar 2.7. <i>Epoxy</i>	23
9. Gambar 2.8. Pengujian <i>Impact</i>	28
10. Gambar 2.9. Spesimen Metode Charpy dan Izod.....	29
11. Gambar 2.10. Spesimen Uji <i>Impact</i> Metode <i>Charpy</i>	30
12. Gambar 2.11. Spesimen Uji <i>Impact</i> Metode <i>Izod</i>	36
13. Gambar 3.1. Resin <i>Epoxy</i>	38
14. Gambar 3.2. Serat Kulit Pohon Waru.....	38
15. Gambar 3.3. Kit	39
16. Gambar 3.4. Larutan Alkali 5% NaOH.....	39
17. Gambar 3.5. <i>Aquades</i>	39
18. Gambar 3.6. Cetakan Benda Uji.....	40

19. Gambar 3.7. Timbangan Digital.....	40
20. Gambar 3.8. Gelas Ukur.....	40
21. Gambar 3.9. Gerinda Potong.....	41
22. Gambar 3.10. Mesin Uji <i>Impact</i> ITB	41
23. Gambar 3.11. Mesin <i>Scanning Electrone Microscopy</i>	41
24. Gambar 3.12. Geometri Spesimen Uji <i>Impact</i> ASTM D 6110-04.....	47
25. Gambar 4.1. Diagram Perbandingan antara Energi <i>Impact</i> (J) dan Fraksi Volume (%)	54
26. Gambar 4.2. Diagram Perbandingan antara Rata-Rata Energi <i>Impact</i> (J) dan Fraksi Volume (%)	55
27. Gambar 4.3. Diagram Perbandingan antara Rata-Rata Ketangguhan <i>Impact</i> (J/cm ³) dan Fraksi Volume (%)	56
28. Gambar 4.4. Hasil <i>SEM</i> (<i>Scanning Electrone Microscopy</i>) Spesimen W4 5% Patahan 1 dengan Pembesaran 13x	57
29. Gambar 4.5. Hasil <i>SEM</i> (<i>Scanning Electrone Microscopy</i>) Spesimen W4 5% Patahan 2 dengan Pembesaran 13x.....	57
30. Gambar 4.6. Hasil <i>SEM</i> (<i>Scanning Electrone Microscopy</i>) Spesimen W4 5% Patahan 1 dengan Pembesaran 50x.....	58
31. Gambar 4.7. Hasil <i>SEM</i> (<i>Scanning Electrone Microscopy</i>) Spesimen W4 5% Patahan 2 dengan Pembesaran 50x.....	58
32. Gambar 4.8. Hasil <i>SEM</i> (<i>Scanning Electrone Microscopy</i>) Spesimen W4 5% Patahan 1 dengan Pembesaran 100x.....	59
33. Gambar 4.9. Hasil <i>SEM</i> (<i>Scanning Electrone Microscopy</i>) Spesimen W4 5% Patahan 2 dengan Pembesaran 100x.....	59

34. Gambar 4.10. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 5% Patahan 1 dengan Pembesaran 150x	60
35. Gambar 4.11. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 5% Patahan 2 dengan Pembesaran 150x	60
36. Gambar 4.12. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 1 dengan Pembesaran 13x	61
37. Gambar 4.13. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 2 dengan Pembesaran 13x	61
38. Gambar 4.14. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 1 dengan Pembesaran 50x	62
39. Gambar 4.15. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 2 dengan Pembesaran 50x	62
40. Gambar 4.16. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 1 dengan Pembesaran 100x	63
41. Gambar 4.17. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 2 dengan Pembesaran 100x	63
42. Gambar 4.18. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 1 dengan Pembesaran 150x	64
4.3. Gambar 4.19. Hasil <i>SEM (Scanning Electrone Microscopy)</i> Spesimen W4 15% Patahan 2 dengan Pembesaran 150x	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tabel 2.1. Sifat Mekanis Serat Alam	18
2. Tabel 2.2. Komposisi Serat Waru	20
3. Tabel 2.3. Kekuatan Mekanik Beberapa Jenis Material	23
4. Tabel 2.4. Sifat Mekanik <i>Epoxy</i>	24
5. Tabel 3.1. Data Pengujian <i>Impact</i> komposit	48
6. Tabel 4.1. Hasil Uji Impact 5%	50
7. Tabel 4.2. Hasil Uji Impact 10%	51
8. Tabel 4.3. Hasil Uji Impact 15%	52
9. Tabel 4.4. Data Keseluruhan	53
10. Tabel 4.5. Perbandingan Rata-Rata energi <i>Impact</i> (J) dan Ketangguhan <i>Impact</i> (J/cm ²)	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan rekayasa teknologi saat ini tidak hanya bertujuan untuk membantu umat manusia, namun juga harus mempertimbangkan aspek lingkungan. Bahkan banyak negara di dunia kini berupaya membuat produk yang ramah lingkungan tanpa melupakan tujuan awal produk tersebut diciptakan. Material yang ramah lingkungan, mampu didaur ulang, serta mampu dihancurkan sendiri oleh alam merupakan tuntutan teknologi sekarang ini. Dengan adanya tuntutan tersebut, perkembangan material komposit berpenguat serat alami kini mulai diperhitungkan.

Waru – *Hibiscus tiliaceus*, merupakan jenis tanaman yang sangat dikenal oleh penduduk Indonesia. Jenis ini biasanya dapat ditemukan dengan mudah karena tersebar luas di daerah tropis 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. Penggunaan serat kulit waru sebagai penguat komposit karena serat kulit waru memiliki struktur serat yang kontinyu dan anyaman alami yang kuat serta mempunyai ketebalan rata-rata

perlembarnya 0,115 mm dan kekuatan tarik 334 MPa, tetapi pemanfaatannya masih sangat terbatas (Nurudin, A et al, 2011).

Alasan untuk memilih serat alam sebagai penguat komposit menurut beberapa peneliti antara lain ; komposit mempunyai beberapa keuntungan dan keunggulan diantaranya adalah dapat memberikan sifat-sifat mekanik terbaik yang dimiliki oleh komponen penyusunnya, bobotnya yang ringan, tahan terhadap korosi, ekonomis dan tidak sensitif terhadap bahan-bahan kimia. Perkembangan komposit dengan memanfaatkan serat dalam dan limbah rumah tangga dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan papan meja, kursi, dan alat *furniture* lain bahkan *assesoris* mobil seperti *dashboard*, *bamfer* mobil, dan lain-lainnya (Rangkuti Z, 2011).

Hal tersebut mendorong teknologi ramah lingkungan semakin serius dikembangkan oleh negara-negara didunia yang saat ini menjadi suatu tantangan yang terus diteliti oleh pakar. Untuk dapat mendukung kemajuan teknologi ini salah satunya adalah teknologi komposit dengan serat alam. Serat alam yang belum memiliki nilai jual, masih banyak dialam dan memiliki karakteristik yang sama dengan serat-serat alam lainnya yaitu serat kulit waru (Simatupang R, 2011).

Dari beberapa riset yang telah dilakukan menunjukkan bahwa produk-produk berbahan dasar komposit mampu bersaing dengan produk-produk berbahan logam atau bahan lainnya. Mengingat kebutuhan manusia akan kayu sebagai bahan bangunan baik untuk keperluan konstruksi, dekorasi, maupun *furniture* terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Sedangkan

realisasi produksi kayu dari perusahaan hutan tanaman industri (HTI) dan hak pengusahaan hutan (HPH) sangat rendah yaitu hanya mencapai 1,6 juta meter kubik atau baru 17 persen dari total target produksi 9,1 juta meter kubik (Supriati E, 2012).

Material penguat dalam material komposit dapat menggunakan serat alam ataupun serat buatan. Beberapa serat alam yang digunakan sebagai material penguat antara lain: serat rami, serat ijuk, serat pelepah pisang, dan kenaf. Sedangkan beberapa contoh serat buatan antara lain: serat kaca dan serat karbon. Unsur utama penyusun komposit yaitu pengisi (*filler*) yang berupa serat sebagai kerangka dan unsur pendukung lainnya yaitu matriks. Pemanfaatan serat alam sebagai pengisi (*filler*) pada bahan komposit berfungsi sebagai penguat pada bahan polimer karena mengandung selulosa yang merupakan homopolimer glukosa yang memiliki berat molekul tinggi dan berada dalam *mikrofibril-mikrofibril* dimana ikatan hidrogen antara rantai-rantai selulosa tersebut menghasilkan struktur kristalin yang kuat.

Untuk dapat membandingkan kekuatan komposit yang lebih baik dan lebih terjangkau harganya, maka dapat dilihat beberapa penelitian sebelumnya, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Rianto A (2011) menyatakan bahwa biokomposit dengan menggunakan kulit waru berhasil meningkatkan kekuatan bending cukup signifikan dibanding dengan *bioplastik* dari pati (13,57 MPa) dengan hasil tertinggi didapat pada variasi 3 layer dan 5% *gliserol* sebesar 50,58 MPa.

Berdasarkan penelitian Basuki Widodo tentang Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi dengan Penguat Serat Pohon Aren (ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (*Random*), didapatkan data perhitungan dari pengujian dengan fraksi berat serat bahwa ketangguhan *impact* tertinggi pada fraksi berat serat 40% sebesar 11,132 kJ/m². Hal ini disebabkan oleh beban yang diterima spesimen saat pengujian *impact* berlawanan dengan arah serat (*transverse stress*) sehingga patahan yang terjadi hanya pada bagian yang mengalami pemusatan tegangan karena secara alami, komposit serat bersifat *anisotropik* yang tinggi, sifat maksimum akan tercapai jika seluruh fiber diluruskan dalam arah sumbu fiber.

Menurut Wahyu F (2010) dalam penelitiannya menggunakan pelepah kelapa sebagai penguat dan matrik *polyester* menyatakan bahwa pada panjang 2 cm dengan fraksi volume 10% ketangguhan *impact* nya sebesar 4087,5 J/m².

Reza Adhan (2014) dalam penelitiannya ketangguhan *impact* komposit *epoxy* serat ijuk menjelaskan bahwa energy *impact* komposit berpenguat serat ijuk 3cm, 6cm, 9cm lebih tinggi dibandingkan dengan *epoxy* murni dengan presentasi kenaikan sebesar 241,94% untuk variasi 3cm, dan kenaikan sebesar 301,3% untuk panjang serat 6 cm, dan mengalami kenaikan 350,01% pada panjang serat 9cm. Hal ini dikarenakan adanya serat sebagai pengisi sehingga serat ikut menahan beban *impact*.

Berdasarkan hasil penelitian Sudhir Kumar dan Chandan Datta, sifat mekanik komposit *epoxy* dengan ampas tebu tanpa perlakuan dengan rasio *epoxy* ampas tebu 70:30 memiliki hasil *Tensile Strength* 9,87 MPa, *Flexural*

Strength 26,78 MPa, dan *Impact Strength* 6,67 kJ/m².

Evi Christiani juga telah melakukan penelitian dengan ijuk serat pendek sebagai bahan pengisi komposit dengan menggunakan resin *polyester* sebagai bahan matriksnya, dan dilakukan pengujian *impact* dengan variasi berat serat dan panjang serat. Dari penelitian tersebut terdapat 9 jenis spesimen berbeda fraksi berat serat dan panjang seratnya. Ketangguhan *impact* rata-rata relatif meningkat nilainya, seiring dengan meningkatnya fraksi serat dan juga panjang seratnya. Dengan variasi fraksi berat 2,0; 3,0; dan 4,0 gram dan variasi panjang serat 50, 100 dan 150 mm pada masing-masing variasi berat menghasilkan ketangguhan rata-rata *impact* sebesar 7,241 J/mm². Ketangguhan *impact* terbesar didapatkan pada fraksi berat 4,0 gram dengan panjang serat 100 mm, yaitu 9,30 kJ/m².

Dari latar belakang di atas maka perlu untuk melakukan penelitian pengaruh variasi panjang serat dan fraksi volume serat terhadap ketangguhan *impact* komposit tersebut. Hal ini diteliti untuk mengetahui panjang serat dan fraksi volume serat yang optimal yang mampu menghasilkan ketangguhan *impact* maksimum.

Pengujian tumbukan (*impact*) adalah suatu cara untuk mengetahui sifat-sifat material dengan hasil produksi yang diseleksi. Pada pengujian ini kita ingin mengetahui bagaimana jika suatu bahan mengalami pembebanan tiba-tiba, apakah dapat ditanggulangi atau tidak. Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita jumpai aplikasi yang dapat dilakukan pada aplikasi tumbukan, akan tetapi orang yang melakukannya tidak mengetahui bahwa yang

dilakukan merupakan aplikasi dari percobaan tumbukan. Alat tersebut dapat kita jumpai pada perbengkalan dan pertukangan.

Sering kita jumpai juga berbagai problema dalam perancangan, karena kurangnya data-data dalam mengetahui sifat suatu spesimen. Oleh karena itu untuk menguji ketangguhan suatu material maka kita melakukan test yang disebut *Impact test*.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh fraksi volume serat pada komposit berpenguat serat kulit waru terhadap ketangguhan *impact*.
2. Mengamati kegagalan pada komposit yang telah melalui pengujian *impact* dengan pengujian *SEM*.

1.3 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 *impact* (*charpy*) standar ASTM D 6110-04.
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 *impact*.

5. Fraksi volume serat pada komposit berturut-turut adalah 5%, 10%, dan 15%.
6. Resin yang digunakan adalah resin *epoxy*.

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 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.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 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

2.1 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik) dan suatu jenis penguatan yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguat ini biasanya dalam bentuk serat (Pratama, 2011).

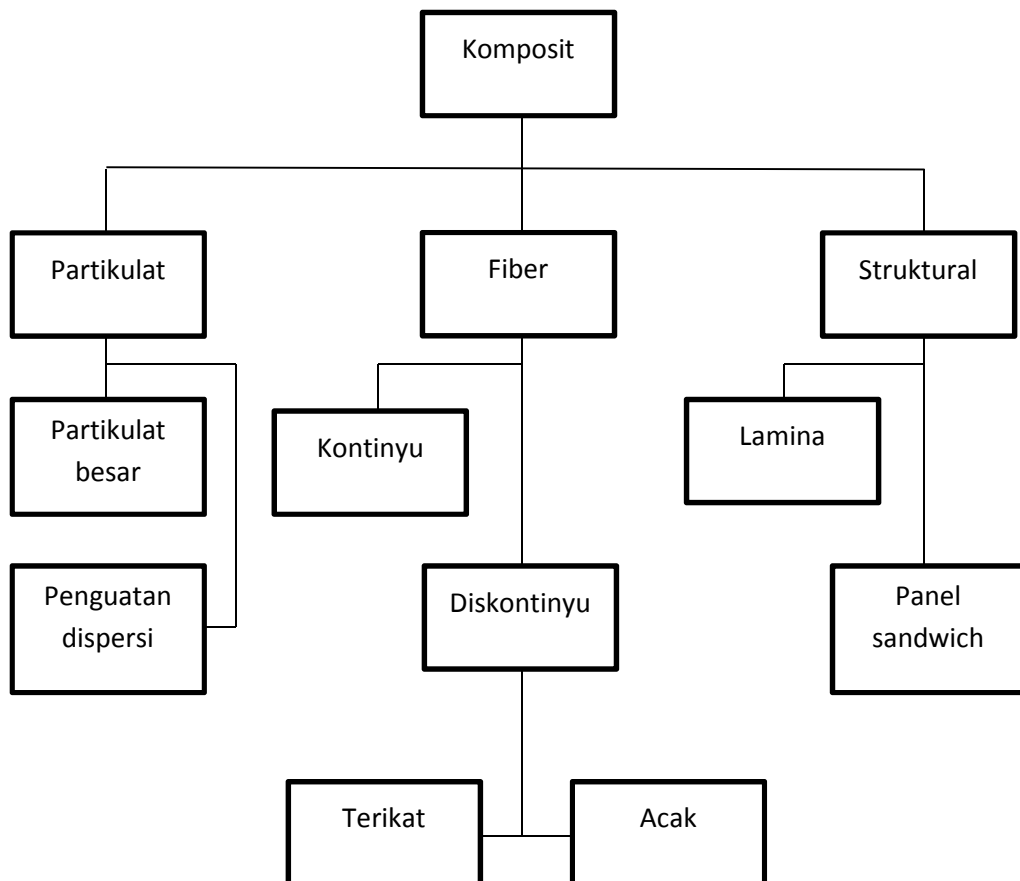
Definisi yang lain yaitu, Menurut Matthews dkk. (1993), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Jadi komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara matriks atau pengikat dengan penguat.

Di dalam komposit unsur utamanya serat, sedangkan bahan pengikatnya polimer yang mudah dibentuk. Penggunaan serat sendiri yang utama adalah menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat mekanik lainnya.

2.2 Klasifikasi komposit

Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis penguatnya, yaitu :

1. Partikulat, yang terdiri dari partikel besar dan penguatan dispersi
2. Fiber, yang terdiri dari kontinyu dan diskontinyu (terikat dan acak)
3. Struktural, yang terdiri dari lamina dan *panel sandwich*



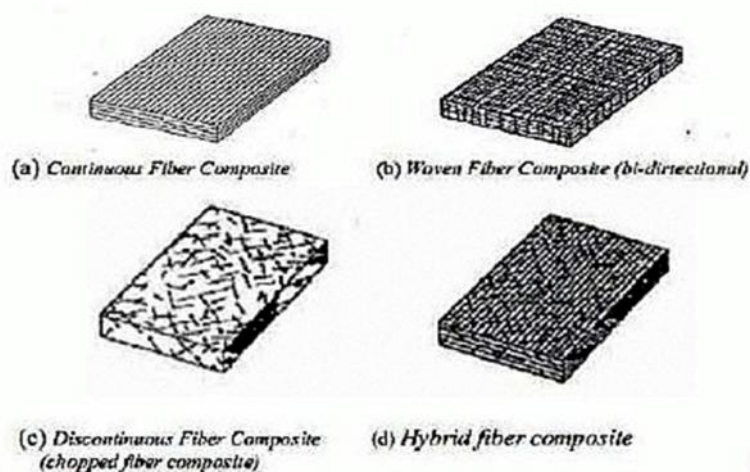
Gambar 2.1 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguat (Callister W D, 2007)

2.2.1 Klasifikasi komposit menurut bentuk komponen strukturalnya :

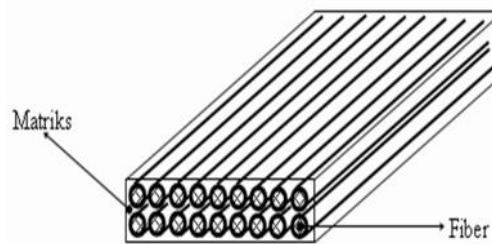
1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matrik. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *fiber glass*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya.

Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Serat merupakan material yang mempunyai perbandingan panjang terhadap diameter sangat tinggi serta diameternya berukuran mendekati kristal. Kebutuhan akan penempatan serat dan arah serat yang berbeda menjadikan komposit diperkuat serta dibedakan lagi menjadi beberapa bagian, yaitu :



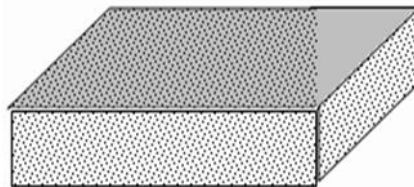
Gambar 2.2 Tipe serat pada komposit (Hartanto, 2009)



Gambar 2.3 *Fibrous composites* (Hartanto, 2009)

2. Komposit partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel terdiri dari matrik yang berukuran kecil dengan bentuk butir. Skema komposit partikel dapat dilihat seperti gambar berikut :

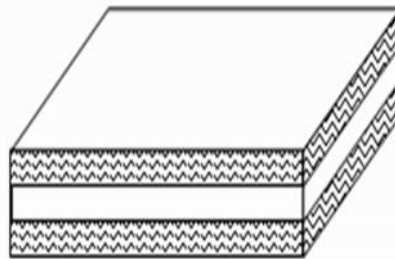


Gambar 2.4 *Particulate composite* (Hartanto, 2009)

Menurut Mahayatra, dkk (2013:14) komposit partikel merupakan komposit yang mengandung bahan penguat berbentuk serbuk. Sifat-sifat komposit partikel dipengaruhi beberapa faktor yaitu ukuran dan bentuk partikel, bahan partikel, rasio perbandingan antara partikel, dan jenis matrik.

3. Komposit lapis (*Laminates Composites*)

Merupakan jenis komposit terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.



Gambar 2.5 *Laminated composites* (Hartanto, 2009)

Komposit ini terdiri dari bermacam-macam lapisan material dalam satu matrik. Bentuk nyata dari komposit lamina adalah bimetal, pelapisan logam, kaca yang dilapisi, komposit lapis serat.

2.2.2 Klasifikasi komposit berdasar sifat penguatnya.

Berdasarkan penguat komposit dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Komposit *isotropik*, merupakan komposit yang penguatnya memberikan penguatan yang sama untuk berbagai arah sehingga segala pengaruh tegangan atau regangan dari luar akan mempunyai nilai kekuatan yang sama baik arah transversal maupun arah longitudinal.

2. Komposit *anisotropik*, merupakan komposit yang penguatnya memberikan penguatan yang tidak sama terhadap arah yang berbeda, sehingga segala pengaruh tegangan atau regangan dari luar akan mempunyai nilai kekuatan yang tidak sama baik arah *transversal* maupun arah *longitudinal*.

2.2.3 Klasifikasi komposit menurut matrik penyusunnya

Menurut matrik penyusunnya komposit dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu :

1. Komposit matrik logam (*metal matrik composites/MMC*)

Metal matrix composite (MMC) berasal dari gabungan material berbahan dasar logam dengan keramik. MMC bisa disebut juga material yang terdiri dari matrik berupa logam dan paduannya yang diperkuat oleh bahan penguat dalam bentuk *continous fibre*, *whiskers*, atau *particulate*.

Pembuatan *metal matrix composite* dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain, *powder metallurgy*, *diffusion bonding*, *liquid phase sintering*, *squeeze infiltration* dan *stir casting*.

Metal matrix composite mewakili material yang sangat luas, termasuk di dalamnya adalah *metallic foam*, *cermets*, juga partikel-partikel yang bersifat lebih konvensional, dan fiber yang diperkuat metal. Teknik pembuatan MMC tergantung pada matriks dan penguat yang digunakan, yang diklasifikasikan berdasarkan apakah matriks tersebut berada pada fasa padat, cair atau gas, ketika akan digabungkan dengan penguatnya. Setiap proses atau teknik tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pada umumnya kelemahan utama terletak pada prosesnya yang mahal, proses yang paling murah adalah pengolahan MMC berbahan dasar aluminium dengan proses *stir casting*.

2. Komposit matrik keramik (*ceramic matrix composites/CMC*)

Komposit matrik keramik (*ceramic matrix composites*) digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa lagi sebagai matrik, dimana matriksnya terbuat dari keramik. Bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari silikon karbida atau boron nitrida. Penguat umum yang digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX*, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk

pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah penguat.

Matriks yang sering digunakan pada CMC adalah :

- Gelas anorganik
- Keramik gelas
- Alumina
- Silikon natrika

3. Komposit matrik polimer (*polymer matrix composites/PMC*)

Komposit ini menggunakan bahan polimer sebagai matriknya. Secara umum, sifat-sifat komposit polimer ditentukan oleh sifat-sifat penguat. Sifat-sifat polimer, rasio penguat terhadap polimer dalam komposit (fraksi volume penguat). Geometri dan orientasi penguat pada komposit. Apapun komposit polimer yang digunakan dalam bahan komposit akan memerlukan sifat-sifat berikut :

- Sifat-sifat mekanis yang bagus
- Sifat-sifat daya rekat yang bagus
- Sifat-sifat ketangguhan yang bagus
- Ketahanan terhadap degradasi lingkungan bagus sifat-sifat mekanis yang bagus

2.3 Serat

Serat terdiri dari dua yaitu serat alam dan serat sintetis. Contoh dari serat alam adalah jute, kapas, wol, sutra, dan rami. Sedangkan serat sintetis adalah gelas, karbon, rayon, akril, dan nilon. Secara garis besar rasio antara panjang

serat dan diameter serat, maka semakin baik sifatnya, serta diameter kecil mampu mengurangi cacat permukaan yang menyebabkan kerapuhan. Serat yang disusun secara teratur akan menghasilkan sifak mekanik yang baik, karena gaya yang bekerja pada komposit akan searah (memiliki ikatan antara matrik dengan serat cukup baik), ini berkaitan erat dengan penyebaran gaya yang bekerja pada komposit (Rahaman, 2011)

2.3.1 Serat Alam

Secara garis besar dapat disebutkan bahwa serat alam adalah kelompok serat yang dihasilkan dari tumbuhan, binatang, mineral. Penggunaan serat alam dalam bidang industri berasal dari tumbuhan yang dikenal *base plant* yaitu jute, rosella, flax, kenaf, dan rami. Serat alam merupakan kandidat kuat sebagai bahan penguat yang digunakan sebagai bahan komposit yang ringan, ramah lingkungan, serta ekonomis.

Menurut Chandrabakty (2011) terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan serat alam sebagai penguat komposit sebagai berikut :

1. Kelebihan Serat Alam

Serat alam mendapat perhatian dari para ahli material komposit karena:

- a. Lebih ramah lingkungan dan *biodegradable* dibandingkan dengan serat sintetis.
- b. Merupakan raw material terbaharui dan ketersediaannya berlimpah di daerah tertentu.
- c. Mempunyai sifat mekanik yang baik, terutama kuat tarik.

- d. *Combustibility*, artinya serat alam dapat dibakar jika tidak digunakan lagi, dan energi pembakarannya dapat dimanfaatkan.
- e. Berat jenis serat alam lebih kecil.
- f. Aman bagi kesehatan karena merupakan bahan alam yang bebas dari bahan kimia sintetis, selain itu bila dibakar tidak menimbulkan racun.
- g. Serat alam lebih ekonomis dari serat glass dan serat karbon.

2. Kekurangan Serat Alam

Selain kelebihan, serat alam juga memiliki kekurangan yang perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengurangi kekurangan tersebut.

Kekurangan serat alam yaitu:

- a. Kualitas bervariasi tergantung pada cuaca, jika cuaca cerah atau tidak hujan, maka serat yang didapat memiliki kelembaban yang rendah yang berguna dalam proses pembuatan komposit. Serat yang lembab menyebabkan matrik mengembang dan timbul void.
- b. Temperature prosesnya terbatas. Hal ini disebabkan karena sifat serat alam adalah mudah terbakar sehingga jika temperatur prosesnya terlalu tinggi maka serat akan terbakar.
- c. Kemampuan rekatnya rendah. Hal ini dikarenakan kandungan lignin dan minyak. Pertemuan antara serat dan matrik dibatasi oleh lignin atau minyak yang mana mengurangi kekuatan rekat serat dengan matrik.
- d. Dimensinya bervariasi antara serat yang satu dengan yang lain walau satu jenis serat. Hal ini dikarenakan sifat serat alam *higroskopik*,

dimana antara serat yang satu dengan yang lain memiliki kadar penyerapan air yang berbeda-beda. Jika daya serapnya tinggi, maka dimensi serat menjadi lebih besar dibandingkan serat yang daya serapnya rendah.

Sifat mekanis dan dimensi dari beberapa serat alam ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 2.1. Sifat mekanis beberapa serat alam

Serat	Panjang (mm)	Diameter (mm)	Massa Jenis (kg/m ³)	Modulus Young (Gpa)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Regangan (%)
Bambu	-	0,1-0,4	1500	27	575	3
Pisang	-	0,8-2,5	1350	1,4	95	5,9
Sabut	50-350	0,1-0,4	1440	8,9	200	29
Flax	500	NA	1540	100	1000	2
Jute	1800-3000	0,1-0,2	1500	32	350	1,7
Kenaf	30-750	0,04-0,09	-	22	295	-
Sisal	-	0,5-2	1450	100	1100	-

(sumber : Building Material and Technology Promotion Council)

2.3.2 Serat Kulit Waru

Serat alam yang belum memiliki nilai jual, masih banyak dan memiliki karakteristik yang sama dengan serat-serat alam lainnya yaitu serat kulit waru (Simatupang R, 2011). Merupakan tumbuhan tropis berbatang sedang, terutama tumbuh di pantai yang tidak berawa atau di dekat pesisir. Waru tumbuh liar di hutan dan di ladang, kadang-kadang ditanam di

pekarangan atau di tepi jalan sebagai pohon pelindung. Pada tanah yang subur, batangnya lurus, tetapi pada tanah yang tidak subur batangnya tumbuh membengkok, percabangan dan daun-daunnya lebih lebar. Pohon, tinggi 5-15 meter. Batang berkayu, bulat, bercabang, warnanya cokelat.

Daun bertangkai, tunggal, berbentuk jantung atau bundar telur, diameter sekitar 19 cm. Pertulangan menjari, warnanya hijau, bagian bawah berambut abu-abu rapat. Bunga berdiri sendiri atau 2-5 dalam tandan, bertaju 8-11 buah, berwarna kuning dengan noda ungu pada pangkal bagian dalam, berubah menjadi kuning merah, dan akhirnya menjadi kemerah-merahan. Buah bulat telur, berambut lebat, beruang lima, panjang sekitar 3 cm, berwarna cokelat. Biji kecil, berwarna cokelat muda.

Daun mudanya bisa dimakan sebagai sayuran. Kulit kayu berserat, biasa digunakan untuk membuat tali. Waru dapat diperbanyak dengan biji. Berikut ini ditunjukkan bentuk daun, batang, kulit waru dan serat kulit waru seperti gambar 2.6



(a)



(b)



Gambar 2.6 (a) Daun waru, (b) Batang waru, (c) Daging kulit waru, (d) Serat watu

Kayu terasnya agak ringan, cukup padat, berstruktur cukup halus dan tidak 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. Dari kulit batangnya, setelah direndam dan dipukul-pukul dapat diperoleh serat yang disebut lulup waru.

Komposisi Kimia Kulit Waru

Hasil uji karakterisasi fermentasi kulit waru dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2.2 Komposisi Serat Waru

No	Nama komposisi	% berat
1	Protein mentah	17,08
2	Ekstrak eter	3,45
3	Serat mentah	22,77
4	Abu (%)	10,79
5	Karbohidrat	45,91
6	Tannin (%)	8,93
7	Saponin (mg/g)	12,90
8	Selulosa	24,22

Sumber : *Waru Leaf Saponin on Ruminant Fermentation*
(Istiqomah,L et al, 2011)

2.4 Matrik

Matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan *kompatibel* antara serat dan matrik. Matrik dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Selain itu, matrik berfungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matrik terbuat dari bahan yang lunak dan liat.

Matrik yang sering digunakan sebagai material komposit antara lain :

1. *Polimer*, Polimer merupakan bahan matrik yang paling sering digunakan. Adapun jenis *polimer*, yaitu :

a) *Thermoset*, adalah plastik atau *resin* yang tidak berubah karena panas (tidak bisa didaur ulang).

Contoh : *epoxy, polyester, phenolic*

b) *Thermoplastik*, adalah plastik atau *resin* yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang).

Contoh : *polyamid, nylon, polysurface, polyether*.

2. Keramik, Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu keramik dituangkan pada serat yang telah diatur orientasinya dan merupakan matrik tahan pada temperatur tinggi.

3. Karet, Adalah *polimer* bersistem *cross linked* yang mempunyai kondisi semi kristalin di bawah temperatur kamar.
4. Matrik logam, Matrik cair dialirkan ke sekeliling sistem fiber, yang telah diatur dengan pendekatan difusi atau pemanasan.
5. Matrik karbon, Fiber yang direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi.

Pemilihan matrik harus didasarkan pada kemampuan memanjang saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan *filler*. Selain itu juga perlunya diperhatikan berat jenis, *viskositas*, kemampuan membasahi *filler*, tekanan dan suhu *curing*, penyusutan dan *voids*.

Voids (kekosongan) yang terjadi pada matrik sangatlah berbahaya, karena pada komposit tersebut fiber tidak didukung oleh matrik, sedangkan fiber selalu akan mentransfer tegangan ke matrik. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya *crack*, sehingga komposit akan gagal lebih awal.

Kekuatan komposit terkait dengan *void* adalah berbanding terbalik yaitu semakin banyak *void* maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* komposit semakin kuat. Pada penelitian ini matrik yang digunakan adalah *polimer termoset* dengan jenis resin *epoxy*. Dengan mencampurkan *epoxy* dengan *hardener*/pengeras dengan perbandingan 1:1 yang bertujuan agar *epoxy* dapat dengan cepat melakukan proses pengerasan dan sempurna mengikat matrik.

Tabel 2.3 kekuatan mekanik beberapa jenis material (Surdia, 1995)

	Epoxy	Poliester	Fenol	Poliamida
Densiti (g/cm^3)	1,1 – 1,4	1,1 – 1,5	1,3	1,2 – 1,9
Modulus (GPa)	2,1 – 6,0	1,3 – 4,5	4,4	3 – 3,1
Kekuatan Tarik (MPa)	35 – 90	45 – 85	50 – 60	80 – 190
<i>Fracture Toughness</i>				
K_{Ic} ($\text{Mpa m}^{1/2}$)	0,6 – 1	0,5		
G_{Ic} (kJ/m^2)	0,02			0,3 – 0,39

2.5 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 200°C . Pada dasarnya resin adalah matriks, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan matriks.

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



Gambar 2.7 Epoxy

Tabel 2.4 Sifat mekanik *epoxy* (Surdia,1995).

Sifat – sifat	Satuan	Nilai Tipikal
Massa Jenis	Gram/cm ³	1,17
Penyerapan air	°C	0,2
Kekuatan tarik	Kgf/mm ²	5,95
Kekuatan tekan	Kgf/mm ²	14
Kekuatan lentur	Kgf/mm ²	12
Temperatur pencetakan	°C	90

Resin *epoxy* 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 *epoxy* adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset dan merupakan bahan perekat sintetik yang banyak dipakai untuk berbagai keperluan termasuk buat konstruksi 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 *epoxy* mengandung struktur *epoxy* atau *oxirene*. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin *epoxy* 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. *epoxy* memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi dan penahan panas yang baik (Darmansyah, 2010).

Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol *polimerisasi* jaringan silang agar didapatkan sifat optimim bahan.

2.6 Perlakuan Alkali (NaOH)

NaOH atau sering disebut alkali digunakan untuk menghilangkan kotoran atau lignin pada serat dengan sifat alami serat adalah *Hyrophilic*, yaitu suka terhadap air. Berbeda dengan polimer yang *hidrophilic*. Dimana serat direndam dengan mencampurkan NaOH dengan air dalam waktu yang ditentukan. Alkalisasi pada serat merupakan proses modifikasi permukaan serat dengan cara perendaman serat ke dalam basa alkali.

Tujuan dari proses alkalisasi adalah mengurangi komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu *hemiselulosa*, lignin atau pektin. Dengan pengurangan komponen lignin dan *hemiselulosa*, akan menghasilkan struktur permukaan serat yang lebih baik

dan lebih mudah dibasahi oleh resin, sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik (Maryanti B, Sonief AA, dan Wahyudi S. 2011).

2.7 Katalis

Katalis merupakan bahan kimia yang ditambahkan pada metrik resin yang bertujuan untuk proses pembekuan matrik. *Katalis* adalah suatu bahan kimia yang dapat meningkatkan laju suatu reaksi tanpa bahan tersebut menjadi ikut terpakai dan setelah reaksi berakhir, bahan tersebut akan kembali ke bentuk awal tanpa terjadi perubahan kimia.

2.8 Aspek Geometri Komposit

2.8.1 Fraksi Volume

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya void. Untuk mengurangi fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Menurut Gibson (1994), fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

$$W_f = \frac{W_f}{W_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} = V_f \dots\dots\dots(2.1)$$

$$V_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} W_f = 1 - V_m \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa fiber dan matrik, serta density fiber dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa fiber dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

W_f : fraksi berat serat

w_f : berat serat

w_c : berat komposit

f : density serat

c : density komposit

V_f : fraksi volume serat

V_m : fraksi volume matrik

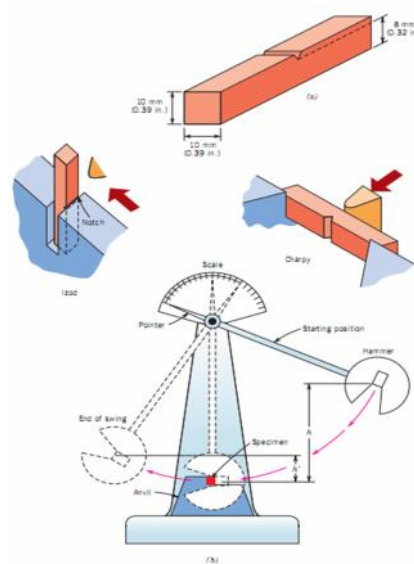
v_f : volume serat

v_m : volume matrik

2.8.2 Pengujian *Impact*

Uji *impact* adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pengujian *impact* merupakan pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian *impact* dengan pengujian tarik dan kekerasan, dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian *impact* juga merupakan suatu

upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam peralatan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba, contoh deformasi pada bumper mobil pada saat terjadinya tumbukan kecelakaan.



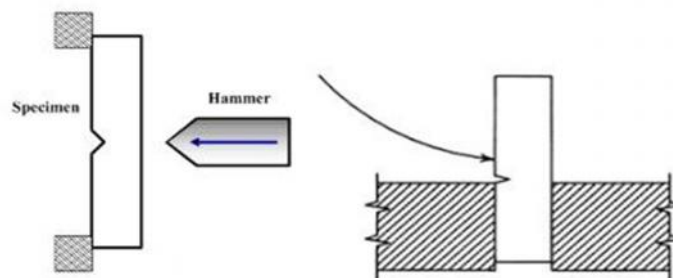
Gambar 2.8 Pengujian *Impact* (Calliester, William D, 2003)

Pada uji *impact* terjadi proses penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Dasar pengujiannya yakni penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji, sehingga benda uji mengalami deformasi. Pada pengujian *impact* ini banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan *impact* atau ketangguhan bahan tersebut.

Sifat keuletan suatu bahan dapat diketahui dari pengujian tarik dan pengujian *impact*, tetapi dalam kondisi beban yang berbeda. Beban pada pengujian *impact* seperti yang telah dijelaskan diatas adalah secara tiba -

tiba, sedangkan pada pengujian tarik adalah perlahan-lahan. Dari hasil pengujian tarik dapat disimpulkan perkiraan dari hasil pengujian *impact*. Tetapi dari pengujian *impact* dapat diketahui sifat ketangguhan logam dan ketangguhan *impact* untuk temperatur yang berbeda-beda, mulai dari temperatur yang sangat rendah (-30 derajat C) sampai temperatur yang tinggi. Sedangkan pada percobaan tarik, temperatur kerja adalah temperatur kamar.

Ada dua macam metode uji *impact*, yakni metode *charpy* dan *izod*.



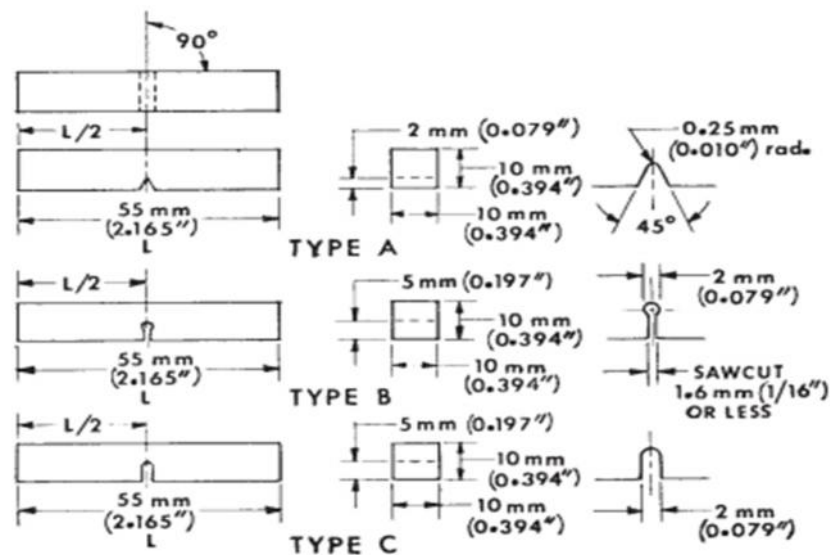
Gambar 2.9. Spesimen metode *charpy* dan *izod* (Calliester, William D, 2003)

Perbedaan mendasar dari metode itu adalah pada peletakan spesimen, Pengujian dengan menggunakan *charpy* lebih akurat karena pada *izod* pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya.

a. Pengujian *Impact* Metode *Charpy*

Batang uji *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, Benda uji *Charpy* memiliki luas penampang lintang bujur sangkar (12,7 x 12,7 mm) dan memiliki takik (notch) berbentuk V dengan sudut 45 derajat, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakkan pada

tumpuan dalam posisi *simple beam* dan bagian yang bertakik diberi beban *impact* dari ayunan bandul, Serangkaian uji *Charpy* pada satu material umumnya dilakukan pada berbagai temperature sebagai upaya untuk mengetahui temperatur transisi. Prinsip dasar pengujian *charpy* ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan. Mula-mula bandul *Charpy* disetel dibagian atas, kemudian dilepas sehingga menabrak benda uji dan bandul terayun sampai ke kedudukan bawah (gambar titik-titik).



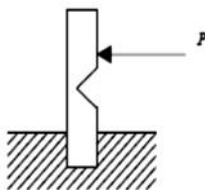
Gambar 2.10 Spesimen uji *impact* metode *charpy* (Calliester, William D, 2003)

Jadi dengan demikian, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji ditunjukkan oleh selisih perbedaan tinggi bandul pada kedudukan atas dengan tinggi bandul pada kedudukan bawah (tinggi ayun). Segera setelah benda uji diletakkan, kemudian bandul dilepaskan sehingga batang uji akan melayang (jatuh akibat gaya gravitasi). Bandul ini akan memukul benda uji yang diletakkan semula dengan energi yang sama. Energi bandul akan diserap oleh benda uji yang dapat menyebabkan benda uji patah

tanpa deformasi (getas) atau pun benda uji tidak sampai putus yang berarti benda uji mempunyai sifat keuletan yang tinggi. Permukaan yang patah membantu untuk menentukan kekuatan *impact* dalam hubungannya dengan temperatur transisi bahan. Daerah transisi yaitu daerah dimana terjadi perubahan patahan ulet ke patahan getas. Bentuk perpatahan dapat dilihat langsung dengan mata telanjang tanpa mikroskop.

b. Pengujian *Impact* Metode *Izod*

Metode uji *izod* lazim digunakan di Inggris dan Eropa, Benda uji *izod* mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dengan takik V di dekat ujung yang dijepit, kemudian uji *impact* dengan metode ini umumnya juga dilakukan hanya pada temperatur ruang dan ditujukan untuk material-material yang didisain untuk *cantilever*, Perbedaan mendasar *charpy* dengan *izod* adalah peletakan spesimen.



Gambar 2.11. Spesimen uji *impact* metode *izod* (Calliester, William D, 2003)

Pengujian dengan menggunakan *izod* tidak seakurat pada pengujian *charpy*, karena pada *izod* pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya.

c. Faktor penyebab patah getas pada pengujian *impact*

1. *Notch*

Notch pada material akan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada daerah yang lancip sehingga material lebih mudah patah. Selain itu *notch* juga akan menimbulkan *triaxial stress*. *Triaxial stress* ini sangat berbahaya karena tidak akan terjadi deformasi plastis dan menyebabkan material menjadi getas. Sehingga tidak ada tanda-tanda bahwa material akan mengalami kegagalan.

2. Temperatur

Pada temperatur tinggi material akan getas karena pengaruh vibrasi elektronnya yang semakin rendah, begitupun sebaliknya.

3. *Strain rate*

Jika pembebanan diberikan pada *strain rate* yang biasa-biasa saja, maka material akan sempat mengalami deformasi plastis, karena pergerakan atomnya (*dislokasi*). *Dislokasi* akan bergerak menuju ke batas butir lalu kemudian patah. Namun pada uji *impact*, *strain rate* yang diberikan sangat tinggi sehingga *dislokasi* tidak sempat bergerak, apalagi terjadi deformasi plastis, sehingga material akan mengalami patah *transgranular*, patahnya ditengah-tengah atom, bukan di batas butir, kemudian, dari hasil pengujian akan didapatkan energi dan temperatur. Dari hasil tersebut, akan dibuat diagram harga *impact* terhadap temperatur. Energi akan berbanding lurus dengan ketangguhan *impact*. Kemudian akan didapatkan temperatur transisi. Temperatur transisi adalah range temperatur dimana sifat material dapat

berubah dari getas ke ulet jika material dipanaskan. Temperatur transisi ini bergantung pada berbagai hal, salah satunya aspek metalurgi material, yaitu kadar karbon. Material dengan kadar karbon yang tinggi akan semakin getas, dan ketangguhan *impact* nya kecil, sehingga temperatur transisinya lebih besar. Temperatur transisi akan mempengaruhi ketahanan material terhadap perubahan suhu. Jika temperatur transisinya kecil maka material tersebut tidak tahan terhadap perubahan suhu.

Hal lain yang biasa dilakukan dalam pengujian *impact* adalah penelaahan permukaan perpatahan untuk menentukan jenis perpatahan (*fracografi*) yang terjadi. Secara umum sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan *impact* digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk simple yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).
3. Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis patahan.

Menurut (Calliester, William D, 2003) usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau energi yang diserap benda uji sampai patah didapat rumus yaitu :

$$\begin{aligned}
 E &= E_p - E_m \\
 &= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 \\
 &= m \cdot g (h_1 - h_2) \\
 &= m \cdot g (\lambda(1 - \cos \alpha) - (\lambda(\cos \beta - \cos \alpha))) \\
 &= m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (2.4)
 \end{aligned}$$

Dimana :

- E = Energi *impact*
- E_p = Energi potensial
- E_m = Energi mekanik
- m = Berat Pendulum (Kg)
- g = Gravitasi 9,81 m/s²
- h₁ = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)
- h₂ = Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)
- λ = Jarak lengan pengayun (m)
- cos α = Sudut posisi awal pendulum
- cos β = Sudut posisi akhir pendulum

dari persamaan di atas didapatkan besarnya ketangguhan *impact* yaitu :

$$HI = \frac{E}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- HI = Ketangguhan *impact* (J/mm²)

E = Energi *impact* (J)

A = Luas penampang (mm²)

2.9 Scanning Electron Microscopy (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 μ 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 ditaruh 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-elektron gun dengan *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 sistim perambah *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).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Laboratorium Pengembangan dan Karakteristik Institut Teknologi Bandung (ITB) dan Sentra Teknologi Polimer (STP) PUSPITEK.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan yang digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Resin *epoxy* dan hardenernya yang berfungsi sebagai matrik.



Gambar 3.1 Resin *epoxy* (Surdia,1995).

2. Serat alam yaitu serat kulit pohon waru yang digunakan sebagai bahan penguat komposit.



Gambar 3.2 Serat kulit pohon waru

3. Kit yang berfungsi sebagai pelapis antara cetakan dengan komposit, sehingga komposit dapat dengan mudah dilepas dari cetakan.



Gambar 3.3 Kit

4. Larutan alkali 5% NaOH, untuk melepaskan lapisan yang menyerupai lilin dipermukaan serat seperti lignin, *hemiselulosa* dan kotoran lainnya yang melekat pada serat.



Gambar 3.4 Larutan alkali 5% NaOH

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



Gambar 3.5 *Aquades* (www.indonetwork.co.id)

3.2.2 Alat yang digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Cetakan benda uji dari bahan akrilik, yang dibentuk sesuai geometri spesimen uji.



Gambar 3.6. Cetakan benda uji

2. Timbangan digital untuk menimbang serat



Gambar 3.7. Timbangan digital

3. Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume serat dan resin.



Gambar 3.8. Gelas ukur

- Mesin gerinda potong untuk memotong komposit menjadi benda uji.



Gambar 3.9. Gerinda potong

- Mesin uji *impact*



Gambar 3.10. Mesin uji *impact* ITB

- Jangka sorong untuk mengukur dimensi spesimen uji.
- Scanning Electron Microscopy* (SEM), untuk pengamatan komposit.



Gambar 3.11 *Scanning Electron Microscopy* (www.ncpre.itb.ac.in)

3.3 Perbandingan Fraksi Volume

Perbandingan fraksi volume spesimen yang diuji yaitu:

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

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan dibagi menjadi empat tahap yaitu:

1. Survey Lapangan dan *Study Literature*
2. Persiapan serat kulit pohon waru.
3. Menentukan fraksi volume
4. Proses pencetakan komposit.
5. *Post-curing* dan *Finishing* specimen uji.
6. Pengujian dan pengolahan data.

3.4.1. 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.

3.4.2. Persiapan Serat

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

Langkah-langkah dalam persiapan serat ini adalah :

- a. Rendam kulit waru dengan air bercampur lumpur selama 1 minggu agar mudah dalam pengekstrakan menjadi serat.
- 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.

3.4.3. Fraksi Volume

Karakteristik material komposit adalah kandungan atau presentase antara matriks dan serat merupakan salah satu faktor penting sebelum melakukan cetakan komposit terlebih dahulu. Perhitungan volume komposit (V_c), volume serat (V_{serat}), massa serat, dan massa matrik.

Sebelum melakukan pencetakan komposit dan menentukan berapa besar volume pada komposit maka dilakukan perhitungan dengan persamaan (2.6).

$$V_c = p \cdot l \cdot t \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$$V_c = \text{Volume komposit (cm}^3\text{)}$$

P = Panjang komposit (cm)

l = Lebar komposit (cm)

t = Tinggi komposit (cm)

Setelah perhitungan volume komposit selesai maka dalam perhitungan selanjutnya adalah volume fraksi serat dengan menggunakan persamaan (2.7).

$$f_f = \frac{V_f}{V_c} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

f_f = fraksi volume serat (%)

V_f = Volume serat (cm³)

Pada perhitungan berikutnya nilai volume fraksi matrik (f_m) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$f_m = \frac{V_m}{V_c} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

f_m = fraksi volume matrik (%)

V_m = volume matrik (cm³)

Nilai densitas serat (f) dapat dihitung dengan massa jenis serat dapat ditentukan persamaan (2.9).

$$f = \frac{m_f}{V_f} = \frac{m_f}{V_{ap} - V_{penekan}} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana :

f = massa jenis serat (gram/mm³)

m_f = massa serat (gram)

V_f = Volume serat (mm³)

V_{ap} = Volume air yang berpindah (mm^3)

$V_{penekan}$ = Volume benda penekan yang masuk ke air (mm^3)

Sedangkan nilai densitas Matrik (ρ_m) dihitung menggunakan persamaan (2.10).

$$\rho_m = \frac{m_m}{V_m} \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana :

ρ_m = densitas matrik (gram/mm^3)

V_m = volume matrik (mm^3)

m_m = massa matrik (gram)

3.4.4. 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 spesimen uji dibersihkan, kemudian lapisi permukaannya dengan *kit* 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 diatasnya 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.

3.5 Pengujian Komposit

3.5.1 Uji *Impact*

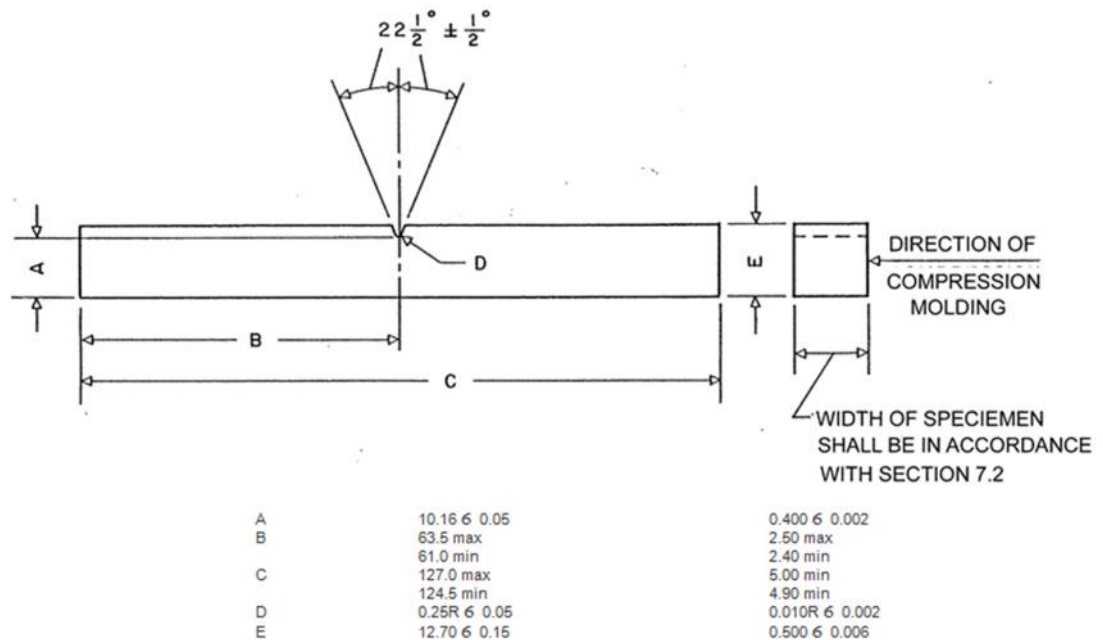
Pada pengujian menggunakan alat uji *impact charpy* mengacu pada ASTM D 6110-04, yang bertujuan mengetahui besar energi *impact* spesimen per satuan luas benda uji. Dari pengujian ini akan didapat dua sudut yaitu sudut pukulan tanpa benda uji (α) dan sudut pukulan dengan benda uji (β). Dari sudut (α) akan didapatkan energi gesek dan sudut (β) akan didapatkan energi patah, dari kedua energi ini akan didapatkan energi *impact* yang didapatkan dari selisih kedua energi ini.

Adapun tahapan pengujian *impact charpy* dilakukan sesuai dengan langkah berikut :

- a. Mengukur dimensi sampel uji yaitu, tebal, lebar, luas penampang, sudut takikan, dan radius takikan.
- b. Mengecek kembali *impact testing machine*.
- c. Mengangkat beban palu.
- d. Memasang sampel pada batang uji atau penumpu dengan bantuan penjepit.
- e. Melepaskan palu dan biarkan palu mematahkan benda uji.
- f. Mencatat energi *impact* yang ditunjukkan oleh jarum pada alat uji.
- g. Menghitung harga *impact* dengan persamaan 2.5

3.5.2 Specimen Uji Impact

Pembuatan spesimen uji *impact* sesuai dengan standar ASTM D 6110-04.



Gambar 3.12 Geometri spesimen uji *impact* (dalam mm) ASTM D 6110-04

3.5.3 Pengamatan Dengan SEM

Prosedur pengujian *Scanning Electrone Microscope (SEM)* untuk melihat kerusakan setelah uji *impact*. Langkah untuk pengamatan *SEM* yang dilakukan adalah :

- 1) Memasang spesimen pada cawan *SEM* dengan menggunakan pita karbon (*carbon tape*).
- 2) Melapisi sisi-sisi spesimen uji dengan *carbon ink* untuk membantu konduktifitas spesimen uji.

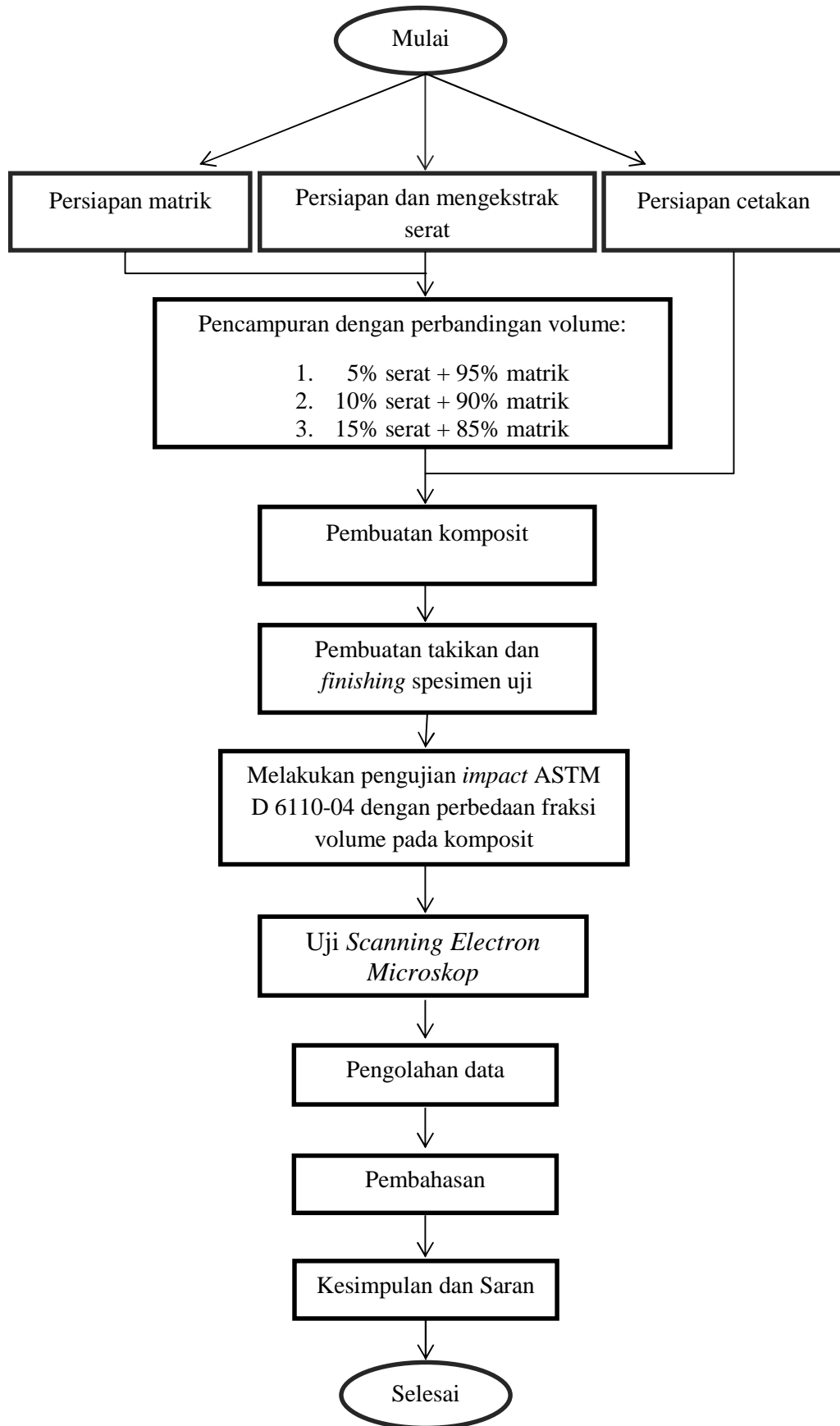
- 3) Proses pelapisan permukaan spesimen uji dengan platina (*coathing* atau *sputtering*) dengan mesin *auto coather*
- 4) Menghidupkan perangkat pengamatan *SEM*.
- 5) Menempatkan spesimen pada tabung *SEM* dan dilanjutkan dengan pengambilan gambar *SEM*.
- 6) Mencetak hasil atau gambar *SEM* yang telah diambil.

3.6 Data Pengujian

Tabel 3.1 Data hasil pengujian *impact* komposit

Pengujian	Volume serat kulit pohon waru pada komposit			Jumlah
	5%	10%	15%	
Uji <i>Impact</i>	4	4	4	12
Uji <i>SEM</i>	1	-	1	2

3.7 Alur Proses Pengujian



V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan terhadap ketangguhan *impact* komposit *epoxy* berpenguat serat kulit pohon waru, maka kesimpulan yang didapat adalah :

1. Spesimen hasil pengujian *impact* pada tiap variasi mengalami patah total atau *totaly cracking* dengan penampang patahan berserabut yang menandakan adanya *fiber pullout*.
2. Komposit fraksi volume serat 5% memiliki ketangguhan *impact* terkecil $0,0292 \text{ J/cm}^2$ dan ketangguhan *impact* terbesar diperoleh oleh komposit fraksi volume serat 15% sebesar $0,1235 \text{ J/cm}^2$.
3. Terlihat dari hasil foto *SEM* dengan titik foto pada patahan komposit menunjukkan adanya *fiber pullout* disebabkan rendahnya daya ikat antara matrik dan serat, sehingga serat mudah tercabut.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan terhadap ketangguhan *impact* komposit serat kulit pohon waru, saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Dari hasil penelitian komposit terhadap ketangguhan *impact* berpenguat serat kulit pohon waru, masih didapatkan data yang kurang maksimal, sehingga perlu dilakukan pembuatan dengan teknik yang baik.
2. Memperhatikan dengan benar pada saat proses pencetakan, agar tidak ada udara yang terjebak dalam spesimen (*void*).
3. Memperhatikan penyebaran serat, sebaiknya dilakukan dengan merata sehingga serat mampu menanggung beban yang diteruskan dalam matrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhan Reza, 2013. Kekuatan Impact Komposit Epoxy Berpenguat Serat ijuk (Arenga Pinnata Merr). Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- ASTM D 6110-04 Standard Test Methods for Void Content of Reinforced Plastics. ASTM Internasional, USA.
- Bismarck, A. dkk. 2008. *Green Composites as Panacea? Socio Economic Aspects of Green Materials*, Environment, Development and Sustainability, 2006.
- Callister W D, Material Science and Engineering. Seventh Edition. (Singapore: John Wiley & Sons Inc, 2007), hal 596.
- Callister, William D. Materials Science and Engineering An Introduction, Sixth Edition. New York: John Wiley & Sons. 2003. Halaman 471-488.
- Chandrabakty dan Sri. 2011. *Pengaruh Panjang Serat Tertanam Terhadap Kekuatan Geser Interfacial Komposit Serat Batang Melinjo Matriks Resin Epoxy*. Jurnal Skripsi. Teknik Mesin. Universitas Tadulako, Palu. Diakses November 2014.
- Darmansyah. "Evaluasi Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Material Komposit Serat/Resin Berbahan Dasar Serat Nata De Coco Dengan Penambahan Nanofiller". Tesis Magister Teknik. Universitas Indonesia : Depok, 2010.
- Gibson, F. R. Principles Of Composite Material Mechanics. McGraw-Hill Singapore 1994.

- Hartanto, L. 2009, Study Perlakuan Alkali Dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik, Dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polyester Bqtn 157. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Istiqomah, L. dkk. 2011. WARU LEAF (*Hibiscus Tiliaceus*) AS SAPONIN SOURCE ON In Vitro RUMINAL FERMENTATION CHARACTERISTIC. Research Unit For Development of Chemical Engineering Processes, Indonesian Institute of Science (LIPI). Surakarta.
- Mahayatra, I Gede. dkk. 2013. Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Marmer Statuari Terhadap Sifat Mekanik Komposit Partikel Marmer Statuari. Jurnal FEMA, Volume 1 No. 4.
- Maryanti, B. dkk. 2011." Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik". Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 2, No.2 Tahun 2011 : 123-129. Universitas Brawijaya : Malang.
- Matthews, F.L. and Rawlings, R.D. 1993. *Composite Material Engineering and Science 48,12559615* .First edition, Chapman and Hall publisher, 2-6 Boundary Raw, London.
- Pratama, 2011, *Analisa sifat mekanik komposit bahan kampak rem dengan penguat fly ash batubara*, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Rahaman, 2011. "Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Polyester"
- Rangkuti, Z. 2011. Pembuatan dan Karakterisasi Papan Partikel dari Campuran Resin Polyester dan Serat Kulit Jagung. Tesis. Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara .
- Rianto, A. 2011. Karakterisasi Kekuatan Bending dan Hidrofobisitas Komposit Serat Kulit Waru (*hibiscus tiliaceus*) Kontinyu Bermatrik Pati Ubi Kayu. Tesis, Teknik Mesin FT Brawijaya, Malang.

Simatupang, R. Dkk. 2011, Pengaruh Penggunaan Serat waru (*Hibiscus Tiliaseus*) Sebagai penguat pada Komposit Polimer Dengan Matrik Polipropilena Masplein 2161 terhadap Koefisien Serapan Bunyi, Lemlit DIVA Unesa

Supriati, E. 2012. Realisasi Produksi Kayu Hutan Rendah. Antara/2012/8/30.

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

Wahyu, F. 2010. Pengaruh Fraksi Volume Dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Impact Komposit Serat Pelelah Kelapa Dengan Matrik Polyester. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin UNRAM.

Widodo, B. 2008. *Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random)*. Jurusan Teknik Mesin, ITN Malang