



**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT SELULOSA
ASETAT TERHADAP KEKUATAN *BENDING* DAN
IMPACT MATERIAL KOMPOSIT SELULOSA
ASETAT DENGAN Matriks *EPOXY***

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin**

Oleh

Tsalits Khairul Ibad

NIM.5212414068

TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2020

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI PEMBIBING

Nama : Tsalits Khairul Ibad
NIM : 5212414068
Program Studi : Teknik Mesin S1
Judul : PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT SELULOSA
ASETAT TERHADAP KEKUATAN *BENDING* DAN
IMPACT MATERIAL KOMPOSIT SELULOSA ASETAT
DENGAN Matriks *EPOXY*

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi/TA Program Studi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 2020

Pembimbing



Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T.
NIP. 197509272006041002

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "Pengaruh Fraksi Volume Serat Selulosa Asetat terhadap Kekuatan *Bending* dan *Impact* Material Komposit Selulosa Asetat dengan Matriks *Epoxy*" telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 10 bulan September 2020

Oleh

Nama : Tsalits Khairul Ibad
NIM : 5212414068
Program Studi : Teknik Mesin

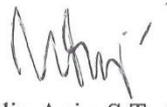
Panitia:

Ketua



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP.197403211999031002

Sekretaris



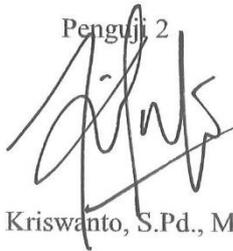
Samsudin Anis, S.T., M.T.Ph.D
NIP.197601012003121002

Penguji 1



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP.197403211999031002

Penguji 2



Kriswanto, S.Pd., M.T
NIP.198609032015041001

Penguji 3



Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T.
NIP.197509272006041002

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP.196911301994031001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

Kemarin adalah masa lalu, Besok adalah misteri, Hari ini adalah kenyataan
Jadikan hatimu itu seperti ikan di laut (Syeikh Ibnu Atha'illah)

Persembahan

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Isman dan Ibu Tri Handayani.
2. Keluarga besar saya saudara Eko Ari Istrianto dan saudara Dwi Kurnia Rahman. Terima kasih atas segala dukungan, doa, dan semangat yang telah diberikan.
3. Keluarga besar Sugiri dan Duryat yang telah selalu mendoakan
4. Teman-teman teknik mesin yang telah mendukung dan memberi semangat
5. Nadya Audina Nurkhafiya Sadikin yang selalu mendukung, memberi semangat

SARI

Ibad, Tsalits Khairul. 2020. Pengaruh Fraksi Volume Serat Selulosa Asetat Terhadap Kekuatan *Bending* dan *Impact* Material Komposit Selulosa Asetat Dengan Matriks *Epoxy*. Pembimbing: Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Penelitian ini menjelaskan tentang pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap kekuatan *bending* dan *impact* material komposit selulosa asetat dengan serat *epoxy*.

Varian material yang diteliti adalah sebagai berikut : S_A dengan perbandingan fraksi volume 70% serat : 30% *epoxy*, S_B dengan perbandingan fraksi volume 50% serat : 50% *epoxy* dan S_C dengan perbandingan fraksi volume 30% serat dan 70% *epoxy*. Proses fabrikasi menggunakan metode *hand-lay up* dan orientasi serat acak. Proses analisis kekuatan *bending* menggunakan standar *ASTM D-790* dan analisis *impact* menggunakan standar *ASTM D-256*.

Perbandingan fraksi volume serat dan *epoxy* memiliki pengaruh terhadap terhadap nilai *bending* dan *impact*. Data tahanan *bending* S_B 48,72 MPa, S_A 26,76 MPa, dan S_C 21,48 MPa. Modulus elastisitas *bending* S_B nilai 1,08552 GPa, S_A 0,13907 GPa, dan S_C 0,25853 GPa, Nilai *impact* dengan nilai S_C 6,8 kJ/m², S_B 6,2 kJ/m², dan S_A 5, kJ/m².

Kata Kunci: selulosa astetat, *epoxy*, *bending*, *impact*, *dashboard*, dan *ABS*.

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 25 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



Tsalits Khairul Ibad

NIM. 5212414068

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Fraksi Volume Serat Selulosa Asetat Terhadap Kekuatan *Bending* dan *Impact* Material Komposit Selulosa Asetat Bermatriks *Epoxy*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Strata-1 untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Skripsi ini dapat terselesaikan tak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Nur Qudus, M.T.,IPM Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd, M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Samsudin Anis, S. T., M.T., Ph.D., Koordinator Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang dan selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Rusiyanto, S.Pd, M.T dan Kriswanto S.Pd., M.T selaku penguji yang telah membimbing saya dalam menyusun Skripsi hingga selesai.
6. Orangtua tercinta yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan, motivasi dan membimbing saya hingga sekarang sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua teman-teman di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, khususnya teman-teman Prodi Teknik Mesin, yang telah mendukung penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Kepada semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

9. Kepada Nadya Audina Nurkhafiya Sadikin yang telah mendukung dan memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bila dalam penulisan laporan ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, baik dalam penulisan maupun pejelasan yang disebabkan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis, oleh karena itu penulis memohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya, dan dunia keteknikan khususnya.

Semarang, 25 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
SARI	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan	5
1.6 Manfaat	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1. Kajian Pustaka	7
2.2. Landasan Teori	11
2.2.1. Definisi Komposit	11
2.2.2. Unsur Penyusun Komposit	12

2.2.3. Jenis-jenis Komposit	14
2.2.4. Serat Selulosa Asetat.....	17
2.2.5. <i>Epoxy</i>	18
2.2.6. Uji <i>Bending</i>	20
2.2.7. Pengujian <i>Impact</i>	24
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	29
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	29
3.2. Desain Penelitian	29
3.2.1. Diagram Alir.....	30
3.2.2. Proses Penelitian.....	31
3.3. Alat dan Bahan	38
3.3.1. Alat	38
3.3.2. Bahan.....	43
3.4. Parameter Penelitian	44
3.4.1. Variabel Bebas.....	44
3.4.2. Variabel Terikat.....	44
3.4.3. Variabel Kontrol.....	44
3.5. Teknik Pengumpulan Data.....	46
3.5.1. Dokumentasi.....	46
3.5.2. Uji Laboratorium	46
3.6. Kalibrasi Instrumen	46
3.7. Teknik Analisis data	47
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Hasil Pengujian.....	48
4.1.1. Hasil Pengujian <i>Bending</i>	48

4.1.2. Hasil Pengujian <i>Impact</i>	50
4.1.2. Hasil Pengujian <i>Impact</i>	50
4.2. Analisis dan Pembahasan	50
4.2.1. Analisis dan Pembahasan Uji <i>Bending</i>	50
4.2.2. Analisis dan Pembahasan Uji <i>Impact</i>	61
BAB V PENUTUP	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	72

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

$^{\circ}$	= Derajat kemiringan sudut
%	= Persen
J	= <i>Joule</i>
mm^2	= Milimeter persegi
MPa	= Mega Pascal
GPa	= Giga Pascal
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
μm	= Mikronmeter
V_c	= Fraksi volume komposit (mm^3)
M_c	= Massa komposit (g)
ρ_c	= Massa jenis komposit (g/mm^3)
σ_c	= Densitas komposit (Kg/m^3)
σ_m	= Densitas matriks (Kg/m^3)
σ_f	= Densitas serat (Kg/m^3)
wt%	= Persentase berat
S_A	= Spesimen dengan variasi 30% serat : 70% <i>epoxy</i>
S_B	= Spesimen dengan variasi 50% serat : 50% <i>epoxy</i>
S_C	= Spesimen dengan variasi 70% serat : 30% <i>epoxy</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Mekanis Resin <i>Epoxy</i>	20
Tabel 2.2. Kelebihan dan Kekurangan Metode Pengujian <i>Three Point Bending</i> dan <i>Four Point Bending</i>	23
Tabel 2.3. Kelebihan dan Kekurangan Metode Pengujian <i>Impact Charpy</i> dan <i>Izod</i>	28
Tabel 3.1. Kebutuhan Material Untuk Spesimen	34
Tabel 3.2. Jumlah Kebutuhan Spesimen Uji <i>Bending</i> dan <i>Impact</i>	37
Tabel 3.3. Data Pengujian Kekuatan <i>Bending</i>	45
Tabel 3.4. Data Pengujian Kekuatan <i>Impact</i>	45
Tabel 4.1. Data Hasil Beban Tekan Pengujian <i>Bending</i>	48
Tabel 4.2. Nilai Defleksi Uji <i>Bending</i>	49
Tabel 4.3. Energi Serap Uji <i>Impact</i>	50
Tabel 4.4. Tegangan <i>Bending</i>	52
Tabel 4.5. Modulus Energi <i>Bending</i>	57
Tabel 4.6. Harga <i>Impact</i> Spesimen Komposit	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Susunan Kimia Selulosa Asetat.....	2
Gambar 2.1. Grafik Nilai Kekuatan Bending Rata-rata Komposit Selulosa Asetat.....	8
Gambar 2.2. Grafik Nilai Kekuatan Modulus Elastisitas Rata-rata Komposit Selulosa Asetat	8
Gambar 2.3. Metode Hand Lay Up	10
Gambar 2.4. Discontinuous Fiber.....	11
Gambar 2.5. <i>Fibrous Composite</i>	14
Gambar 2.6. <i>Particulate Composite</i>	15
Gambar 2.7. Tipe Serat dalam Komposit	16
Gambar 2.8. Rantai Susunan Selulosa Asetat	19
Gambar 2.9. Penampang spesimen Uji <i>Three Point Bending</i>	21
Gambar 2.10. Penampang spesimen Uji <i>Four Point Bending</i>	22
Gambar 2.11. Skema Pengujian Impact	24
Gambar 2.12. Mekanisme kerja dan spesimen Uji <i>Impact Izod</i>	27
Gambar 2.13. Mekanisme kerja dan spesimen Uji <i>Impact Charpy</i>	27
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2. Kamera <i>Canon EOS 600D</i>	38
Gambar 3.3. Timbangan Digital.....	39
Gambar 3.4. Cetakan Komposit	39
Gambar 3.5. Grinda Tangan	40
Gambar 3.6. Jangka sorong	40

Gambar 3.7. Alat Uji <i>Bending</i>	41
Gambar 3.8. Alat Uji <i>Impact</i>	42
Gambar 3.9. Alat <i>Supporting point</i>	42
Gambar 3.10. <i>Single loading pin</i>	42
Gambar 3.11. Serat Selulosa Asetat dari kapas puntung rokok.....	43
Gambar 3.12. Resin <i>Epoxy</i> dan <i>Herdener</i>	43
Gambar 4.1. Grafik Nilai Beban Tekan <i>Bending</i>	49
Gambar 4.2. Grafik Nilai Defleksi Uji <i>Bending</i>	49
Gambar 4.3. Energi Serap Hasil Uji <i>Bending</i>	50
Gambar 4.4. Perbandingan Nilai Tegangan <i>Bending</i>	52
Gambar 4.5. Visualisasi Patahan S_B	53
Gambar 4.6. Visualisasi S_A	54
Gambar 4.7. Visualisasi S_A	54
Gambar 4.8. Visualisasi Patahan S_C	55
Gambar 4.9. Perbandingan Nilai Modulus Elastis Uji <i>Bending</i>	58
Gambar 4.10. Visualisasi Penggabungan Serat & <i>epoxy</i> S_B	58
Gambar 4.11. Visualisasi Penggabungan Serat & <i>epoxy</i> S_C	59
Gambar 4.12. Visualisasi Penggabungan Serat & <i>epoxy</i> S_A	60
Gambar 4.13. Perbandingan Nilai Harga <i>Impact</i>	62
Gambar 4.14. Patahan Spesimen Uji <i>Impact</i> S_A	63
Gambar 4.15. Patahan Spesimen Uji <i>Impact</i> S_B	63
Gambar 4.16. Profil Spesimen Uji <i>Impact</i> S_B	63
Gambar 4.17. Patahan Spesimen Uji <i>Impact</i> S_C	63

BAB I

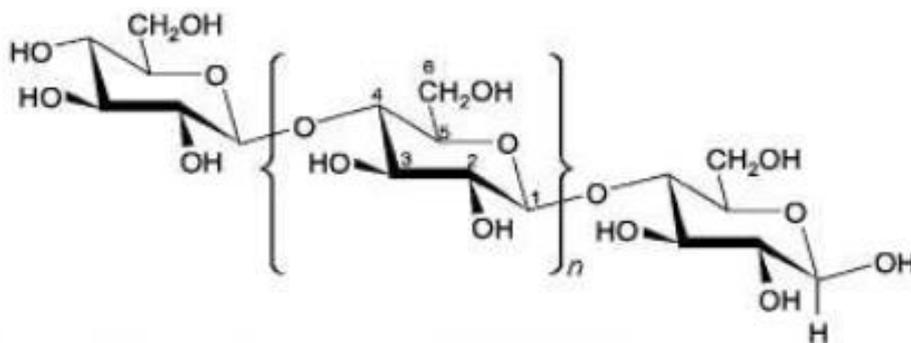
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada masa kini sangat pesat sehingga dituntut untuk selalu berinovasi menemukan material baru. Dalam dunia industri sudah mulai memperhitungkan material non logam sebagai hasil produksi. Salah satu material yang digunakan adalah komposit. Komposit adalah gabungan dari 2 atau lebih material yang tidak dapat larut satu sama lain dengan mencampurkan atau mengikat kedua material tersebut sehingga sifat masing-masing tersebut tetap terjaga (Dowling, 2007:100). Pemilihan material komposit sendiri dikarenakan penyusunnya dapat di variasikan sesuai kebutuhan dan kegunaan suatu material.

Munculnya permasalahan limbah sintetis yang bertambah sehingga banyak limbah sintetis yang di daur ulang untuk mengurangi permasalahan lingkungan. Salah satu limbah sintetis yang banyak di temui di lingkungan adalah puntung rokok. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, presentase perokok di Indonesia tahun 2016 yang berumur diatas 15 tahun sebesar 28,97% khususnya di Provinsi Jawa Tengah presentase perokok diatas 15 tahun sebesar 28,57% dan menurut *WHO (World Health Organisation)* Indonesia menempati urutan ketiga setelah China dan India sebagai negara dengan perokok terbesar di dunia. Hal ini tentu sangat merugikan bagi kesehatan dan lingkungan.

Puntung rokok adalah salah satu permasalahan limbah sintetis yang terjadi di lingkungan sekitar kita. Kapas puntung rokok sendiri terbuat dari serat sintetis yaitu Selulosa Asetat. Selulosa Asetat adalah senyawa turunan selulosa yang diperoleh melalui esterifikasi menggunakan pereaksi asetat anhidrida (Syamsu, 2014). Serat ini banyak digunakan dalam industri tekstil karena harganya yang murah, berwarna terang dan variasi sifat yang beragam. Penggunaan terbanyak serat ini dalam pembuatan filter rokok. Serat selulosa triasetat atau sering disebut serat selulosa asetat primer memiliki asetilasi yang sempurna. Hal yang membedakan selulosa asetat dengan triasetat adalah selulosa asetat memiliki dua atau lebih gugus hidroksil, sedangkan triasetat tidak memiliki gugus tersebut. Meskipun triasetat memiliki sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan asetat namun penggunaannya tidak terlalu banyak dikarenakan mempertimbangkan lingkungan dalam pembuatan serat. Pada Gambar 1.1 dapat dilihat susunan kimia selulosa asetat.



Gambar 1.1. Susunan kimia Selulosa asetat (Kirk Othmer, 1998)

Pengolahan limbah puntung rokok sendiri belum maksimal dikarenakan minimnya penelitian dan pola pikir masyarakat yang menganggap limbah rokok sendiri tidak berguna. Tanpa pengolahan dan penanganan lebih lanjut puntung rokok dapat menjadi masalah serius bagi lingkungan baik dari segi pencemaran lingkungan dan keindahan. Salah satu pemanfaatan puntung rokok adalah serat yang berpotensi menjadi *filler* dalam pembuatan material komposit. Dengan puntung rokok sebagai serat material komposit dapat mengurangi limbah puntung rokok dan sebagai alternatif baru sebagai material komposit. Pemanfaatan serat selulosa asetat dalam dunia otomotif belum dimanfaatkan khususnya sebagai *dashboard* mobil yang biasanya menggunakan polimer *ABS (Acrylonitrile Butadiene styrene)* dengan standar nilai *bending* 1 GPa dan nilai *impact* 13,48 kJ/m², serta penelitian tentang serat selulosa asetat yang berasal dari puntung rokok masih sedikit. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian tentang pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap kekuatan *bending* dan *impact* material komposit serat selulosa asetat bermatriks *epoxy*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Penelitian pemanfaatan limbah puntung rokok sebagai serat komposit masih sedikit.
2. Faktor yang mempengaruhi sifat mekanik komposit adalah arah serat, panjang serat, letak serat, bentuk serat, faktor matriks.

3. Pemanfaatan serat selulosa asetat yang digunakan sebagai *dashboard* mobil belum ada.
4. Standar standar uji *bending* adalah 1 GPa dan uji *impact* adalah 13,48 kJ/m² pada *dashboard* mobil menggunakan material *ABS*.
5. Minimnya kajian mengenai sifat mekanik bahan komposit selulosa asetat bermatrik *epoxy*.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masalah yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Serat yang digunakan pada penelitian ini adalah selulosa asetat yang didapatkan dari pengolahan limbah puntung rokok dengan merek gudang garam.
2. Penggunaan resin dalam penelitian ini adalah *epoxy*.
3. Orientasi serat selulosa asetat adalah acak.
4. Variasi yang digunakan adalah perbandingan fraksi volume antara serat dan resin, dengan perbandingan sebagai berikut :
 - a) 70% serat : 30% *resin* dengan nama S_A
 - b) 50% serat : 50% *resin* dengan nama S_B
 - c) 30% serat : 70% *resin* dengan nama S_C
5. Dilakukan uji *Bending* dengan metode *Three point bending* menurut standar ASTM D-790 dan uji *Impact* dengan metode *Izod* menurut standar ASTM D-256

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah sehingga dapat dirumuskan permasalahan yang akan dianalisis dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap gaya *bending* material komposit serat selulosa asetat *epoxy*.
2. Bagaimana pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap kekuatan *impact* material komposit serat selulosa asetat *epoxy*.

1.5 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap gaya *bending* material komposit serat selulosa asetat *epoxy*.
2. Menganalisis pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap kekuatan *impact* material komposit serat selulosa asetat *epoxy*.

1.6 Manfaat

Manfaat dari penelitian skripsi mengenai pembuatan komposit serat selulosa asetat sebagai berikut :

1. Penelitian ini bisa menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang berbasis serat selulosa asetat dengan resin *epoxy* pada material komposit.
2. Mengetahui kelayakan material komposit berpenguat serat selulosa asetat sebagai bahan pembuatan *dashboard mobil*.

3. Pemanfaatan dan penambahan nilai jual limbah puntung rokok sebagai .
4. Data yang diperoleh dari penelitian berguna bagi sumbangsih ilmu pengetahuan pada bidang material.

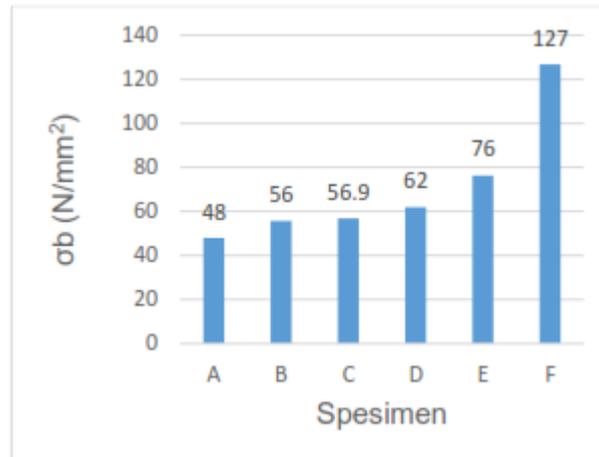
BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

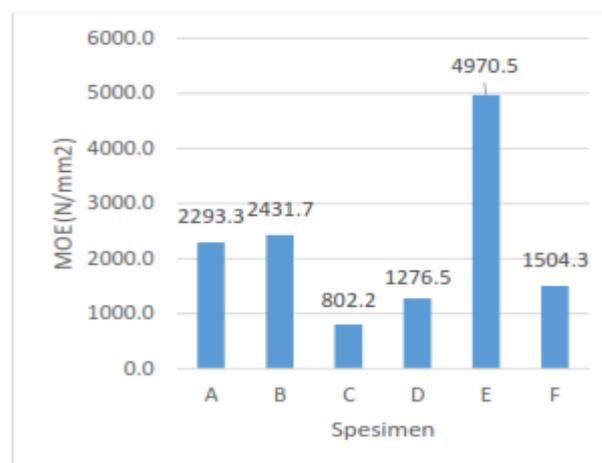
2.1. Kajian Pustaka

Penyusunan sebuah penelitian dibutuhkan sumber-sumber penelitian sebagai acuan atau sebagai dasar penelitian yang akan dilakukan. Baik penelitian yang sudah dilakukan maupun teori-teori dasar dalam penelitian tersebut. Beberapa penelitian yang dilakukan terkait serat komposit sebagai berikut :

Penelitian oleh Ismail, *et al.* (2016) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Kapas Puntung Rokok Menjadi Material Papan Komposit Bermatrik *Polyester*” melakukan penelitian pembuatan material komposit dengan kapas limbah puntung rokok sebagai serat penguat komposit bermatrik *polyester* dengan 5 variasi perbandingan fraksi volume sebesar 70% serat : 30% resin dengan nama spesimen A, 60% serat : 40% resin dengan nama spesimen B, 50% serat : 50% resin dengan nama spesimen C, 40% serat : 60% resin dengan nama spesimen D, dan 30% serat : 70% resin dengan nama spesimen E dilakukan uji *bending* dengan standar ASTM D-790 menunjukkan hasil semakin besar volume serat maka semakin baik nilai kekuatan bending. Pada Gambar 2.1 dapat dilihat hasil nilai kekuatan bending rata-rata komposit selulosa asetat, sedangkan pada Gambar 2.2 dapat dilihat hasil kekuatan modulus elastisitas rata-rata komposit selulosa asetat.



Gambar 2.1. Grafik Nilai Kekuatan Bending Rata-rata Komposit Selulosa Asetat (Ismail, *et al.* 2016)



Gambar 2.2. Grafik Nilai Kekuatan Modulus Elastisitas Rata-rata Komposit Selulosa Asetat (Ismail, *et al.* 2016)

Dari Gambar 2.1 dapat dilihat nilai kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada variasi 70% serat : 30% resin dengan nilai *MOR* (*Modulus of Repture*) sebesar 76N/mm². Dari Gambar 2.2 dapat dilihat nilai modulus elastisitasnya sebesar 4970,5/mm² sehingga nilai ini telah memenuhi standar JISA 5908-2003 dengan standar nilai modulus elastisitas yaitu minimal 20.000kg/cm². Oleh karena

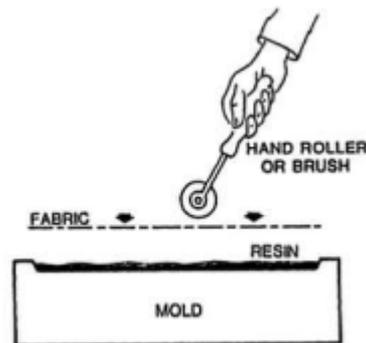
itu dalam penelitian ini akan menggunakan serat selulosa asetat sebagai serat penguat dalam komposit selulosa asetat-epoxy dengan variasi fraksi volume 70% serat : 30% resin dengan nama spesimen A, 50% serat : 50% resin dengan nama spesimen B, dan 30% serat : 70% resin dengan nama spesimen C.

Penelitian oleh Wardani (2015) dengan judul “Pengaruh Rasio Resin dan *Hardener* Terhadap Sifat Mekanik Matrik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia” melakukan penelitian pembuatan material komposit dengan menggunakan metode *Hand Lay Up*. Metode *Hand Lay Up* adalah metode pembuatan material komposit yang sederhana dan secara terbuka dari proses produksi komposit. Proses dari pembuatan komposit dengan metode ini adalah menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, partikel, lembaran, kemudian memberikan tekanan sekaligus meratakannya dengan rol atau kuas (Wardani, 2015). Proses ini dilakukan secara berulang untuk mendapatkan ketebalan komposit yang diinginkan. Adapun kelebihan dari metode ini menurut Lee M. Stuart (1993) dalam Wardani (2015) dengan judul “Pengaruh Rasio Resin dan *Hardener* Terhadap Sifat Mekanik Matrik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia” adalah :

- a) Mudah Dilakukan
- b) Cocok digunakan untuk komposit yang berukuran besar
- c) Volumennya rendah

Pada proses pembuatan komposit dengan metode ini dilakukan secara terbuka sehingga resin mengalami kontak langsung dengan udara dan biasanya

dilakukan pencetakan pada suhu kamar. Pada Gambar 2.3 dapat dilihat ilustrasi dari proses pembuatan komposit menggunakan metode *Hand Lay Up*.



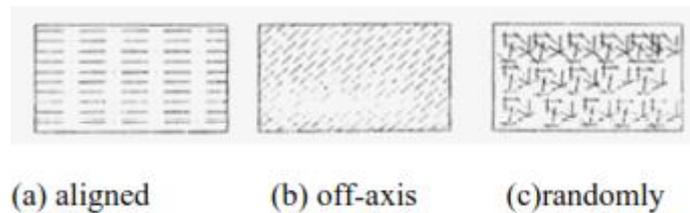
Gambar 2.3. Metode Hand Lay Up (Lee M. Stuart, 1993)

Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan metode *Hand Lay Up* untuk proses pembuatan material komposit.

Penelitian oleh Rusmiyatno (2007) dengan Judul “Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Komposit *Nylon/Epoxy* Resin Serat Pendek Random” melakukan penelitian pembuatan komposit serat dengan jenis *Discontinuous Fiber Composite*. *Discontinuous Fiber Composite* adalah tipe serat komposit dengan serat pendek (Rusmiyanto, 2007). Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 (Gibson, 1994 : 157) :

- a) *Aligned Discontuous fiber*
- b) *Off-Axis Aligned Discontinuous fiber*
- c) *Randomly Oriented Discontinuous fiber*

Pada Gambar 2.4. dapat dilihat gambar dari *discontinuous fiber*.



Gambar 2.4. Discontinuous Fiber (Gibson, 1994 : 157)

Oleh karena itu penelitian ini menggunakan *Randomly Oriented Discontinuous fiber* merupakan serat pendek dan berorientasi acak diantara matriksnya.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Definisi Komposit

Komposit adalah gabungan dari 2 atau lebih material yang tidak dapat larut satu sama lain dengan mencampurkan atau mengikat kedua material tersebut sehingga sifat masing-masing tersebut tetap terjaga (Dowling, 2007:100). Dalam hal lebih spesifik biasanya komposisi disusun dengan serat sebagai penguat.

1) Material penguat (*Reinforcement*)

Material mempunyai sifat kurang elastis dan bentuk dari material penguat berupa serat atau partikel. Sedangkan jenis material penguat dalam komposit berupa karbida, nitrida, oksida.

2) Material pengikat (Matriks)

Material yang umumnya bersifat elastis dan jenis matrik yang sering digunakan adalah logam, polimer, atau keramik. Jenis matrik yang digunakan menunjukkan nama dari komposit tersebut, sebagai contoh : Komposit Matrik Polimer (KMP).

2.2.2. Unsur Penyusun Komposit

Ada dua macam material yang digunakan sebagai penyusun komposit.

Material tersebut adalah :

1. Material penguat (*Reinforcement*)

Material mempunyai sifat yang kurang elastis dan biasanya bentuk dari material penguat adalah serat atau partikel. Serat adalah suatu material bagian komponen yang berbentuk memanjang membentuk suatu jaringan yang utuh.

Pada umumnya dalam komposit dibagi menjadi 2 jenis serat penyusun, yaitu :

a) Serat alami

Serat alam (*nature fiber*) merupakan serat yang bersumber langsung dari alam bukan buatan atau rekayasa manusia (Astika, *et al.* 2013). Biasanya serat alami dihasilkan dari pengolahan bambu, nanas, serabut kelapa, ijuk, goni, dan lain sebagainya. Kelemahan serat alami adalah kekuatan yang bergantung kepada usia serat dan bentuknya tidak seragam.

b) Serat sintetis

Serat sintetis adalah serat yang dibuat dengan bahan dasar zat-zat kimia dan anorganik. Serat ini mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan dengan serat alam untuk dijadikan komposit dikarenakan memiliki bentuk dan ukuran yang seragam dan dapat dimodifikasi sifat mekanik dari serat tersebut. Serat yang banyak digunakan adalah serat nylon, serat gelas, serat karbon dan lain-lain.

2) Material pengikat (*Matriks*)

Material yang umumnya bersifat elastis dan jenis matrik yang sering digunakan adalah logam, polimer, atau keramik. Jenis matrik yang digunakan menunjukkan nama dari komposit tersebut, antara lain :

a) Komposit Matrik Keramik / *Ceramic Matriks Composite (CMC)*

Komposit dengan matrik yang digunakan adalah keramik. Matrik yang sering digunakan dalam komposit ini adalah gelas *anorganik*, *alumina*, dan *silikon nitrida*. Komposit jenis ini memiliki kelebihan diantaranya dimensinya lebih stabil, tahan pada temperatur tinggi, permukaannya tahan aus dan lain-lain. Namun komposit jenis ini juga memiliki kelemahan diantaranya sulit diproduksi dalam jumlah besar, relatif mahal, hanya untuk aplikasi tertentu.

b) Komposit Matrik Logam / *Metal Matriks Composite (MMC)*

Komposit dengan matrik yang digunakan adalah logam. Komposit jenis ini memiliki kelebihan diantaranya tidak menyerap kelembaban, kekuatan tekan dan geser yang baik, tidak mudah terbakar, dan lain-lain. Namun komposit jenis ini memiliki beberapa kelemahan yaitu biayanya mahal dan standarisasi material dengan proses yang sedikit.

c) Komposit Matrik Polimer / *Polimer Matriks Composite (PMC)*

Komposit dengan matrik yang digunakan adalah polimer, komposit ini paling banyak digunakan karena memiliki sifat yang lebih tahan korosi dan lebih ringan serta biaya pembuatan yang lebih murah. Namun komposit jenis ini mempunyai kelemahan yaitu tidak tahan dengan temperatur tinggi. Polimer yang sering

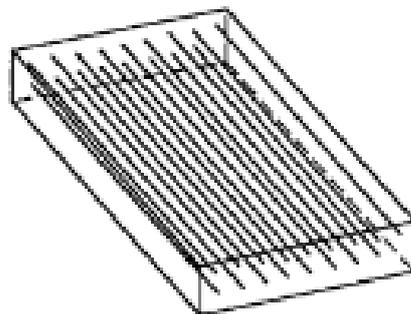
digunakan adalah *thermoplastic* (*polyester* dan *nylon*) dan *thermoset* (epoksida dan bismaleimida).

2.2.3. Jenis-jenis komposit

Secara garis besar menurut Gibson dalam bukunya yang berjudul *Principles of Composite material mechanics* (1994) komposit dibedakan menjadi 2 menurut penguatnya, yaitu :

1) *Fibrous Composite* (Komposit Serat)

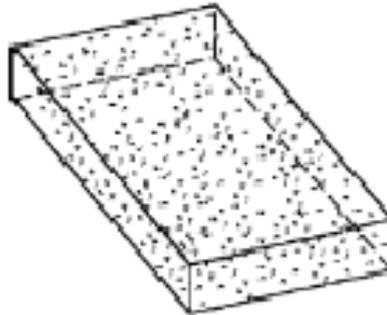
Fibrous Composite (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (*fiber*). Serat yang digunakan seperti serat gelas, serat karbon, *aramid fibres* (*polyaramide*) dan sebagainya. Serat ini disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan dapat pula dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Pada Gambar 2.3 dapat dilihat contoh dari *Fibrous Composite*.



Gambar 2.5. *Fibrous Composite* (Dowling, 2007:100)

2) *Particulate composite* (komposit partikel)

Particulate composite (komposit partikel) adalah komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya sehingga partikelnya terdistribusi secara merata di dalam matriksnya.



Gambar 2.6. *Particulate Composite* (Dowling, 2007:100)

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari kekuatan mekanik komposit, penempatan serat harus dilakukan dengan benar. Menurut Gibson dalam bukunya yang berjudul *Principles of Composite material mechanics* (1994) terdapat beberapa tipe serat dalam komposit, yaitu :

1. *Continuous Fiber Composite*

Tipe serat ini memiliki susunan yang panjang dan lurus, serta memiliki lamina diantara matriksnya. Komposit ini adalah komposit yang paling umum digunakan, tetapi memiliki kekurangan pada pemisahan antar lapisan.

2. *Woven Fiber Composite*

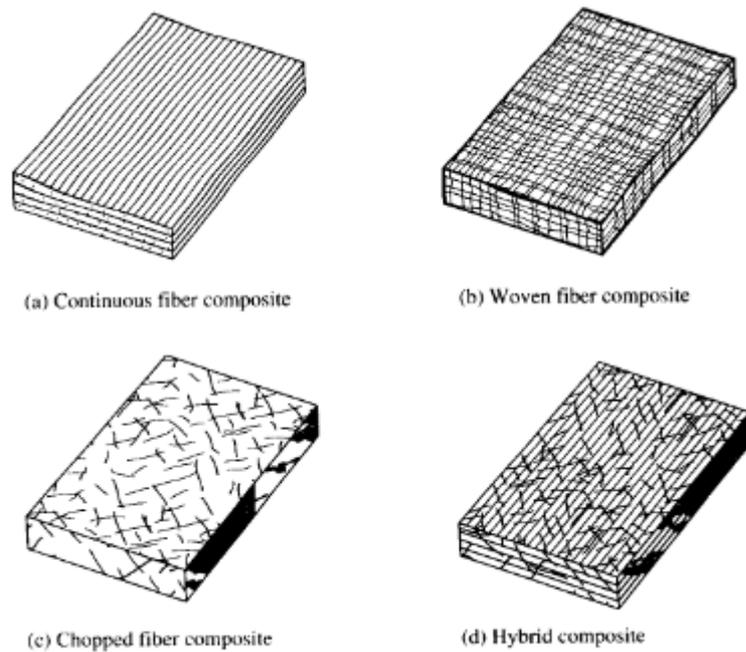
Tipe serat ini tidak memiliki perbedaan lamina, dan tidak mudah mengalami delaminasi, akan tetapi kekuatan dan kekakuannya lebih lemah dikarenakan penyusunan seratnya tidak selurus *Continuous Fiber Composite*.

3. *Chopped Fiber Composite*

Tipe serat komposit ini memiliki serat yang pendek dan orientasi arahnya secara acak di matriksnya. Biasanya komposit serat tipe ini digunakan untuk memproduksi komposit yang memiliki ukuran besar namun dengan biaya yang rendah.

4. *Hybrid Composite*

Komposit serat tipe ini adalah gabungan dari tipe serat *Chopped* dan *Continuous* yang bertujuan untuk melengkapi kekurangan masing-masing tipe sehingga mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik. Biasanya komposit serat tipe ini juga sering disebut gabungan antara serat alami dan sintesis.



Gambar 2.7. Tipe Serat dalam Komposit (Gibson, 1994: 5)

2.2.4. Fraksi Volume dan Massa

Menentukan komposisi material komposit dapat menggunakan perbandingan fraksi volume. Fraksi volume komposit terdiri dari tiga bagian yaitu fraksi volume serat, fraksi volume matriks dan fraksi volume komposit secara keseluruhan. Perhitungan ini dilanjutkan dengan tahap perhitungan berat total kebutuhan dari matriks dan serat yang dibutuhkan untuk proses pembuatan komposit. proses perhitungan dilakukan untuk menentukan takaran yang sesuai pada saat proses pembuatan komposit.

Fraksi volume komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_c = V_f + V_m \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\frac{M_c}{\rho_c} = \frac{M_f}{\rho_f} + \frac{M_m}{\rho_m} \dots\dots\dots(2.2)$$

Massa komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$m_c = m_f + m_m \dots\dots\dots(2.3)$$

Fraksi volume serat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_f = \frac{V_f}{V_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Fraksi volume berat dapat dihitung dengan persamaan :

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

V_c = Volume komposit (cm^3)

V_m = Volume matriks (cm^3)

M_m = Massa matriks (gr)

ρ_m = Massa jenis matriks (gr/cm^3)

Wf = Fraksi berat serat (%)

vf = Volume serat (cm³)

mf = Massa serat (gr)

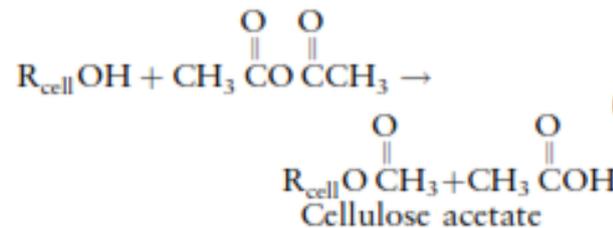
ρf = Massa jenis serat (gr/cm³)

Vf = Fraksi volume serat (%)

2.2.5. Serat Selulosa Asetat

Serat selulosa asetat adalah selulosa ester yang paling sering digunakan, selulosa pertama kali direaksikan dalam asam asetat encer untuk memastikan asetilasinya seragam, kemudian mengalami penyusutan dan bereaksi dengan asam anhidrida dengan katalis (misal asam sulfat) dalam suatu pelarut (misal anhidrida asam asetat) (Holtzapfle, 2003). Serat selulosa triasetat atau sering disebut serat selulosa asetat primer memiliki asetilasi yang sempurna. Perbedaan diantara serat selulosa asetat dan selulosa triasetat terdapat pada struktur penyusunnya. Selulosa asetat memiliki dua gugus atau lebih hidroksil sedangkan selulosa triasetat tidak memilikinya. Produksi serat ini menggunakan pulp kayu sebagai bahan dasar sebagai sumber utama selulosa. Selulosa yang digunakan harus memiliki tingkat kemurnian yang tinggi, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan kelarutan polimer yang besar untuk pembuatan serat karena pengotor hemiselulosa membentuk gel yang tidak diinginkan, Pulp kayu yang terasetilasi memiliki kandungan alfa selulosa sebesar 95%-98%. Selulosa asetat memiliki nilai komersial yang tinggi karena memiliki karakteristik fisik dan sifat optik yang baik, sehingga banyak digunakan sebagai serat untuk tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, lak, pelapis kertas dan membran (Shouka , *et al.* : 2018). Selain itu selulosa asetat juga bersifat dapat di daur

ulang sehingga ramah lingkungan. Pada Gambar 2.8 dapat dilihat susunan kimia dari selulosa asetat.



Gambar 2.8 Rantai Susunan Selulosa Asetat (*Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, 2003)

Selulosa asetat adalah serat yang berharga karena memiliki harga produksi yang murah namun memiliki kualitas yang baik.

2.2.6. Epoxy

Epoxy adalah salah satu polimer berbentuk cair yang berasal dari polimerisasi *epoxida*. Resin *epoxy* bisa bereaksi dengan beberapa bahan kimia lain. Resin ini termasuk dalam resin *thermosetting* karena mereka bereaksi dengan mengeluarkan panas internal dan mampu membentuk ikatan yang erat dalam struktur *crosslinking polimer*. *Epoxy* banyak digunakan karena memiliki keunggulan sebagai zat perekat dibandingkan dengan polimer yang lain. Menurut Tata Surdia dan Shinkoru Saito (1999:259) sifat-sifat resin *epoxy* diantaranya keletkatan terhadap bahan lain baik sekali, kestabilan dimensinya baik, sangat tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap banyak asam. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat kekuatan mekanis dari resin *epoxy*.

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Resin *Epoxy*

Sumber: Callister (2007: 602)

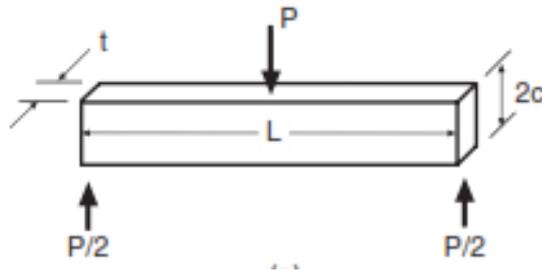
Material	Modulus Elastisitas (GPa)	Densitas (g/cm ³)
Resin Epoxy	2,4	1,14

2.2.7. Pengujian *Bending*

Uji *bending* adalah proses pengujian material dengan memberikan beban pada material, pembebanan akan terus dilakukan hingga benda uji tersebut patah atau mengalami deformasi tertentu yang dapat dianggap sebagai kekuatan *bending*, meskipun benda tersebut tidak patah. Pengujian *bending* merupakan jenis pengujian tekan. Ada dua macam pengujian *bending* yaitu *three point bending* dan *four point bending*.

1) *Three Point Bending*

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik dibandingkan tarik. Pada pengujian *bending*, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah spesimen mengalami proses tarik sehingga kegagalan yang sering terjadi akibat pengujian *bending* adalah bagian bawah spesimen karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Pada metode *three point bending* spesimen uji diberikan beban pada satu titik tepat pada bagian tengah spesimen ($\frac{1}{2} L$) dan bertumpu pada dua penyangga.



Gambar 2.9. Penampang spesimen uji *Three Point Bending* (Dowling, 2007: 170)

Perhitungan pengujian *three point bending* menggunakan persamaan :

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots(2.5)$$

Momen yang terjadi dihitung menggunakan persamaan :

$$M = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \frac{1}{2} \cdot L$$

$$M = \frac{1}{4} P \cdot L \dots\dots\dots(2.6)$$

Tegangan kelenturan material dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\sigma = \frac{\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{2} L \cdot \frac{1}{2} d}{\frac{1}{2} b \cdot d^3} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\sigma = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Regangan bending dihitung dengan rumus :

$$\epsilon = \frac{6 \times \delta \times d}{L^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dan untuk menghitung elastisitas menggunakan persamaan :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

σ = Tegangan *bending* (N/mm²)

E = Modulus elastisitas (N/mm²)

M = Momen lentur (N/mm)

P = Beban yang diberikan (N)

L = Jarak antara titik tumpuan (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

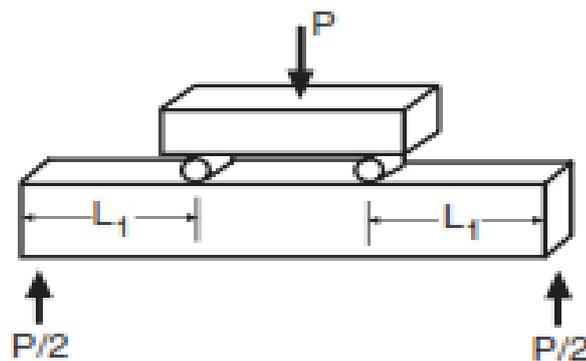
d = Tebal spesimen (mm)

δ = Defleksi (mm)

I = Momen inersia pada penampang persegi (mm⁴)

2) *Four Point Bending*

Pada metode *four point bending*, spesimen uji diberikan beban pada dua titik dan bertumpu pada dua titik.



Gambar 2.10. Penampang spesimen uji *Four Point Bending* (Dowling, 2007: 170)

Tegangan kelenturan material dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{M.y}{I} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\sigma = \frac{\frac{1}{2}.P.\frac{1}{4}.L.\frac{1}{2}.d}{\frac{1}{12}.b.d^3} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\sigma = \frac{3.P.L}{4.b.d^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

σ = Tegangan *bending* (N/mm²)

E = Modulus elastisitas (N/mm²)

M = Momen lentur (N/mm)

P = Beban yang diberikan (N)

L = Jarak antara titik tumpuan (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

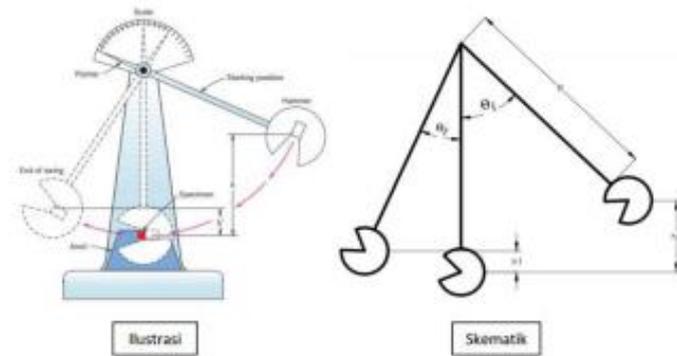
Uji *bending three point bending* dan *four point bending* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, pada Tabel 2.2 dapat dilihat perbandingan kelebihan dan kekurangan dari kedua uji *bending* tersebut.

Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan metode pengujian *Three Point Bending* dan *Four Point Bending*

<i>Three Point Bending</i>	<i>Four Point Bending</i>
Kelebihan	
1. Kemudahan persiapan spesimen dan pengujian	1. Penggunaan rumus perhitungan lebih mudah
2. Spesimen yang diuji tidak harus rata	2. Lebih akurat hasil pengujian
Kekurangan	
1. Nilai tidak lebih akurat dari 4 four point bending	1. Pembuatan poin lebih rumit
2. Kemungkinan terjadi pergeseran, sehingga benda yang diuji pecah/patah tidak tepat di tengah maka rumus yang digunakan kombinasi tegangan lengkung dengan tegangan geser	2. 2 poin atas harus bersamaan menekan benda uji. Jika salah satu point lebih dulu menekan benda uji maka terjadi <i>three point bending</i> , sehingga rumus yang digunakan berbeda

2.2.8. Uji *Impact*

Uji *impact* adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pengujian *impact* dilakukan untuk mencari hasil ketahanan terhadap beban kejut. Hal ini yang membedakan antara pengujian *impact* dengan pengujian tarik dan *bending*, dimana pembebanan yang diberikan dilakukan secara perlahan. Pengujian *impact* dilakukan juga sebagai simulasi dari kondisi operasional material dalam kelengkapan transportasi atau konstruksi dimana pembebanan tidak selalu terjadi secara perlahan melainkan secara tiba-tiba.



Gambar 2.11. Skema pengujian *impact* (Callister, 2007: 224)

Pada dasarnya proses pengujian *impact* menggunakan dasar perhitungan yang dimuat pada persamaan energi mekanis. Pada persamaan tersebut dijelaskan bahwa setiap benda yang bergerak memiliki energi potensial dan energi kinetik.

$$E_m = E_p + E_k \dots\dots\dots(2.15)$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \text{ (ketika bandul di puncak } v=0)$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h \text{ (tetap dipertimbangkan karena terjadi perbedaan ketinggian)}$$

Dengan demikian untuk posisi bandul sebelum dan sesudah mengenai spesimen tidak mempertimbangkan energi kinetiknya. Kondisi tersebut berakibat pada proses perhitungan perubahan energi (ΔE) yang digunakan hanya energi potensialnya.

Maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta E = E_{m1} + E_{m2} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\Delta E = (E_{p1} + E_{k1}) - (E_{p2} + E_{k2})$$

Karena E_k dianggap konstan maka $E_k=0$

Total energi yang dilakukan oleh pendulum pada proses pengujian *impact* sama dengan total perubahan energi. Secara teori total energi dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\Delta E = E_{p1} - E_{p2}$$

$$\Delta E = m \cdot g \cdot h_0 - m \cdot g \cdot h_1$$

$$\Delta E = m \cdot g (R - R \cdot \cos\theta_i) - m \cdot g (R - R \cdot \cos\theta_f)$$

$$\Delta E = m \cdot g \cdot R (\cos\theta_i - \cos\theta_f) \dots\dots\dots(2.17)$$

- Dimana:
- E_m = Energi mekanik (J)
 - E_p = Energi potensial (J)
 - E_k = Energi Kinetik (J)
 - m = Massa pendulum (Kg)
 - g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
 - R = Jari-jari lengan pendulum (m)
 - θ_i = Sudut awal bandul ($^\circ$)
 - θ_f = Sudut akhir bandul ($^\circ$)

Kekuatan *impact* dapat dihitung dengan mempertimbangkan total energi yang diserap oleh benda dibagi dengan luas penampang benda.

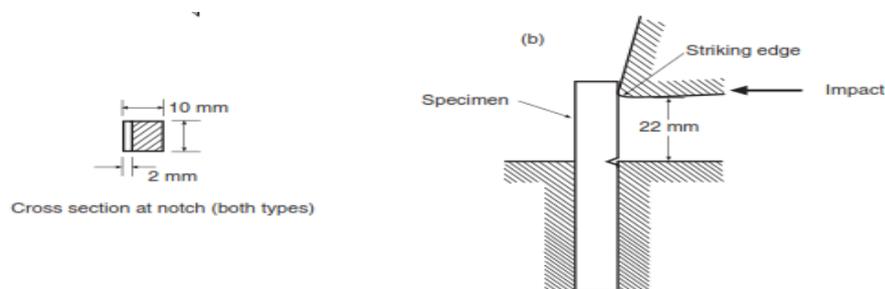
Maka harga *impact* dapat dicari dengan persamaan :

$$HI = \Delta E / A \dots\dots\dots(2.18)$$

- Dimana:
- HI = Harga impact (J/mm^2)
 - ΔE = Total energi (J)
 - A = Luas penampang (mm^2)

1) *Izod Impact*

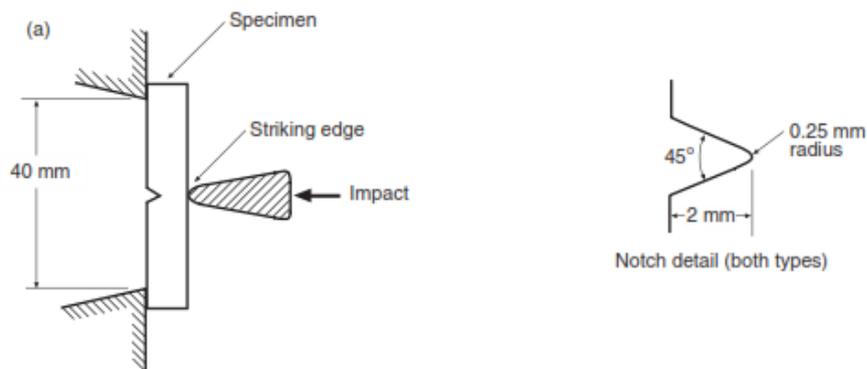
Metode *Izod* adalah pengujian impact dengan meletakkan spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah *notch*. Metode ini banyak digunakan di Eropa, dengan penampang bujung sangkar atau lingkaran dengan takik V didekat ujung yang dijepit. Pada Gambar 2.10 dapat dilihat mekanisme kerja dan spesimen dari uji *impact Izod*.



Gambar 2.12. Mekanisme kerja dan spesimen uji *impact Izod* (Dowling, 2007: 166)

2) *Charpy Impact*

Metode *Charpy* adalah pengujian impact dengan posisi spesimen pada tumpuan dengan arah *horizontal* / mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Metode ini banyak digunakan di Amerika Serikat. Metode *Charpy* mempunyai perbedaan dengan metode *Izod* yaitu pada peletakan spesimen. Pada gambar 2.11 dapat dilihat mekanisme kerja dan spesimen uji *impact Charpy*.



Gambar 2.13. Mekanisme kerja dan spesimen uji *impact Charpy* (Dowling, 2007: 166)

Uji *Impact Charpy* dan *Izod* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, pada Tabel 2.3 dapat dilihat perbandingan kelebihan dan kekurangan dari kedua uji *impact* tersebut.

Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan metode pengujian *Charpy* dan *Izod*

Metode <i>Charpy</i>	Metode <i>Izod</i>
Kelebihan	
1. Pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan	1. Tumbukan tepat pada takikan karena benda kerja dicekam
2. Menghasilkan tegangan uniform di sepanjang penampang	2. Dapat menggunakan specimen dengan ukuran yang lebih besar.
3. Harga alat lebih murah	3. Spesimen tidak mudah bergeser karena dicekam pada salah satu ujungnya.
4. Waktu pengujian lebih singkat	
Kekurangan	
1. Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal	1. Biaya pengujian yang lebih mahal
2. Spesimen dapat bergeser dari tumpuannya karena tidak dicekam	2. Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik.
3. Pengujian hanya dapat dilakukan pada specimen yang kecil	3. Waktu yang digunakan cukup banyak karena prosedur pengujiannya yang banyak, mulai dari menjepit benda kerja sampai tahap pengujian
4. Hasil pengujian kurang dapat atau tepat dimanfaatkan dalam perancangan karena level tegangan yang diberikan tidak rata.	

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Bedasarkan penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbandingan fraksi volume serat dan *epoxy* memiliki pengaruh terhadap terhadap nilai *bending*. Data tahanan *bending* S_B 48,72 MPa, S_A 26,76 MPa, dan S_C 21,48 MPa. Modulus elastisitas *bending* memiliki nilai 1,08552 GPa, S_A 0,13907 GPa, dan S_C 0,25853 GPa.
2. Perbandingan fraksi volume serat dan *epoxy* memiliki pengaruh terhadap terhadap nilai harga *impact* dimana semakin besar fraksi volume serat terhadap fraksi volume *epoxy* maka semakin tinggi harga *impact* material komposit selulosa asetat dengan matriks *epoxy*.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan terhadap penelitian Pengaruh fraksi volume serat selulosa asetat terhadap kekuatan *bending* dan *impact* material komposit selulosa asetat dengan matriks *epoxy* adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap material komposit dengan serat selulosa asetat dengan matrik *epoxy* dengan mengganti matriks.

2. Pada proses fabrikasi komposit menggunakan mesin *press* untuk memberi tekanan sehingga serat dan matriks dapat menyatu dengan baik untuk meminilasi *void*.
3. Perlu adanya *treatment* tambahan pada serat selulosa asetat sebelum dijadikan material lebih lanjut untuk menambah sifat mekanik serat.
4. Investigasi lebih mendalam tentang persentase *void* menggunakan mikroskop *SEM*.

DAFTAR PUSTAKA

- Astika, I.M., I. Putu L., dan I.M. Gatot K. 2013. Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 6(2).
- ASTM D256. 2010. Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. West Conshohocken, United States: ASTM International.
- ASTM D790-03. 2015. Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulation Materials. West Conshohocken, United States: ASTM International.
- Callister, W. D. dan Rethwisch, D. G. 2007. *Materials Science and Engineering: an introduction*. 7th. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Chitraningrum, N. 2008. Sifat Mekanik Dan Termal Pada Bahan Nanokomposit Epoxy – Clay Tapanuli. *Skripsi*. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang.
- Dowling, N. E. 2007. *Mechanical Behavior of Materials, Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue*. Pearson International Edition, Upper Saddle River, NJ 07458, USA.
- _____. 2013. *Mechanical Behavior of Materials 4th ed.* Pearson Education Limited.
- Fahmi, H., dan Arifin N. 2014. Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Resin Epoxy/Serat Glass dan Serat Daun Nanas terhadap Ketangguhan. *Jurnal Teknik Mesin*. 4(2): 84–89.
- Fajri, R.I., Tarkono, dan Sugiyanto. 2013. Studi Sifat Mekanik Komposit Serat *Sansevieria cylindrica* dengan Variasi fraksi Volume Bermatrik Polyester. *Jurnal Fema*. 1(2): 85- 93.
- Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. Department of Mechanical Engineering Wayne State University: McGraw-Hill, Inc.

- Herwandi, Sugianto, Somawardi, dan M. Subhan. 2014. Pengaruh Volume Serat Rekel Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Komposit Sebagai Bahan Pembuatan Dashboard Mobil. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Holtzaple, M. T. 2003. Cellulose. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 998–1007.
- Ismail, M.F., Chairul A., dan Akhmad S. 2017. *Pemanfaatan Limbah Kapas Puntung Rokok Menjadi Material Papan Komposit Bermatrik Polyester*. Fakultas Teknik Lingkungan ULM. Publication: <https://docplayer.info/51963464-Pemanfaatan-limbah-kapas-puntung-rokok-menjadi-material-papan-komposit-bermatrik-polyester.html>. 11 Juni 2019 (07:30 WIB).
- Khamid, A. 2011. Rancang Bangun Alat Uji Bending dan Hasil Pengujian Bahan Besi Cor. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Diponegoro.
- Lusi, E. 2005. Sifat-Sifat Fisik dan Mekanis Serta Penggunaan Resin Komposit Flowable Dalam Kedokteran Gigi. *Universitas Sumatera Utara Journal*.
- Nugrahanto, F.A. 2016. Analisa Foto Makro dan Sem pada Komposit Ebonit dengan Penguat Serat Rami untuk Pengembangan Komponen Otomotif. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nurhafid, A., Sarjito J., dan Untung B. 2017. Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 5(2): 473–481.
- Persentase Merokok Pada Penduduk Umur \geq 15 Tahun Menurut Provinsi (Persen). Badan Pusat Statistik.
<https://www.bps.go.id/dynamictable/2018/07/02%2015:24:37.29374/1514/persentase-merokok-pada-penduduk-umur-15-tahun-menurut-provinsi-2015-2016.html>. 12 Maret 2020 (20:15 WIB).

- Prapanca, M. R. A. 2015. Studi Eksperimental Material Termoplastik Alternatif untuk Produk Helm Standar. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rasindradita, G.M. dan Berata W. 2012. Pengaruh Penambahan Prosentase Fraksi Volume Hollow Glass Terhadap Karakteristik Tarik Dan Bending. *Jurnal Teknik Pomits*. 1(2): 1–5.
- Rsc. 2016. Composite Materials. *Rsc*, 4.3.1, 3–5.
<https://doi.org/10.1002/0470014229.ch3>
- Rusmiyatno, F. 2007. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random. *Skripsi*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Saidah, A., Sri E.S., dan Yos N. 2018. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*.
- Salam, S. 2007. Studi Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Matriks Resin Epoxy yang Diperkuat dengan Serbuk Titania (TiO₂). *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Sari, D.R., Rusiyanto, Widodo R.D., dan Pramono, 2017. Pengaruh Thermal Shock Resistance Terhadap Makro Struktur dan Ketahanan Impact Kowi Pelebur (Crusible) Berbahan Komposit Abu Sekam Padi/ Grafit/ Kaolin. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 9(1): 53-59.
- Setyawan, P.D., Sari N.H., dan Pertama P.D.G. 2012. Pengaruh orientasi dan fraksi Volume Serat Daun Nanas (Ananas Comosus) terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyestertak Jenuh(Up). *Dinamika Teknik Mesin*. 2(1): 28–32.
- Souhoka, F.A., dan Jolantje L. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat (CA). *Indo. J. Chem. Res*. 5(2): 58-62.

- Sulaiman, M., dan Rahmat M. H. 2018. Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif. *Sistem*. 4(1): 9–15.
- Susetyo, F.A.N. 2019. Pengaruh Fraksi Volume Dan Orientasi Sudut Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Material Komposit Serat Ijuk Epoksi. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Syamsu, K., dan Kuryani T. 2014. Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat dari Selulosa Mikrobial Nata De Cassava (Cellulose Acetat Biofilm Production From Microbial Cellulose Nata De Cassava). *Agroindustri Indonesia*. 3(1): 126–133.
- Wardani, D.K. 2015. Pengaruh Rasio Resin Dan Hardener terhadap Sifat Mekanik Matrik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.