



**PENGARUH ORIENTASI SUDUT SERAT PANDAN  
DURI TERHADAP KETANGGUHAN *IMPACT*  
KOMPOSIT SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF  
*BUMPER MOBIL***

**Skripsi**

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

**Oleh**

**Rizqi Luhur Pambudi**

**NIM.5201414067**

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**



**UNNES**

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



**PENGARUH ORIENTASI SUDUT SERAT PANDAN  
DURI TERHADAP KETANGGUHAN *IMPACT*  
KOMPOSIT SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF  
*BUMPER MOBIL***

**Skripsi**

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

**Oleh**

**Rizqi Luhur Pambudi**

**NIM.5201414067**

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Rizqi Luhur Pambudi  
NIM : 5201414067  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Judul : Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri Terhadap  
Ketangguhan *Impact* Komposit Sebagai Material Alternatif  
*Bumper Mobil*

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

Semarang, 22 Januari 2020

Dosen Pembimbing



Heri Yudiono, S.Pd., M.T.

NIP. 196707261993031003

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri Terhadap Ketangguhan *Impact* Komposit Sebagai Material Alternatif *Bumper* Mobil telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 19 Februari 2020

Oleh

Nama : Rizqi Luhur Pambudi  
NIM : 5201414067  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Panitia:

Ketua



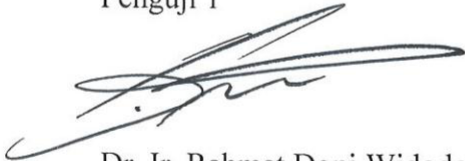
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



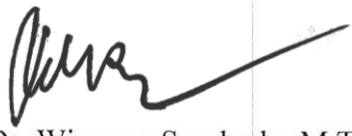
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Penguji 1



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

Penguji 2



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.  
NIP. 196601051990021002

Penguji 3/Pembimbing



Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.  
NIP. 196707261993031003

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi 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 jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan 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, 22 Januari 2020

dan membuat pernyataan,



Rizqi Luthur Pamoudi  
NIM 5201414067



## **MOTTO**

- Pengalaman adalah guru yang terbaik
- *Don't give up, always stay focus and go ahead.*

## **PERSEMBAHAN**

Tanpa mengurangi rasa syukur kepada Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan memanjatkan doa, serta teman – teman yang selalu mendukung untuk menyelesaikan skripsi ini.

## SARI ATAU RINGKASAN

Rizqi Luhur Pambudi. 2020. Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri terhadap Ketangguhan *Impact* Komposit Sebagai Material Alternatif *Bumper* Mobil. Pembimbing Dr. Heri Yudiono., S.Pd., M.T.

Seiring dengan berkembangnya dunia teknologi dan sains, manusia telah melakukan beberapa inovasi di dalam penggunaan teknik material komposit untuk mendapatkan material yang lebih baik dari material yang sudah ada sebelumnya. Komposit merupakan salah satu bentuk kemajuan di dalam teknologi material bahan guna untuk mengganti material yang sudah ada dengan material dengan sifat mekanik yang lebih baik dari sebelumnya.

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen. Metode eksperimen yang dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan *impact* yang sebagai variabel terikat dari serat pandan duri sebagai material alternatif *bumper* mobil dengan menggunakan matriks resin epoksi dengan variasi orientasi dengan sudut ( $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ ) sebagai *sample* A, ( $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$ ) sebagai *sample* B, ( $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ ) sebagai *sample* C, dan ( $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ ) sebagai *sample* D yang sebagai variabel bebas menggunakan standar pengujian ASTM D256.

Hasil dari pengujian *impact* menunjukkan bahwa spesimen komposit *sample* A ( $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ ) memiliki nilai *impact* yang lebih tinggi dibandingkan spesimen komposit lainnya yaitu dengan rata-rata energi serap 0,44 J, dan rata-rata ketangguhan *impact*  $0,0124 \text{ J/mm}^2$ . Akan tetapi nilai *impact* spesimen komposit *sample* A jauh dibawah nilai *impact* spesimen *bumper* mobil dengan rata-rata energi serap 1,42 J, dan rata-rata ketangguhan *impact*  $0,0388 \text{ J/mm}^2$ .



## PRAKATA

Segala puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri Terhadap Ketangguhan *Impact* Komposit Sebagai Material Alternatif *Bumper* Mobil. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang (UNNES). Shalawat serta salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah – mudahan kita semua mendapatkan syafaat-Nya di yaumul akhir kiamat nanti, Aamiin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto, S.Pd, M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Rusiyanto, S.Pd, M.T., Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Dr. Heri Yudiono, S.Pd, M.T., sebagai dosen pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan disertai kemudahan menunjukkan sumber – sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan berharga.

5. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Saya berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan sebagai sumber referensi yang relevan.

Semarang, 22 Januari 2020



Rizqi Luhur Pambudi

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
JUDUL .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	iv
LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN .....	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	vi
MOTTO .....	vii
SARI ATAU RINGKASAN .....	viii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	6
1.5 Tujuan .....	6
1.6 Manfaat .....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	8
2.1 Kajian Pustaka .....	8
2.2 Landasan Teori .....	11
2.2.1 Komposit .....	11
2.2.1.1 Komposit Penguat Serbuk .....	13
2.2.1.2 Komposit Penguat Serat .....	14
2.2.1.3 Struktural Komposit .....	16
2.2.1.4 Proses Pembuatan Komposit .....	21
2.2.2 ASTM D256 .....	23

2.2.3 Pandan Duri.....	25
2.2.4 Alkalisasi.....	27
2.2.5 Uji <i>Impact</i> .....	29
2.2.6 Model Perpatahan.....	34
2.2.7 <i>Bumper</i> .....	39
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	42
3.2 Desain Penelitian.....	42
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	45
3.3.1 Alat.....	45
3.3.2 Bahan.....	45
3.4 Parameter Penelitian.....	46
1. Pembuatan Spesimen Benda Uji .....	46
1.1 Pengambilan Serat Pandan Duri .....	46
1.2 Perendaman Serat dengan Larutan Alkali.....	46
1.3 Perancangan Desain Spesimen Benda Uji .....	47
1.4 Pembuatan Cetakan Spesimen Benda Uji.....	47
1.5 Pembuatan Spesimen Benda Uji .....	48
1.6 Pemotongan Spesimen Benda Uji.....	51
2. Pengujian <i>Impact</i> .....	51
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	52
3.6 Kalibrasi Instrumen.....	53
3.7 Teknik Analisis Data.....	54
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Deskripsi Data.....	55
4.1.1 <i>Sample A</i> (0°/0°/0°/0°).....	56
4.1.1 <i>Sample B</i> (0°/+30°/0°/+30°).....	56
4.1.1 <i>Sample C</i> (0°/+60°/0°/+60°).....	56
4.1.1 <i>Sample D</i> (0°/90°/0°/90°).....	57
4.1.1 <i>Bumper Mobil</i> .....	57
4.2 Analisis Data .....	58

4.2.1 Hasil Energi Serap ( <i>Joule</i> ) .....	58
4.2.2 Hasil Kekuatan <i>Impact</i> ( $J/mm^2$ ) .....	60
4.2.3 Hasil Foto Makro Patahan Spesimen .....	63
4.3 Pembahasan .....	68
BAB V PENUTUP .....	76
5.1 Kesimpulan .....	76
5.2 Saran .....	77
DAFTAR PUSTAKA .....	78
LAMPIRAN .....	84

## DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

$\theta$	= <i>Teta</i> atau <i>Theta</i>	%	= persen (1/100)
Cos	= <i>cosinus</i>	MPa	= <i>Mega Pascal</i>
cm	= <i>centimeter</i>	SNI	= Standar Nasional Indonesia
cm <sup>3</sup>	= <i>centimeter cubic</i>	ISO	= <i>International Organization for Standardization</i>
m	= meter	ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
mm	= milimeter	SPSS	= <i>Statistical Product and Service Solutions</i>
N/mm <sup>2</sup>	= <i>Newton per milimeter square</i>	FRP	= <i>Fiber Reinforced Plastic</i>
kg	= kilogram	PTFE	= <i>Politetrafluoroetena (Teflon)</i>
gr	= gram	PBT	= <i>Plybutyleneterephthlate</i>
gr <sup>3</sup>	= <i>gram cubic</i>	PSU	= <i>Plyulfone</i>
gr/cm <sup>3</sup>	= <i>gram per centimeter cubic</i>	PMMA	= <i>Polymethilmethacrylate</i>
$\mu\text{m}$	= <i>micrometer</i>	PAI	= <i>Polyamide-imide</i>
nm	= nanometer	PF	= <i>Phenolic</i>
m/s <sup>2</sup>	= meter per <i>square second</i>	PI	= <i>Polyimide</i>
kJ/m <sup>2</sup>	= kilo <i>Joule</i> per meter persegi	EP	= <i>Epoxy</i>
Ksi	= kilo- <i>pound</i> per inci persegi	PS	= <i>Polystyrene</i>
Gpa	= <i>Giga Pascal</i>	PE	= <i>Polyethylene</i>
ft.lb/in	= <i>foot pound</i> per <i>inch</i>	PVC	= <i>Polyvinylchloride</i>
J/m	= <i>Joule</i> per meter	UP	= <i>Polyester</i>
J/m <sup>2</sup>	= <i>Joule</i> per <i>square</i> meter	ABS	= <i>Acrylomitile butadiene stryrene</i>
J/mm <sup>2</sup>	= <i>Joule</i> per <i>square</i> milimeter	NaOH	= <i>Natrium Hidroksida (alkali)</i>
lb/in <sup>3</sup>	= <i>pound</i> per <i>cubic inch</i>		
sp.gr.	= <i>specific gravity</i>		
Shore D15	= <i>shore durometer</i>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Mekanik pada Beberapa Jenis Matriks .....	20
Tabel 2.2 <i>Mechanical Characteristic Of The Epoxy Resin Epolan 2015 (With Hardener) Without Reinforcing</i> .....	20
Tabel 2.3 Nilai Fisik dan Mekanik Pada Serat Pandan Duri.....	27
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Serat Pandan Duri .....	28
Tabel 3.1 Nilai Mekanik Resin Epoksi dan Resin Polyester .....	48
Tabel 3.2 Tabel Pengamatan Pengujian <i>Impact</i> .....	52
Tabel 4.1 Hasil Pengujian <i>Impact</i> Spesimen.....	55
Tabel 4.2 Nilai Energi Serap Pengujian <i>Impact</i> Spesimen .....	58
Tabel 4.3 Nilai Kekuatan <i>Impact</i> Spesimen.....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Klasifikasi Material Komposit .....	13
Gambar 2.2	Ilustrasi Variasi Peletakan Serat (a) Banyaknya Serat, (b) Ukuran Serat, (c) Bentuk Serat, (d) Pembagian Serat, (e) Arah Serat .....	16
Gambar 2.3	Orientasi Peletakan Serat (a) Sejajar Dengan Serat Panjang dan Kontinu, (b) Sejajar dengan Serat Pendek dan Terputus, (c) Orientasi Peletakan Serat Acak .....	16
Gambar 2.4	Proses Laminasi dan Kode Sudut Orientasi Pada Material Komposit.....	17
Gambar 2.5	Struktur Komposit Panel <i>Sandwich</i> .....	18
Gambar 2.6	Proses <i>Hand Lay-Up</i> .....	22
Gambar 2.7	Metode <i>Spray Lay-Up</i> .....	22
Gambar 2.8	Ilustrasi Pengujian Spesimen Benda Uji untuk <i>Test Method A</i> dan <i>Test Method C</i> .....	24
Gambar 2.9	Ilustrasi Pengujian Spesimen Benda Uji untuk <i>Test Method E</i> .....	24
Gambar 2.10	Pandan Duri .....	25
Gambar 2.11	Tebal serat pandan duri setelah dilakukan perendaman alkali .....	26
Gambar 2.12	Reaksi Proses Alkalisasi .....	28
Gambar 2.13	Metode Pengujian <i>Charpy</i> dan <i>Izod</i> .....	31
Gambar 2.14	Desain Alat Uji <i>Impact</i> .....	31
Gambar 2.15	Ilustrasi Pengujian <i>Impact Charpy</i> dan <i>Izod</i> .....	33
Gambar 2.16	Tipe Perpatahan <i>Trangranural</i> dan <i>Intergranural</i> .....	35
Gambar 2.17	Model Perpatahan Berdasarkan Arah Pembebanan.....	35
Gambar 2.18	Tiga Jenis Kegagalan Pada Spesimen (a) <i>Ductile Fracture</i> , (b) <i>Moderate Ductile Fracture</i> , (c) <i>Brittle Fracture</i> .....	36
Gambar 2.19	Bentuk Kegagalan <i>Impact</i> Spesimen Komposit .....	37
Gambar 2.20	Bentuk Kegagalan Komposit Laminasi a.) <i>Fiber Fracture</i> , b.) <i>Transverse Matrix Crack</i> , c.) <i>Delamination</i> .....	39
Gambar 2.21	<i>Bumper Mobil</i> .....	40



Gambar 2.22	Cacat Pada <i>Bumper</i> Mobil.....	41
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian Pengujian <i>Impact</i> Komposit Serat . Pandan Duri Matriks Epoksi .....	44
Gambar 3.2	Dimensi Spesimen Benda Uji ASTM D256.....	47
Gambar 3.3	Spesimen Benda Uji Berdasarkan Metode Desain ASTM . D256 .....	47
Gambar 3.3	Dimensi Cetakan Spesimen Benda Uji .....	48
Gambar 4.1	Grafik Rata – Rata Energi Serap Spesimen.....	59
Gambar 4.2	Grafik Rata – Rata Kekuatan <i>Impact</i> .....	62
Gambar 4.3	Foto Permukaan Patahan <i>Impact</i> pada Spesimen <i>Sample A</i> . (A) Tampak Depan, (B) Tampak Atas .....	63
Gambar 4.4	Foto Permukaan Patahan <i>Impact</i> pada Spesimen <i>Sample B</i> . (A) Tampak Depan, (B) Tampak Atas .....	64
Gambar 4.5	Foto Permukaan Patahan <i>Impact</i> pada Spesimen <i>Sample C</i> . (A) Tampak Depan, (B) Tampak Atas .....	65
Gambar 4.6	Foto Permukaan Patahan <i>Impact</i> pada Spesimen <i>Sample D</i> . (A) Tampak Depan, (B) Tampak Atas .....	66
Gambar 4.7	Foto Permukaan Patahan <i>Impact</i> pada Spesimen <i>Bumper</i> . Mobil (A) Tampak Atas, (B) Tampak Samping.....	67
Gambar 4.8	Foto Makro Penampang Patahan <i>Impact</i> pada Komposit .....	74

## DAFTAR LAMPIRAN

Surat Ijin Penelitian .....	85
Surat Permintaan Usulan Dosen Pembimbing .....	86
Surat Tugas Dosen Pembimbing.....	87
Surat Tugas Dosen Penguji Seminar Proposal .....	88
Pandan Duri .....	89
Perendaman Serat Pandan Duri dengan Alkali.....	90
Pengeringan Serat Pandan Duri .....	91
Serat Pandan Duri .....	91
Foto Alkali .....	92
Foto Resin Epoksi dan Hardener .....	92
Foto Timbangan Digital.....	93
Foto Spesimen Benda Uji <i>Sample A</i> ( $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ ) .....	94
Foto Spesimen Benda Uji <i>Sample B</i> ( $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$ ).....	94
Foto Spesimen Benda Uji <i>Sample C</i> ( $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ ).....	95
Foto Spesimen Benda Uji <i>Sample D</i> ( $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ ) .....	95
Foto Spesimen <i>Bumper</i> Mobil Toyota Avanza.....	96
Foto Mesin Uji <i>Impact</i> .....	97
Foto Hasil Pengujian <i>Impact</i> Spesimen <i>Bumper</i> Mobil Toyota Avanza Pada Mesin Uji <i>Impact</i> . .....	98
Foto Hasil Pengujian <i>Impact</i> Spesimen <i>Sample A</i> ( $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ ) Pada Mesin Uji <i>Impact</i> . .....	99
Foto Hasil Pengujian <i>Impact</i> Spesimen <i>Sample B</i> ( $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$ ) Pada Mesin Uji <i>Impact</i> . .....	100
Foto Hasil Pengujian <i>Impact</i> Spesimen <i>Sample C</i> ( $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ ) Pada Mesin Uji <i>Impact</i> . .....	101
Foto Hasil Pengujian <i>Impact</i> Spesimen <i>Sample D</i> ( $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ ) Pada Mesin Uji <i>Impact</i> . .....	102

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya dunia teknologi dan sains, manusia telah melakukan beberapa inovasi di dalam penggunaan teknik material komposit untuk mendapatkan material yang memiliki kualitas lebih baik dari material yang sudah ada sebelumnya. Callister, Jr dan Rethwisch (2010: 2) menyatakan bahwa “*An advancement in the understanding of a material type is often the forerunner to the stepwise progression of a technology*”. Komposit digunakan untuk menggantikan peranan bahan material logam di dalam kehidupan sehari-hari, contohnya yaitu penggunaan *bumper* mobil yang sebelumnya menggunakan logam sekarang digantikan dengan bahan komposit karena memiliki berat yang ringan dan kualitas yang lebih baik dari logam.

*Bumper* mobil harus dibuat sangat kuat sehingga apabila terjadi benturan, *bumper* mobil masih bisa menahan benturan tersebut tanpa menimbulkan kerusakan yang serius pada mobil. *The bumpers are designed and shaped in order to deform itself and absorb the force (kinetic energy) during a collision* (Kleisner dan Zemčik, 2009: 288). Pada beberapa kasus yang terjadi di lapangan, *bumper* dengan bahan dasar plastik sering penyok dan terkadang robek yang disebabkan oleh benturan–benturan yang sering terjadi pada *bumper*. Selain dari bahan plastik, sering dijumpai *bumper* dengan bahan dasar *fiberglass* atau FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*). *Bumper* dengan bahan dasar tersebut sangat

diminati karena harganya yang murah dibandingkan dengan *bumper* dengan bahan dasar plastik. Akan tetapi, *bumper* dengan bahan *fiberglass* lebih mudah hancur bahkan dapat terkikis apabila terjadi benturan. Hal tersebut diakibatkan karena bahan *fiberglass* kurang elastis daripada bahan plastik.

Komposit adalah pencampuran antara dua atau lebih material yang memiliki sifat fisik maupun kimia yang berbeda untuk mendapatkan sifat material baru dengan komposisi pencampuran material tersebut. Gibson (2012: 1) menyatakan bahwa, “*composites, which consist of two or more separate materials combined in a structural unit, are typically made from various combinations of the other three materials*”. Bahan material komposit terdiri dari serat (*fiber*) atau *filler* (partikel serbuk) yang berfungsi sebagai penguat dengan pencampuran matriks yang berfungsi untuk mengikat serat atau *filler* tersebut. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat tersebut yang disebut matrik (Okariawan, et al., 2016: 83). Penggunaan bahan komposit dalam pembuatan bahan dasar *bumper* mobil adalah untuk mendapatkan *bumper* mobil yang memiliki berat ringan, selain itu juga kuat dan kokoh apabila dibandingkan dengan *bumper* mobil dengan bahan dasar logam dan bahan dasar plastik. Tujuan dibuatnya komposit yaitu memperbaiki sifat mekanik atau sifat spesifik tertentu, mempermudah desain yang sulit pada manufaktur, keleluasaan dalam bentuk atau desain yang dapat menghemat biaya produksi, dan menjadikan bahan lebih ringan (Utama dan Zakiyya, 2016: 61).

Penggunaan serat alam sering digunakan di dalam pencampuran bahan material komposit dibandingkan dengan serat sintetis. Serat alam adalah serat

yang didapatkan dari tumbuhan atau makhluk hidup yang ada di lingkungan sekitar, selain itu dapat di budidayakan untuk penggunaan bahan material komposit selanjutnya. Munandar, et al., (2013: 52), serat alam seperti kenaf, serat bambu, serat pisang dan serat lainnya merupakan serat inovatif yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam industri pembuatan material komposit. Cristaldi, et al., (2010: 318), serat alam memiliki massa jenis yang rendah dan tersusun atas beberapa selular sehingga memiliki sifat yang tahan panas dan memiliki sifat lain yang melebihi *fiberglass*.

Pandan merupakan tanaman yang umumnya tumbuh liar yang mudah dijumpai di seluruh tempat dan dapat diperoleh dengan mudah. Terdapat beberapa jenis daun pandan tetapi hanya ada beberapa jenis yang memiliki serat alam dengan sifat yang kuat salah satunya yaitu pandan duri (*Pandanus tectorius*). Daun yang memiliki massa jenis  $0,96 \text{ gr/cm}^3$  ini sering digunakan untuk pembuatan kerajinan tangan, selain itu serat dari pandan duri dapat digunakan sebagai bahan komposit. Oleh karena itu, digunakan pandan duri (*Pandanus tectorius*) karena mudah untuk didapatkan dan memiliki serat yang kuat.

Penggunaan matriks epoksi atau resin epoksi digunakan untuk memperoleh bahan komposit dengan kualitas tinggi, tergantung dari bahan penguat yang digunakan. Dibandingkan dengan resin lainnya, resin epoksi memiliki sifat tahan di dalam suhu tinggi dan memiliki kekerasan yang baik namun lentur. Oleh karena itu, resin epoksi banyak digunakan untuk pembuatan bodi luar pesawat terbang.

Pengujian *impact* (benturan) dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan beban kejut pada spesimen atau benda yang akan diuji. Semakin spesimen atau benda tersebut memiliki nilai kekuatan *impact* yang tinggi, maka semakin bagus pula kualitas spesimen atau benda tersebut yang nantinya akan diaplikasikan di dalam pembuatan material atau benda jadi untuk kehidupan sehari-hari karena benda yang selama ini kita gunakan sehari-hari tidak terlepas dari benturan. Pengujian *impact* terdiri dari dua metode, yaitu dengan metode *Izod* dan dengan metode *Charpy*. Pada prinsipnya, pengujian kedua metode tersebut sama tetapi perbedaannya yaitu di dalam peletakan spesimen dan arah pemberian beban kejut pada spesimen.

Berdasarkan uraian diatas, didapatkan bahwa *bumper* dengan bahan dasar plastik mudah penyok dan robek dan *bumper* dengan bahan dasar *fiberglass* atau FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) mudah hancur bahkan terkikis. Oleh karena itu dalam penelitian ini, akan dilakukan pengujian kekuatan *impact bumper* dengan bahan dasar serat pandan duri dan bahan pengikat matriks epoksi untuk mengetahui apakah *bumper* dengan bahan serat pandan duri matriks epoksi lebih kuat dari *bumper* bahan dasar plastik dan *bumper* bahan dasar *fiberglass*. Dari kesimpulan tersebut, akan dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri Terhadap Ketangguhan *Impact* Komposit Sebagai Material Alternatif *Bumper* Mobil.”

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka terdapat identifikasi masalah untuk penelitian ini sebagai berikut:

1. Banyak *bumper* mobil yang terbuat dari plastik mudah penyok bahkan robek ketika terjadi benturan dalam kecepatan sedang maupun tinggi.
2. Banyak *bumper* mobil yang terbuat dari *fiberglass* atau FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) mudah hancur apabila terjadi benturan dalam kecepatan sedang maupun tinggi.
3. Kurangnya produk komposit *bumper* dengan bahan dasar serat alam.
4. Kurangnya pemanfaatan serat pandan duri sebagai bahan dasar pembuatan material komposit.
5. Kurangnya variasi orientasi bahan penguat (serat) untuk komposit *bumper*.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan pandan duri (*Pandanus tectorius*) yang diambil 1/2 bagian dari pangkal daun sebagai bahan dasar serat (*fiber*) komposit dengan matriks resin epoksi sebagai bahan pengikat.
2. Serat diberi perlakuan dengan perendaman alkali sebesar 2,5% selama 2 jam.
3. Komposisi fraksi volume perbandingan serat dan matriks yang digunakan sebesar (15/85)% dengan perbandingan resin dan hardener 2:1 menggunakan metode pembuatan *hand lay-up*.
4. Dimensi spesimen dibuat berdasarkan metode desain ASTM D256.
5. Serat yang digunakan memanjang (*continuous*) dengan ketentuan panjang serat 70 mm - 80 mm.
6. Proses peletakan serat dilakukan dengan laminasi dan ketebalan tiap *layer* orientasi sebesar 0.8 mm (sesuai dengan ketebalan serat).

7. Serat tersebut diberikan variasi orientasi sudut yaitu dengan sudut  $(0^\circ/0^\circ/0^\circ/0^\circ)$  sebagai *sample A*,  $(0^\circ/+30^\circ/0^\circ/+30^\circ)$  sebagai *sample B*,  $(0^\circ/+60^\circ/0^\circ/+60^\circ)$  sebagai *sample C*, dan  $(0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ)$  sebagai *sample D*.

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan beberapa permasalahan di dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana hasil energi serap pada spesimen *sample A*, *sample B*, *sample C*, dan *sample D*?
2. Bagaimana hasil kekuatan *impact* pada spesimen *sample A*, *sample B*, *sample C*, dan *sample D*?
3. Bagaimana bentuk patahan pada spesimen *sample A*, *sample B*, *sample C*, dan *sample D* setelah dilakukan pengujian *impact*?

#### 1.5 Tujuan

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai energi serap pada spesimen *sample A*, *sample B*, *sample C*, dan *sample D*.
2. Mengetahui nilai kekuatan *impact* pada spesimen *sample A*, *sample B*, *sample C*, dan *sample D*.
3. Mengetahui bentuk patahan pada spesimen *sample A*, *sample B*, *sample C*, dan *sample D* setelah dilakukan pengujian *impact*.



## 1.6 Manfaat

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya:

1. Diharapkan di dalam penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang komposit bahan serat alam pandan duri (*Pandanus tectorius*).
2. Dapat memberikan ilmu pengetahuan dan sebagai referensi di dalam ilmu komposit bahan.
3. Untuk menambah pengetahuan tentang komposit serat alam pandan duri (*Pandanus tectorius*) sebagai bahan dasar *bumper* mobil yang dilakukan pengujian *impact*.
4. Sebagai referensi dan perbandingan untuk penelitian sejenis yang lainnya di dalam bidang ilmu bahan khususnya komposit serat alam.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian tentang Aplikasi Komposit Resin Epoxy Dengan Serat *Imperata Cylindrica* Untuk *Bumper* Kendaraan Van Serbaguna yang dilakukan oleh Leonard dan Ratnawati (2015) menggunakan metode statistik SPSS dengan aplikasi Regresi dan varian Anova didapatkan spesimen yang dibuat dari resin epoksi dan serat alang-alang (*Imperata Cylindrica*) dengan perbandingan komposisi 60:40%, 65:35%, dan 70:30%, dan ditambah pengeras *hardener* 4%. Hasil yang didapatkan dari perbandingan tersebut bahwa variasi komposisi alang-alang berpengaruh terhadap uji statistik analisis Regresi dan varian Anova *bumper* depan kendaraan *Multi Purpose* van yaitu dengan komposisi 65:35% koefisien sebesar 1,002. Dapat disimpulkan bahwa perbandingan komposisi 65% untuk resin epoksi dan 35% untuk serat alang-alang (*Imperata Cylindrica*) dengan pengeras *hardener* 4% dapat digunakan untuk pembuatan *bumper* mobil.

Penelitian tentang Pengembangan *Bumper* Depan Mobil *Pick Up* Multiguna Pedesaan yang dilakukan oleh Adiananda dan Batan (2015) menggunakan bahan komposit *fiber glass* atau *epoxy e-glass*. Spesimen ketebalan *bumper* yang dibuat adalah 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm. Spesimen tersebut dilakukan beberapa analisa untuk mengetahui manakah ketebalan yang dapat digunakan untuk *bumper* mobil dari variasi ketebalan spesimen yang sudah dibuat tersebut. Dari beberapa analisa yang dilakukan maka

didapatkan kesimpulan bahwa material yang digunakan untuk pembuatan *bumper* adalah komposit *fiber glass* dengan *fiber* tipe *E-glass* dengan ketebalan *bumper* yang dipilih adalah dengan ketebalan 4 mm dimana tegangan yang terjadi adalah sebesar 785,98 MPa sedangkan deformasinya adalah 18,160 mm, jauh lebih kecil daripada deformasi yang diizinkan yaitu 60 mm, selain itu juga memiliki bobot yang dapat dibilang ringan.

Penelitian tentang Studi Pengaruh Fraksi Volume terhadap Ketangguhan Impak Komposit *Polyester-Serat Kenaf (Hibiscus cannabinus L.)* yang dilakukan oleh Daroini, et al., (2016) menggunakan serat alam yaitu serat kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) dengan pencampuran menggunakan resin poliester yang kemudian akan dilakukan pengujian impak. Spesimen dibuat perbandingan fraksi volume 30%, 35%, 40%, 45%, dan 0% dengan menggunakan standar pengujian XJJ-5 *Charpy Pendulum Impact Testing Machine Instruction Manual*. Dalam pengujian *impact* yang dilakukan menunjukkan bahwa fraksi volume serat 30% menunjukkan nilai ketangguhan *impact* sebesar  $4,481 \times 10^2 \text{ J/mm}^2$ , kemudian pada fraksi volume serat 35% mendapatkan nilai ketangguhan *impact* sebesar  $4,576 \times 10^2 \text{ J/mm}^2$ , pada fraksi volume serat 40% didapatkan nilai ketangguhan *impact* sebesar  $4,506 \times 10^2 \text{ J/mm}^2$ , selanjutnya pada fraksi volume serat 45% menunjukkan nilai ketangguhan *impact* sebesar  $4,522 \times 10^2 \text{ J/mm}^2$ . Berdasarkan hasil pengujian *impact* yang didapatkan, fraksi volume serat 35% menunjukkan nilai ketangguhan *impact* yang paling tinggi diantara semua variasi fraksi volume serat.

Penelitian tentang Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*Woven Bag*) yang dilakukan oleh Yudiono, et al., (2017) menggunakan serat karung plastik bekas sebagai bahan dasar penguat komposit dengan variasi orientasi serat ( $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ ), ( $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$ ), ( $0^{\circ}/+45^{\circ}/0^{\circ}/+45^{\circ}$ ), ( $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ ), dan ( $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ ) dengan pencampuran resin poliester sebagai bahan pengikat serat yang kemudian akan dilakukan pengujian tarik yang akan dibandingkan dengan *bumper* mobil. Dalam pengujian tarik yang dilakukan, didapatkan bahwa nilai kekuatan tarik maksimal terdapat pada spesimen ( $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ ) sebesar  $30 \text{ N/mm}^2$ , nilai kekuatan luluh terbaik terdapat pada spesimen ( $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ ) sebesar  $20 \text{ N/mm}^2$ , nilai regangan maksimal terdapat pada spesimen ( $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$ ) sebesar 36,61%, serta nilai modulus elastisitas terbaik terdapat pada spesimen ( $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ ) sebesar  $0,571 \text{ N/mm}^2$ . Dari hasil yang didapatkan tersebut, penambahan anyaman serat karung plastik beras bekas terhadap kekuatan tarik komposit dapat meningkatkan kekuatan material menjadi lebih kuat dan ulet dibandingkan dengan *bumper* mobil.

Pada penelitian ini, menggunakan referensi dari penelitian yang dilakukan oleh Leonard dan Ratnawati tentang Aplikasi Komposit Resin *Epoxy* Dengan Serat *Impereta Cylindrica* Untuk *Bumper* Kendaraan Van Serbaguna untuk fraksi volume serat yang digunakan yaitu sebesar (35/65)% dan penelitian yang dilakukan oleh Daroini, et al., tentang Studi Pengaruh Fraksi Volume terhadap Ketangguhan Impak Komposit *Polyester*-Serat Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) sebagai acuan nilai ketangguhan *impact* dari fraksi volume serat yang digunakan yaitu sebesar (35/65)% dengan serat kenaf. Selain itu, menggunakan referensi dari

penelitian oleh Yudiono, et al., tentang Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*Woven Bag*) sebagai variasi orientasi serat yang digunakan.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Komposit**

Komposit adalah material yang didapatkan dengan menggabungkan dua atau lebih bahan yang berbeda untuk memperoleh sifat yang lebih baik yang tidak dapat diperoleh dari masing-masing bahan (Salahudin, 2012: 125). Dari hal tersebut, dapat dikatakan bahwa komposit adalah pencampuran antara dua bahan atau lebih yang memiliki perbedaan dari sifat fisik maupun kimiawi untuk mendapatkan material baru dengan sifat yang baru dari komposisi bahan pencampuran tersebut.

Paduan dan komposit adalah hal yang sama namun berbeda. Paduan adalah pencampuran dari dua bahan komposisi dengan salah satu unsur komposisinya adalah logam. Sedangkan komposit adalah pencampuran dari dua bahan atau lebih dengan komposisi bahan berupa matriks dan bahan penguat baik serat ataupun partikel (serbuk) untuk mendapatkan material dengan sifat yang baru dan lebih baik dari material sebelumnya. Sriwita dan Astuti (2014: 30) menyatakan bahwa, “Komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing–masing material pembentuknya berbeda.”

Selain sifatnya yang ringan dari material besi, material komposit harus memiliki sifat yang dapat menyerap beban yang besar. Adjiantoro dan Sriyono (2014: 63) menyatakan tentang sifat material komposit sebagai berikut:

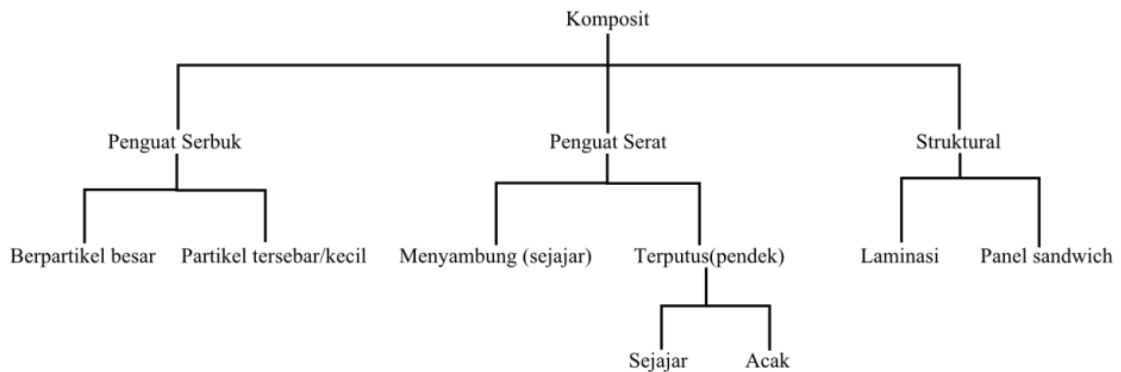
Sifat-sifat dari material komposit secara umum bila dibandingkan dengan komponen-komponen penyusunnya memiliki sifat-sifat yang lebih baik antara lain ketangguhan dan kekuatan yang lebih baik, lebih ringan (*lightweight*), memiliki ketahanan terhadap korosi dan ketahanan aus yang lebih baik dan memiliki umur fati yang lebih lama.

Hal ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan yang besar yang ditimbulkan akibat adanya beban yang diterima oleh material komposit tersebut, selain itu bertujuan untuk keamanan. Beyene, et al., (2014: 78) menyatakan karakter material komposit sebagai berikut:

*composite materials are characterised by high specific strength, both in static and impact loading conditions, and high specific stiffness; they could be an interesting candidate material for this type component, posing as targets the lightweight together with the maintenance of at least the same level of safety performance in comparison with the present steel solution.*

Bahan komposit umumnya terdiri dari serat (*fiber*) dan matriks, tetapi ada pula bahan komposit yang menambahkan pengisi (*filler*) berupa serbuk untuk menambah kepadatan dari material komposit yang dibuat. Material komposit memiliki klasifikasi sendiri atau terdapat penggolongan tersendiri yang dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu komposit penguat partikel, komposit penguat serat, dan struktural komposit. Komposit penguat partikel berarti partikel berperan sebagai penguat material komposit dan partikel-partikel tersebut memiliki ukuran yang kurang lebih sama, contohnya yaitu serbuk. Komposit penguat serat berarti serat memiliki peran sebagai penguat material komposit dan serat yang digunakan dalam bahan dasar pencampuran komposit memiliki panjang dan rasio diameter

tersendiri. Struktural komposit berarti pencampuran dari bahan atau material komposit dengan material homogen.



Gambar 2.1 Bagan Klasifikasi Material Komposit

### 2.2.1.1 Komposit Penguat Serbuk

Komposit penguat serbuk terdiri dari dua jenis yaitu komposit yang menggunakan serbuk atau *filler* dengan partikel besar, dan komposit yang menggunakan serbuk atau *filler* dengan partikel kecil.

Serbuk atau *filler* dengan partikel besar menunjukkan bahwa interaksi antara partikel dengan matriks tidak termasuk dalam tingkatan atom atau tingkatan molekul. Dalam proses pencampuran dengan matriks, partikel besar cenderung menahan aliran dari cairan matriks yang diberikan atau penyebaran matriks tidak merata. Oleh karena itu, matriks akan memberikan tekanan pada partikel tersebut dan cenderung menahan sebagian kecil beban. Salah satu material komposit yang dihasilkan dari komposit dengan serbuk partikel besar adalah beton, dengan semen sebagai matriks dan pasir sebagai serbuk atau *filler*. Serbuk ini cenderung memiliki sifat yang keras dan kaku, maka dari itu serbuk ini digunakan untuk membuat material komposit seperti keramik, beton, genteng,

keramik-besi (*Titanium Carbide (TiC)*) sebagai serbuk atau *filler* dan *Cobalt* atau *Nickel* sebagai matriks).

Serbuk atau *filler* dengan partikel kecil memiliki ukuran yang jauh lebih kecil dari ukuran partikel biasa dengan diameter sekitar 0,01 dan 0,1  $\mu\text{m}$  (10 dan 100 nm). Serbuk dengan partikel kecil termasuk dalam tingkatan atom atau tingkatan molekul karena ukuran partikel yang cenderung kecil. Berbeda dengan serbuk partikel besar, matriks yang diberikan pada serbuk partikel kecil akan tersebar merata dan matriks akan lebih menahan beban yang diberikan pada material komposit sedangkan partikel-partikel kecil akan mencegah terjadinya dislokasi material.

#### **2.2.1.2 Komposit Penguat Serat**

Serat pada dasarnya memiliki kekuatan mekanik yang sangat tinggi serta memiliki sifat yang kaku, tetapi ada kekurangan apabila hanya serat yang digunakan. Serat sendiri tidak dapat menahan beban sepanjang panjang serat yang digunakan dan tidak sebagus seperti bahan material komposit sejenis. Serat dapat digunakan sebagai bahan dasar material komposit apabila diberikan matriks sebagai pengikat serat tersebut. Serat dibedakan menjadi dua jenis yaitu serat yang berasal dari alam dengan mengambil serat baik dari daun pada tumbuhan atau bagian tumbuhan lain dan serat sintetis yaitu serat buatan yang dibuat dengan memiliki sifat yang lebih kuat dari serat yang sudah ada. Yudhyadi dan Sari (2013: 130) menyatakan tentang keunggulan serat alam dibandingkan dengan serat sintetis:

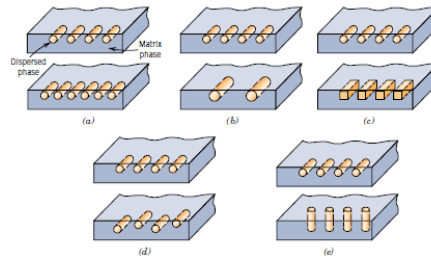
serat alam mempunyai keunggulan dalam harga yang murah, renewable, dapat terurai dan bobot yang ringan, sedangkan serat sintetis seperti serat



gelas mempunyai sifat yang lebih unggul dalam kekuatan, kontinuitas serat, tidak menyerap air. Keunggulan yang dimiliki oleh serat alam, diantaranya adalah massa jenisnya yang rendah, terbaharukan, produksi memerlukan energi yang rendah, proses lebih ramah, serta mempunyai sifat insulasi panas dan akustik yang baik.

Serat merupakan salah satu bahan utama di dalam pembuatan material komposit, karena untuk menentukan kekuatan dari material komposit. Panjang serat merupakan hal yang sangat penting dalam pembuatan material komposit karena berpengaruh pada sifat mekanik pada material komposit yang akan diproduksi. Panjang dari serat yang digunakan sangat mempengaruhi dari hasil kekuatan komposit, karena apabila serat yang digunakan pendek dan orientasi peletakannya sambung–menyambung maka material komposit yang dihasilkan mudah untuk deformasi, sebaliknya apabila serat yang digunakan panjang dan orientasi peletakannya tidak ada sambungan maka material komposit yang dihasilkan dapat dikatakan kecil kemungkinan untuk terjadi deformasi. Callister Jr. dan David (2010: 601) menyatakan bahwa, “*the fiber polymers are capable of being drawn into long filaments having at least a 100:1 length-to-diameter ratio.*”

Komposit memiliki dua tahap di dalam pembuatannya yaitu *matrix phase* dan *dispersed phase*. *Matrix phase* adalah tahap pemberian matriks atau resin setelah peletakan serat atau partikel. *Dispersed phase* adalah tahap pemberian dan penentuan banyaknya serat, ukuran serat, bentuk serat, pembagian serat, dan arah serat.

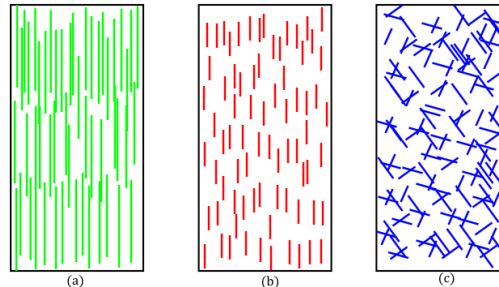


Gambar 2.2 Ilustrasi Variasi Peletakan Serat (*a*) Banyaknya Serat, (*b*) Ukuran Serat, (*c*) Bentuk Serat, (*d*) Pembagian Serat, (*e*) Arah Serat

Orientasi peletakan serat mempengaruhi hasil akhir dari material komposit.

Orientasi peletakan serat pada umumnya terdiri dari 3 macam, antara lain:

1. Satu jalur dengan serat sambung–menyambung.
2. Satu jalur dengan serat tidak sambung–menyambung.
3. Peletakan serat secara acak.



Gambar 2.3 Orientasi Peletakan Serat (*a*) Sejajar Dengan Serat Panjang dan Kontinu, (*b*) Sejajar dengan Serat Pendek dan Terputus, (*c*) Orientasi Peletakan Serat Acak.

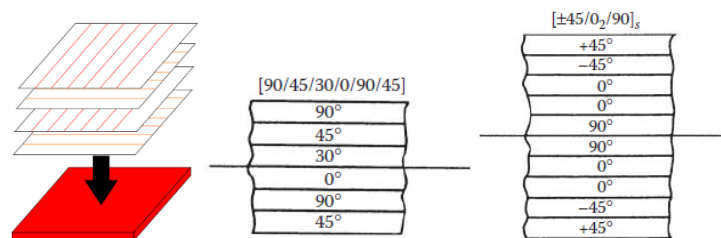
Dari ketiga orientasi peletakan tersebut, terdapat perbedaan kekuatan dari material komposit baik dari kekuatan *impact*, kekuatan tarik, dan kekuatan takik.

### 2.2.1.3 Struktural Komposit

Material struktural komposit biasanya terbuat dari penggabungan antara material homogen dan material komposit, dimana tidak hanya tergantung dari

unsur penggabungan material, tetapi juga bentuk geometris dari beberapa variasi struktur jenis material yang digunakan. Struktural komposit dibedakan menjadi dua yaitu komposit laminasi dan komposit panel *sandwich*.

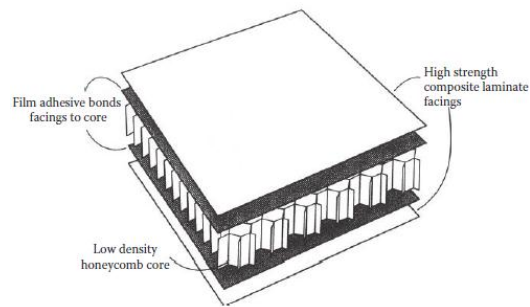
Komposit laminasi adalah material komposit yang dibuat dari penggabungan dua atau lebih perbedaan arah peletakan lembar material yang memiliki tingkat kekuatan yang tinggi. Dalam pembuatannya, lapisan tersebut ditumpuk dengan orientasi arah peletakan lapisan yang berbeda kemudian disatukan menggunakan matriks sehingga didapatkan lapisan yang kuat. Orientasi serat ditentukan dengan sudut dengan koordinat sudut baik sudut di dalam sumbu positif maupun negatif dengan maksimal orientasi sudut  $90^\circ$ . Terdapat banyak variasi kombinasi pelapisan pada komposit laminasi, biasanya digunakan kode orientasi untuk menentukan variasi susunan pada tiap lapisan komposit.



Gambar 2.4 Proses Laminasi dan Kode Sudut Orientasi Pada Material Komposit

Komposit panel *sandwich* adalah material komposit yang dibuat dengan melapisi kedua sisi inti yang lebih tebal dari kedua lapisan tersebut dengan sifat material lapisan yang kaku dan kuat sehingga dapat menahan beban yang diterima sedangkan inti memiliki sifat yang ringan dan sedikit lentur. Catur, et al. (2014: 51) menyatakan bahwa, “prinsip struktur *sandwich* adalah menggabungkan kulit komposit dengan modulus elastisitas tinggi dengan *core* komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan.” Inti komposit

panel *sandwich* harus dapat menahan tegangan beban geser yang terjadi dan ketebalannya juga harus dapat menahan terjadinya beban kekakuan geser. Inti material komposit panel *sandwich* ada tiga jenis, yaitu busa polimer kaku, kayu, dan *honeycombs* atau berbentuk seperti sarang lebah. Aplikasi komposit panel *sandwich* biasanya digunakan pada atap gedung, tembok, dan pada pesawat.



Gambar 2.5 Struktur Komposit Panel *Sandwich*

Matriks adalah bahan kimia yang berfungsi sebagai perekat pada bahan dasar serat komposit yang akan dilakukan pencampuran untuk mendapatkan sifat fisik dan kimiawi material baru. Fajri, et al. (2013: 87) menyatakan bahwa, “Matriks ini berfungsi untuk mengikat dan mempertahankan posisi serat agar tetap pada posisinya dan mendistribusikan beban yang diterima komposit kepada serat secara merata.”

Pemilihan matriks untuk bahan pencampuran komposit tergantung dari pengaplikasian material komposit yang akan dibuat. Pencampuran antara serat dan matriks haruslah sesuai untuk mendapatkan sifat kekuatan mekanik yang kuat, selain itu matriks juga harus mampu menyatu dengan serat baik dalam sifat fisik maupun sifat kimiawi. Serat dan matriks harus sesuai dalam sifat kimiawi untuk material komposit agar dapat digunakan dalam lingkungan yang memiliki suhu tinggi. Sedangkan dari sifat fisik, untuk dapat menahan beban yang diberikan

pada material tersebut. Purboputro (2006: 71) menyatakan tentang fungsi matriks sebagai bahan pencampuran komposit:

matriks secara ideal seharusnya berfungsi sebagai penyelubung serat dari kerusakan antar serat berupa abrasi, pelindung terhadap lingkungan (serangan zat kimia, kelembaban), pendukung dan menginfiltrasi serat, transfer beban antar serat, dan perekat serta tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur.

Sebagai bahan pengikat yang digunakan dalam pembuatan komposit, matriks digolongkan menjadi tiga, yaitu:

- a. Komposit matriks logam, yaitu logam sebagai matriksnya.
- b. Komposit matriks polimer, yaitu polimer sebagai matriksnya.
- c. Komposit matriks keramik, yaitu keramik sebagai matriksnya.

Namun pada umumnya, matriks yang digunakan dalam pencampuran bahan komposit ada dua, yaitu matriks resin poliester dan epoksi. Muhammad dan Putra (2017: 67) menerangkan beberapa hal yang mempengaruhi sifat dan karakteristik komposit antara lain:

(a) material yang menjadi penyusun komposit: karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut *rule of mixture* sehingga akan berbanding secara proporsional, (b) bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun: bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, (c) interaksi antar penyusun: bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

Polimer sudah banyak digunakan sebagai matriks di dalam pembuatan material komposit. Polimer memiliki beberapa jenis diantaranya *thermosets*, *thermoplastics*, *polysulfone*, *polyetheretherketone*, *polyphenylene sulfide*. *Thermosets* adalah salah satu jenis polimer yang dapat tahan dalam suhu yang tinggi atau tidak dapat meleleh apabila terkena suhu tinggi, contohnya yaitu matriks epoksi, poliester, *phenolic*. *Thermoplastics* adalah salah satu jenis polimer

yang akan meleleh apabila terkena suhu yang tinggi, tetapi akan kembali mengeras apabila didinginkan, contohnya yaitu *polyimide* (PI).

Tabel 2.1 Nilai Mekanik pada Beberapa Jenis Matriks (Purboputro, 2006: 72)

Type (acronym)	Tensile Yield Strength		Elongation (%)	Flextural Strength		Tensile Modulus of Elasticity		Impact Strength		Density	
	Ksi	Mpa		Ksi	Mpa	Ksi	Gpa	ft lb/in	J/m	lb/in <sup>3</sup>	Sp.gr.
PTFE	4.5	31	300	-	-	51	0.35	3	88	0.08	2.2
PBT	8	55	150	12	83	-	-	0.8	23.6	0.05	1.31
PSU	16.2	70	75	15.4	106	360	2.48	1.3	38.3	0.04	1.24
PMMA	10.5	72	5	16	110	425	2.93	0.3	8.8	0.043	1.19
PAI	26	179	15	30	207	750	5.17	2.5	73.7	0.05	1.4
PF	10	69	<1	11	76	1050	7.3	0.35	10.3	0.05	1.4
PI	13	90	4	18	124	630	4.3	0.75	22	0.05	1.43
EP	10.5	72	4	16	110	450	3.1	0.3	8.8	0.04	1.15
PS	7.5	51.7	1.5	12.5	86	480	3.3	0.3	8.8	0.04	1.05
PE	1.9	13	600	-	-	24	0.16	-	-	0.034	0.9
PVC	6.5	44.8	6	13	89	375	2.6	4	118	0.054	1.44
UP	9.4	40	1.6	5.5	60	300	17.5	0.4	10.6	0.034	1.1
ABS	8	55	12	11	76	335	2.3	3	88	0.04	1.05

Menurut Cerbu (2015: 269) yang melakukan penelitian tentang “*mechanical characterization of the flax/epoxy composite material*” menerangkan tentang karakter mekanis resin epoksi tanpa penambahan serat sebagai berikut:

Tabel 2.2 *Mechanical Characteristics Of The Epoxy Resin Epolam 2015 (With Hardener) Without Reinforcing*

Characteristic	Value	Unit of measure	Method
Tensile stress in tension	70	MPa	ISO 527: 1993
Flextural stress	120	Mpa	ISO 178: 2001
Modulus of elacticity E	3100	Mpa	ISO 178: 2001
Impact strength – Charpy (unnotch specimen)	40	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179
Elongation in tensile test	5	%	ISO 527: 1993
Toughness	83	Shore D15	ISO 868: 2003

#### 2.2.1.4 Proses Pembuatan Komposit

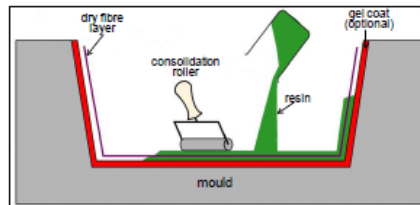
Dalam pembuatan material komposit, terdapat berbagai macam metode pembuatan material komposit, akan tetapi pada umumnya sering dijumpai pembuatan material komposit dengan metode *hand lay-up* dan *spray lay-up*. Hal ini dikarenakan kedua metode tersebut adalah metode yang dapat terbilang sederhana dan tidak mengeluarkan biaya yang besar di dalam pembuatan material komposit.

##### 1.) *Hand Lay-Up*

*Hand Lay-Up* atau biasa disebut *Bucket and Brush* adalah metode pembuatan material komposit sederhana dan sering digunakan dalam pembuatan material komposit dalam skala kecil. Metode ini dilakukan dengan cara resin dituangkan ke dalam cetakan spesimen kemudian resin diratakan dengan menggunakan kuas atau *roller*, perataan dengan menggunakan kuas atau *roller* berfungsi untuk mengeluarkan gelembung udara (*void*) yang kemungkinan terdapat pada lapisan campuran resin dan serat. Langkah tersebut dilakukan sampai tebal spesimen sesuai dengan yang ditentukan.

Ada beberapa keunggulan menggunakan teknik *hand lay-up* yaitu diantaranya lebih mudah dan biaya pengerjaan murah, waktu pengerjaan lebih cepat dan proses pembuatan dengan teknik ini tidak membutuhkan pelatihan dengan waktu yang lama, selain itu teknik ini dapat diaplikasikan pada komposit yang menggunakan variasi orientasi susunan serat. Akan tetapi penggunaan teknik ini memiliki beberapa kekurangan antara lain kualitas produk komposit tidak sebaik produksi mesin dan terdapat potensi material

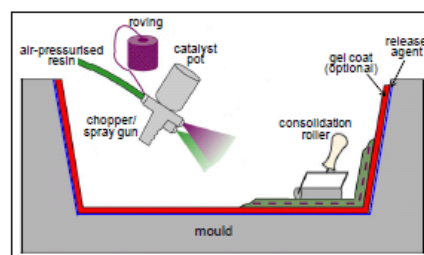
kecil dari lingkungan sekitar dapat tercampur di dalam resin maupun bahan penguat serat.



Gambar 2.6 Proses *Hand Lay-Up*

## 2.) *Spray Lay-Up*

Metode *Spray Lay-Up* adalah metode pembuatan material komposit dengan menggunakan *spray gun* untuk mencampurkan resin pada cetakan yang sudah diberikan serat. Metode ini kurang lebih sama dengan metode *hand lay-up* yaitu resin dicampurkan ke dalam cetakan menggunakan *spray gun* kemudian resin diratakan menggunakan kuas atau *roller*. Proses pembuatan material komposit dengan metode ini dapat dibilang cepat dibandingkan dengan *hand lay-up*, akan tetapi potensi gelembung udara (*void*) akan banyak terdapat pada campuran resin dan serat karena penggunaan *spray gun* pada saat pencampuran resin pada cetakan. Selain itu, tekanan udara dari *spray gun* akan mempengaruhi susunan serat yang sudah disusun di dalam cetakan komposit sehingga susunan pada serat akan memiliki *gap* atau jarak.



Gambar 2.7 Metode *Spray Lay-Up*



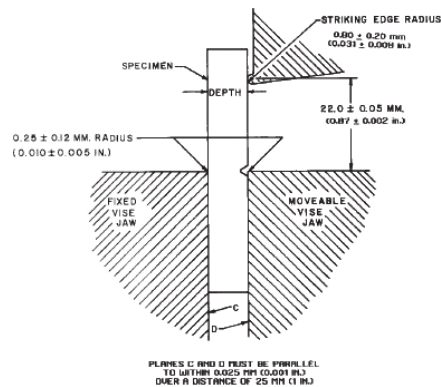
### 2.2.2 ASTM D256

ASTM atau *American Society for Testing and Materials* adalah badan standar internasional yang bertujuan untuk menetapkan standar–standar suatu produk dalam skala internasional untuk mengukur bahwa produk tersebut memiliki kualitas yang telah memenuhi standar untuk digunakan. ASTM memiliki standar kode yang berbeda–beda untuk setiap jenis produk, salah satu yang sering digunakan yaitu ASTM D256.

ASTM D256 adalah kode standarisasi uji *impact* dengan metode *izod* dan metode *charpy* untuk material dengan bahan plastik atau polimer. Terdapat 5 jenis metode pengujian di dalam standarisasi ASTM D256 yaitu *Test Method A*, *Test Method B*, *Test Method C*, *Test Method D*, dan *Test Method E*.

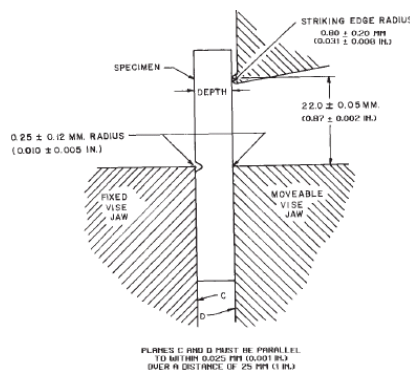
1. *Test Method A*, dalam metode pengujian ini, posisi spesimen ditahan oleh penopang pada mesin uji dengan menghadap vertikal kemudian akan patah dalam sekali ayunan oleh pendulum mesin uji. Pada saat dilakukan pengujian, jarak antara ujung pendulum dengan penjepit sebesar  $22,0 \pm 0,05$  mm sehingga pada saat pengujian dilakukan, pendulum tidak membentur *notch* atau takikan pada spesimen benda uji.
2. *Test Method B*, pada metode pengujian ini sama seperti halnya pengujian *impact* yang menggunakan metode pengujian *impact charpy*. Benda uji diletakkan melintang pada dudukan spesimen dengan *notch* membelakangi arah benturan dari pendulum dan pendulum tepat mengenai sisi belakang dari *notch*.

3. *Test Method C*, sama seperti halnya metode pengujian A, yang membedakan adalah kekuatan pendulum saat memberikan ayunan pada spesimen benda uji yaitu harus kurang dari 27 J/m.



Gambar 2.8 Ilustrasi Pengujian Spesimen Benda Uji untuk *Test Method A* dan *Test Method C*.

4. *Test Method D*, metode pengujian ini dilakukan hanya untuk pemberian sudut *notch* atau takikan yang berbeda-beda sesuai dengan sifat spesimen benda uji.
5. *Test Method E*, sama seperti halnya metode pengujian A, akan tetapi spesimen benda uji menghadap 180° atau *notch* membelakangi arah benturan dari pendulum mesin uji.



Gambar 2.9 Ilustrasi Pengujian Spesimen Benda Uji untuk *Test Method E*.

### 2.2.3 Pandan Duri

Pandan duri (*Pandanus tectorius*) adalah salah satu tanaman dari jenis *Pandanaceae* yang tumbuh liar dengan memiliki bentuk fisik daun berduri di sisi-sisinya, ujung lancip segitiga dan memiliki warna daun hijau atau hijau muda. Harahap dan Purba (2014: 3) menyatakan bahwa, “tanaman pandan terdiri dari batang, daun, bunga, buah, biji, dan akar, yang merupakan salah satu jenis tanaman semak, perdu atau pohon dengan batang berupa liana dengan batang-batang memanjat yang mempunyai tinggi sekitar 11 m.” Daun pandan duri banyak digunakan untuk pembuatan kerajinan tangan berupa gerabah karena serat dari pandan duri memiliki sifat yang kuat dan elastis. Rahayu dan Handayani (2008: 30 – 31) menyatakan sifat fisik daun pandan sebagai berikut:

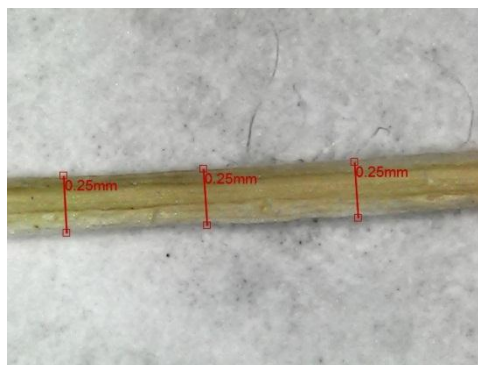
*Pandanus* umumnya merupakan pohon atau semak yang tegak, tinggi 3–7 m, bercabang, kadang-kadang batang berduri, dengan akar tunjang sekitar pangkal batang. Daun umumnya besar, panjang 2–3 m, lebar 8–12 cm; ujung daun segitiga lancip-lancip; tepi daun dan ibu tulang daun bagian bawah berduri, tekstur daun berkilin, berwarna hijau muda-hijau tua. Bunga jantan dan betina terdapat pada tumbuhan yang berbeda. Buah letaknya terminal atau lateral, soliter atau berbentuk bulir atau malai yang besar.



Gambar 2.10 Pandan Duri

Untuk pembuatan gerabah atau kerajinan tangan, digunakan serat dari pandan duri yang dikeringkan. Pengambilan serat pandan duri sama halnya

dengan pengambilan serat dari daun nanas pada umumnya karena kedua daun memiliki sifat fisik yang hampir sama. Pertama yaitu dilakukan penyortiran atau pemilihan daun yang bagus untuk diambil seratnya. Daun harus dipilih sebelum diambil seratnya karena apabila kualitas daun jelek, maka kualitas serat juga akan jelek. Apabila daun yang dipilih terlalu muda, kemungkinan serat yang ada pada daun tersebut sedikit. Kemudian yaitu perebusan, dilakukan agar mudah untuk memisahkan antara daging dan serat pada daun. Perebusan dilakukan selama 3 jam sampai daun terlihat layu. Selanjutnya yaitu proses perendaman, daun yang sudah direbus kemudian direndam di dalam air selama 1 minggu agar daging pada daun lebih lunak. Kemudian dilakukan pengerokan pada daun untuk mendapatkan serat pada daun pandan duri. Setelah semua proses pengambilan serat sudah selesai, serat kemudian direndam kedalam larutan alkali selama 2-3 jam. Setelah itu serat dicuci dengan air mengalir kemudian serat direndam lagi selama 2-3 hari untuk mengurangi efek dari larutan alkali tersebut kemudian serat dikeringkan pada suhu ruangan.



Gambar 2.11 Tebal serat pandan duri setelah dilakukan perendaman alkali

Tabel 2.3 Nilai Fisik dan Mekanik Pada Serat Pandan duri (Nahrowi, et al., 2018:

3)

Sifat	Nilai
Diameter (mm)	0,2-0,3
Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	0,96
Beban Tarik Maksimal (N)	5,42
Tegangan Tarik <i>Ultimate</i> (N/mm <sup>2</sup> )	27,65
Elongasi (%)	3,62

#### 2.2.4 Alkalisasi

Alkalisasi adalah proses perendaman serat tumbuhan pada larutan kimia alkali atau NaOH untuk menghilangkan lignin, selulosa dan zat – zat tumbuhan yang masih menempel pada serat, selain itu proses perendaman dapat membuat diameter serat menjadi lebih kecil sehingga didapatkan serat tumbuhan yang kuat. Menurut Sari, et al., (2017: 3041) menjelaskan tentang manfaat perendaman alkali untuk serat sebagai bahan penguat komposit:

*The use of alkali with 5% NaOH in the fiber has decreased the moisture content, hemicellulose and lignin content of the fiber surface. As a consequence, the cellulose content and the tensile strength propoerties of the fibers increase very high. Under alkaline treatment, the fiber surfacer becomes rougher, cleaner and the fiber diameter becomes smaller.*

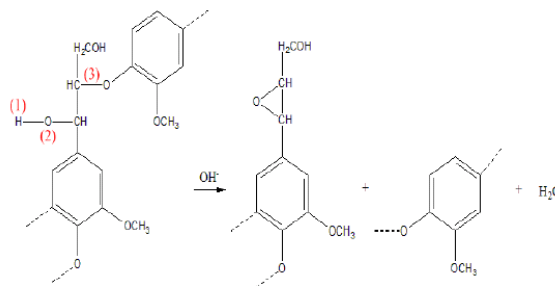
Ciri–ciri serat yang sudah dilakukan proses perendaman alkali dapat dilihat dari perubahan warna pada permukaan serat yang menandakan bahwa lignin, selulosa, dan zat–zat tumbuhan lain pada serat sudah hilang. Purboputro dan Hariyanto (2017: 65) menyatakan bahwa, “Tujuan dari perlakuan alkali adalah untuk menghilangkan lapisan lignin yang ada di permukaan serat. Dengan menghilangkan lapisan lignin pada permukaan diharapkan ikatan permukaan antar permukaan serat rami dengan matriks akan lebih kuat.”

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Serat Pandan Duri

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Lignin	18 – 22
Selulosa	83 – 88
Holosekulosa	37 – 76
Air	7,88 – 9,14

Menurut Pratama, et al., (2017: 252) menjelaskan tentang proses reaksi alkali terhadap lignin pada serat sebagai berikut:

Pada proses alkalisasi, lignin bereaksi dengan larutan NaOH yang terdisosiasi menjadi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion  $\text{OH}^-$  bereaksi dengan gugus H pada lignin, kemudian membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini menyebabkan gugus O membentuk radikal bebas dan reaktif dengan C membentuk cincin epoksi (C-O-C). Sehingga menyebabkan serangkaian gugus melepaskan ikatan pada gugus O.



Gambar 2.12 Reaksi Proses Alkalisasi (Pratama, et al., 2017: 252)

Dalam pembuatan material komposit, digunakan perbandingan antara fraksi volume serat dan matriks pengikat. Untuk mencari massa serat daun pandan sesuai dengan perbandingan fraksi volume dengan matriks epoksi sebelum pencetakan, maka digunakan formula sebagai berikut:

1. Volume *Skin/Layer* (2.1) (Mastur dan Setiyawan, 2016: 47)

$$V_{skin} = p_{skin} \cdot l_{skin} \cdot t_{skin}$$

Dengan:

$$V_{skin} = \text{Volume skin/layer sebelum dicetak (cm}^3\text{)}$$

$$p_{skin} = \text{Panjang skin/layer sebelum dicetak (cm)}$$

$$l_{skin} = \text{Lebar skin/layer sebelum dicetak (cm)}$$

$t_{skin}$  = Tinggi *skin/layer* sebelum dicetak (cm)

2. Volume Serat (2.2)

$$V_{serat} = \frac{V_{skin} \cdot Fraksi Volume}{100\%}$$

Dengan:

$V_{serat}$  = Volume serat sebelum dicetak (cm<sup>3</sup>)

$V_{skin}$  = Volume *skin/layer* sebelum dicetak (cm<sup>3</sup>)

*Fraksi Volume* = Fraksi volume digunakan (%)

3. Massa Serat (2.3)

$$M_{serat} = V_{serat} \cdot \rho_{serat}$$

Dengan :

$M_{serat}$  = Massa serat sebelum dicetak (gr)

$V_{serat}$  = Volume serat sebelum dicetak (cm<sup>3</sup>)

$\rho_{serat}$  = Massa jenis serat sebelum dicetak (gr/cm<sup>3</sup>)

4. Volume Matriks (2.4)

$$V_{matriks} = \frac{V_{skin} \cdot Fraksi Volume}{100\%}$$

Dengan :

$V_{matriks}$  = Volume komposit sebelum dicetak (cm<sup>3</sup>)

$V_{skin}$  = Volume *skin/layer* sebelum dicetak (cm<sup>3</sup>)

*Fraksi Volume* = Fraksi volume digunakan (%)

5. Massa Matriks (2.5)

$$M_{matriks} = V_{matriks} \cdot \rho_{matriks}$$

Dengan :

$M_{matriks}$  = Massa matriks (gr)

$V_{matriks}$  = Volume matriks (gr<sup>3</sup>)

$\rho_{matriks}$  = Massa jenis matriks (gr/cm<sup>3</sup>)

### 2.2.5 Uji *Impact*

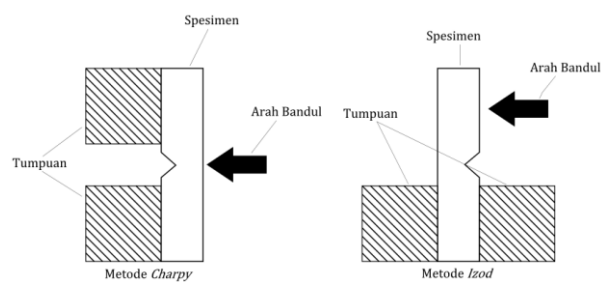
Hardiana, et al., (2016: 248) menyatakan bahwa, “Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.” Pengujian *impact* pada dasarnya memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai ketangguhan *impact* atau benturan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian dan seberapa besar kekuatan yang dapat ditahan oleh spesimen sampai terjadi patahan pada spesimen tersebut dengan diberi beban kekuatan secara tiba-tiba. *Impact test* atau pengujian tumbukan adalah salah satu cara mengetahui dan menganalisa sifat mekanik material, dalam hal ini ketangguhan material dan dalam penggunaannya dalam dunia industri nantinya (Prawira, et al., 2015).

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin pengujian yang dibuat dengan sebuah bandul yang memiliki berat tertentu dengan mengayun membentuk gerak parabola dari ketinggian untuk memberikan beban kejut pada spesimen. Pengujian ini pada dasarnya dilakukan dengan pemberian beban yang sangat cepat (*rapid loading*). Fiqri, et al., (2017: 411), pengujian *impact* bertujuan untuk mengukur ketangguhan atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi sebelum patah (*toughness*). Pengujian *impact* dibedakan menjadi dua metode pengujian, yaitu pengujian dengan metode *izod* dan pengujian dengan metode *charpy*. Spesimen pada pengujian ini berbentuk batang dengan penampang berbentuk persegi panjang dan memiliki lubang atau takikan V pada salah satu sisi penampang. Menurut Rachmat, et al., (2016: 207) yang melakukan



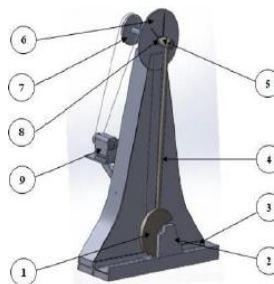
penelitian tentang pembuatan alat uji impact metode charpy dan izod menyatakan bahwa perbedaan metode pengujian *impact charpy* dan *impact izod*:

sebuah batang uji yang diberi takikan dan distandarisasikan, ditumpu bebas pada kedua ujungnya (metode *charpy*) dan yang ditahan pada posisi vertikal dengan di tahan salah satu sisinya (metode *izod*) dan dipukul dengan sebuah bandul yang dijatuhkan. Pisau menuju kedudukan takikan pada bahan uji (spesimen). Dalam pada itu dampak bobot bandul (akan mengalami hambatan dan pisau akan membubung kembali dibelakang batang uji, tetapi hanya akan mencapai ketinggian yang lebih rendah).



Gambar 2.13 Metode Pengujian *Charpy* Dan *Izod*

Menurut Jumadi, et al., (2017: 68) yang melakukan penelitian tentang rancang bangun alat uji impact menjelaskan tentang beberapa bagian dari mesin alat uji impact sebagai berikut:



Gambar 2.14 Desain Alat Uji *Impact* (Jumadi, et al., 2017: 68)

- 1) Pendulum: berfungsi untuk sebagai pembentur terhadap benda spesimen
- 2) Dudukan spesimen: berfungsi sebagai dudukan spesimen pada waktu pengujian

- 3) Rangka: berfungsi sebagai bagian penahan atau penopang dari dua bagian pokok, yaitu: batang tiang penahan dan alas tiang penahan. Pada batang rangka harus mampu menahan beban dari poros dan pendulum
- 4) Batang pendulum: sebagai penyangga pendulum
- 5) Poros: berfungsi sebagai tumpuan pendulum dan dihubungkan dengan bantalan. Poros yang digunakan harus mampu menahan beban yang terjadi pada pendulum. Pemilihan poros juga memperhitungkan kekuatan material ( $\sigma$ ) dan nilai defleksi ( $V_{max}$ )
- 6) Indikator: indikator pada alat uji impak *Charpy* ini terdiri dari dua jarum penunjuk. Jarum petunjuk yang pertama dihubungkan dengan putaran poros berfungsi untuk membaca besar sudut pendulum sebelum diayunkan ( $\alpha$ ), dan yang kedua untuk membaca besar sudut pendulum setelah mematahkan spesimen ( $\beta$ )
- 7) Sproket: rantai roda berfungsi untuk meneruskan putaran mesin dari *counter shaft* transmisi ke roda belakang sehingga roda belakang berputar dan mendorong laju kendaraan
- 8) Bantalan: bantalan berfungsi untuk menumpu poros agar poros dapat bergerak tanpa mengalami gesekan yang berlebihan yang lebih tinggi kecepatan yang dialami poros saat pendulum bergerak
- 9) Motor penggerak: motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berfungsi untuk mengangkat pendulum.

Pada pengujian ini, energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen harus diukur. Saat bandul diayunkan dengan ketinggian tertentu, maka spesimen pada tumpuan akan patah, setelah itu bandul akan kembali berayun ke arah yang berlawanan, jadi apabila energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen besar, maka semakin rendah arah balik ayunan pada bandul setelah proses mematahkan spesimen. Energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen dapat dibaca pada alat pengujian yang sudah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Energi yang digunakan juga dapat dihitung dalam bentuk rumus:

$$E = m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (2.6) \quad (\text{Harahap dan Purba, 2014: 4})$$

Dimana:

$m$  = massa pendulum (kg)

$g$  = gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ )

$\lambda$  = panjang lengan pendulum (m)

$\cos \beta$  = sudut awal pendulum

$\cos \alpha$  = sudut pendulum setelah pendulum menumbuk beban

sehingga :

$$I_s = \frac{E_s}{A} \quad (2.7)$$

Dengan:

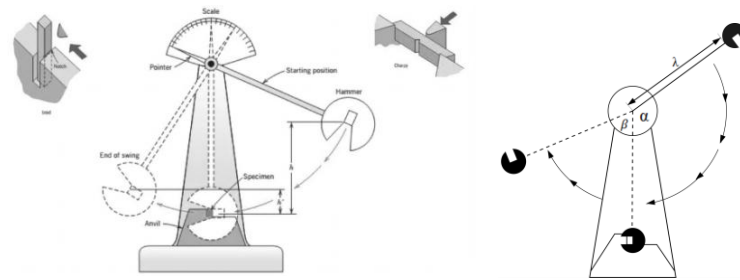
$E_s$  = Energi serap (J)

$A$  = Luas penampang ( $\text{m}^2$ ) =  $b \cdot d$

$I_s$  = *Impact strength* ( $\text{J/m}^2$ )

$b$  = Lebar sampel (m)

$d$  = Panjang sampel (m)



Gambar 2.15 Ilustrasi Pengujian *Impact Charpy* dan *Izod*

### 2.2.6 Model Perpatahan

Pada saat dilakukan pengujian *impact*, maka terjadi perpatahan pada spesimen yang diuji. Bentuk perpatahan pada setiap spesimen berbeda-beda, tergantung dari beberapa hal, antara lain:

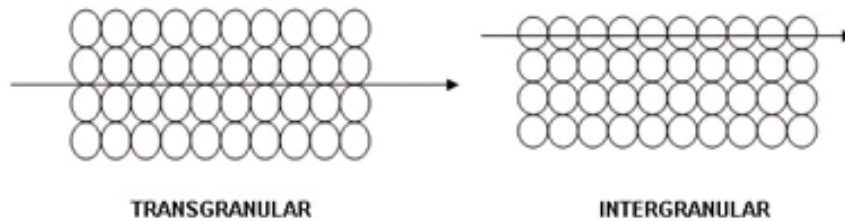
1. Temperatur, suhu mempengaruhi karakteristik material spesimen yang akan diuji, semakin tinggi suhu maka semakin ulet spesimen, sedangkan apabila semakin rendah suhu maka akan semakin getas spesimen.
2. Takikan, bentuk dan sudut takikan akan mempengaruhi bentuk perpatahan pada saat pengujian dilakukan.
3. Beban, pembebanan pada spesimen juga mempengaruhi spesimen dalam pemberian beban secara cepat.
4. Kadar bahan dasar, kadar serat atau kadar bahan dasar dari spesimen akan mempengaruhi sifat spesimen apakah spesimen tersebut getas atau ulet.

Dari beberapa hal yang mempengaruhi bentuk patahan, maka ada beberapa tipe perpatahan yang harus diketahui:

1. Perpatahan *transgranular*, dikenal dengan perpatahan bulat dimana terjadi pada temperatur rendah yang permukaannya mengikuti bidang vertikal.

Perpatahan ini terjadi akibat retakan yang merambat di dalam butiran material atau spesimen.

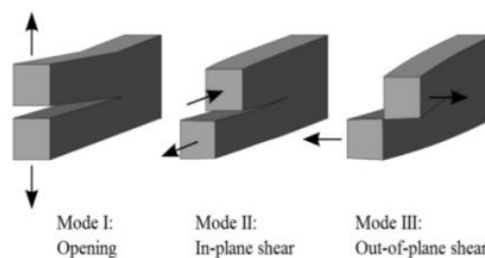
2. Perpatahan *intergranular*, perpatahan yang terjadi akibat retakan yang merambat diantara butiran material.



Gambar 2.16 Tipe Perpatahan *Transgranular* dan *Intergranular*

Selain tipe perpatahan., model perpatahan juga dapat dipengaruhi oleh arah beban yang diberikan pada material:

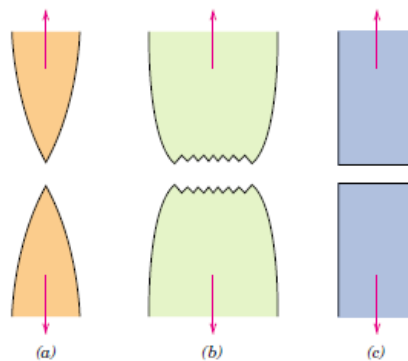
1. *Opening Shear*, merupakan bentuk perpatahan dengan arah tegangan tegak lurus dengan bidang perpatahan dan berada pada posisi sejajar berlawanan arah pada masing–masing sisi.
2. *In Plane Shear*, arah perpatahan yang melintang diakibatkan oleh tegangan yang diberikan tidak sejajar dan berlawanan arah.
3. *Out Plane Shear*, terjadi akibat pemberian tegangan vertikal dimana tegangan berada pada arah yang tidak sejajar dan berlawanan arah.



Gambar 2.17 Model Perpatahan Berdasarkan Arah Pembebanan

Berdasarkan dari sifat material, terdapat tiga jenis kegagalan yang dapat terjadi pada material, yaitu:

1. *Ductile fracture*, adalah kegagalan yang terjadi pada material atau spesimen yang memiliki sifat ulet yang tinggi. Hal ini ditandai dengan terjadinya proses elastis atau pemanjangan pada spesimen sebelum terjadinya perpatahan.
2. *Moderate ductile fracture*, adalah kegagalan yang terjadi dengan ditandai elastis atau pemanjangan pada spesimen tetapi tidak pada titik maksimal pemanjangan.
3. *Brittle fracture*, adalah kegagalan yang terjadi pada material atau spesimen yang memiliki sifat getas atau kekakuan yang tinggi. Hal ini ditandai dengan patahnya material atau spesimen secara langsung tanpa terjadinya proses elastis atau pemanjangan sebelum terjadinya patah.

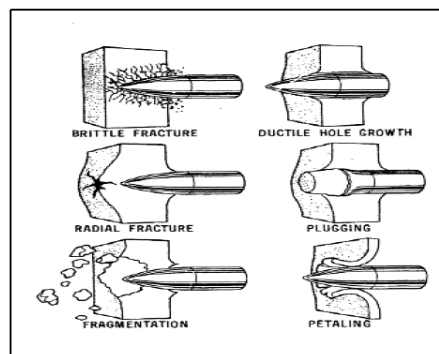


Gambar 2.18 Tiga Jenis Kegagalan Pada Spesimen (a) *Ductile Fracture*, (b)

*Moderate Ductile Fracture*, (c) *Brittle Fracture*

Pada material komposit, bentuk kegagalan berbeda dari kegagalan pada material logam. Hal tersebut terjadi karena komponen penyusun material komposit berbeda dari komponen logam, komponen penyusun komposit terdiri dari bahan penguat diantaranya serat atau *fiber* baik serat alam maupun serat

sintetis, dan serbuk-serbuk partikel baik dari serbuk alam seperti serbuk kayu jati maupun serbuk partikel sintetis selain itu komponen penyusun komposit lainnya adalah resin atau matriks sebagai bahan pengikat dari serat maupun serbuk partikel penyusun material komposit. Pada umumnya, material komposit yang terkena benturan atau *impact* akan mengalami beberapa bentuk kegagalan yang berbeda tergantung dari bahan penyusun material komposit dan bentuk material yang diantaranya *brittle fracture*, *ductile hole growth*, *radial fracture*, *plugging*, *fragmentation*, dan *petaling*.



Gambar 2.19 Bentuk Kegagalan *Impact* Spesimen Komposit (Safri, et al., 2014:

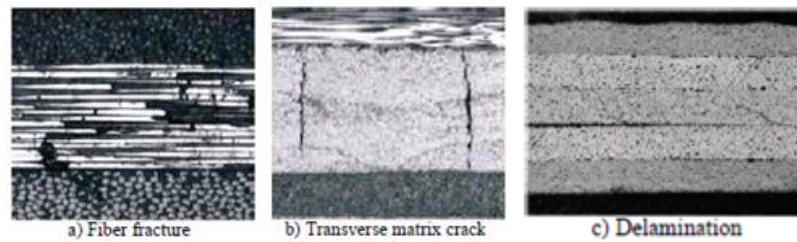
56)

1. *Brittle Fracture*, kegagalan *impact* pada material komposit yang terjadi karena benturan pada permukaan material komposit sehingga menyebabkan material terbelah atau terpotong dan di permukaan potongan tersebut terdapat retakan. Hal ini terjadi pada komposit yang memiliki sifat getas dan elastis.
2. *Ductile Hole Growth*, kegagalan *impact* pada material komposit yang terjadi karena benturan pada permukaan material komposit sehingga menyebabkan material terbelah atau terpotong rapi. Hal ini terjadi pada komposit yang memiliki sifat elastis.

3. *Radial Fracture*, kegagalan *impact* pada material komposit yang menyebabkan sebagian atau setengah dari material terbelah atau terpotong tetapi muncul retak pada garis potongan tersebut.
4. *Plugging*, kegagalan *impact* yang terjadi karena permukaan ujung benda material yang memberikan energi *impact* tumpul akan tetapi material komposit dapat menahan kekuatan *impact* yang diberikan.
5. *Fragmentation*, kegagalan *impact* yang menyebabkan material komposit terbelah atau terpotong dan terdapat serpihan atau pecahan – pecahan material komposit. Hal ini disebabkan karena material komposit terlalu getas.
6. *Petaling*, kegagalan *impact* yang menyebabkan material komposit robek.

Pada jenis komposit laminasi, terdapat beberapa bentuk kegagalan *impact* yang terjadi antara lain *fibre fracture*, *matrix crack*, dan *delamination*. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya pelapisan serat pada saat pembuatan komposit, kualitas kekuatan serat yang digunakan sebagai bahan penguat komposit, besar kekuatan benturan yang terjadi pada material komposit, ketebalan dari material komposit dan sifat dari material komposit baik getas maupun elastis. Widodo, et al., (2014: 39) menyatakan bahwa, ”*ductile to brittle transition* adalah fenomena perbuahan sifat yang disebabkan oleh faktor – faktor tertentu dimana pada saat suatu material mengalami patah mengalami pergeseran sifat, awalnya merupakan material ulet tetapi mengalami patah getas.”





Gambar 2.20 Bentuk Kegagalan Komposit Laminasi a.) *Fiber Fracture*, b.) *Transverse Matrix Crack*, c.) *Delamination* (Kreculj dan Rašuo, 2013: 486)

a.) *Fiber Fracture*

*Fiber fracture* atau kegagalan serat adalah bentuk kegagalan yang sering terjadi. Hal ini disebabkan oleh besar kekuatan tekanan atau tarikan yang terjadi pada serat material komposit sehingga kegagalan terjadi di dalam struktur material komposit terutama di dalam bagian serat penguat komposit.

b.) *Transverse Matrix Crack*

*Transverse Matrix Crack* adalah tipe kegagalan material komposit yang disebabkan oleh kekuatan *impact* dengan kecepatan rendah yang menyebabkan material komposit menjadi terbelah.

c.) *Delamination*

*Delamination* adalah kegagalan yang terjadi diantara tiap lapisan material komposit laminasi. Hal ini biasanya disebabkan oleh *matrix crack* yang mengakibatkan tiap lapisan pada komposit laminasi menjadi terpisah atau tidak menyambung satu sama lain.

d.) *Resin Rich*

*Resin Rich* adalah kegagalan atau *failure* pada material komposit terutama dengan bahan penguat yang diakibatkan karena adanya resin *pocket* atau daerah resin yang tidak ada bahan penguat yang bercampur dengan resin.

### 2.2.7 Bumper

*Bumper* adalah salah satu bagian dari bodi mobil yang terdapat di bagian depan dan belakang pada mobil yang berfungsi untuk melindungi mobil dari benturan yang terjadi untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada kerangka mobil. Shukla dan Sharma (2017: 257) menyatakan bahwa, “*bumper system are designed to prevent or reduce physical damage to the front or rear ends of passenger motor vehicles in collision condition.*”



Gambar 2.21 *Bumper* Mobil

Banyak perubahan yang terjadi pada *bumper* mobil mulai dari bahan dasar pembuatan *bumper* sampai model *bumper*. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan kualitas *bumper* yang terbaik dan untuk memberikan kenyamanan pada pengemudi ketika mengendarai mobil. Menurut Julian (2016: 18) yang melakukan penelitian tentang *The Use of Natural Fiber Composites for Bumper Materials* menyatakan tentang fungsi utama bumper:

*A good quality bumper could be able to protect more serious and expensive damage when two cars crash. Since bumper is an essential exterior part of passenger cars to protect the cars from the more expensive damage. Generally, bumper is designed to have two major functions, namely; to prevent damages of car exterior structures and to absorb the energy to the bumper system because typically two cars collided would exchange some energy.*

Berdasarkan data dari *National Highway Traffic Safety Administration Washington, D.C. 20590*, pada tahun 1982, terdapat perubahan evaluasi standar

*bumper* tentang manfaat pembuatan *bumper*, dan biaya pembuatan sampai tahun 1983 dengan pengurangan standar pengujian kerusakan pada *bumper* dari 5 mph untuk bagian permukaan bumper dan 3 mph untuk bagian sudut bumper menjadi 2.5 mph dan 1.5 mph dengan tidak ada kerusakan pada *bumper* melebihi 3/8” pada “*dent*” dan 3/4” pada “*set*” dari posisi semula *bumper* yang berubah. “*The bumper system is a structural component, which contributes to the crashworthiness or occupant’s protection during a front or rear collision*” (Moghaddam dan Ahmadian, 2011: 865).



Gambar 2.22 Cacat Pada *Bumper* Mobil

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil pengujian *impact* yang dilakukan menunjukkan bahwa spesimen komposit *sample A* memiliki nilai pengujian *impact* tertinggi dibandingkan dengan spesimen komposit lainnya yaitu dengan rata-rata nilai energi serap 0,44 J dan nilai kekuatan *impact* 0,0124 J/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai pengujian *impact* yang paling rendah didapatkan pada spesimen *sample D* dengan nilai rata-rata energi serap 0,42 J dan nilai kekuatan *impact* 0,0114 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian *impact* yang didapatkan dipengaruhi oleh arah sudut susunan serat. Semakin rendah arah susunan sudut serat pada komposit maka hasil dari pengujian *impact* akan semakin tinggi. Spesimen *sample A* memiliki nilai pengujian yang tertinggi dibandingkan dengan spesimen komposit lainnya karena pada spesimen komposit *sample A* memiliki variasi orientasi susunan sudut serat (0°/0°/0°/0°), sedangkan pada spesimen komposit *sample D* memiliki variasi orientasi susunan sudut serat (0°/+90°/0°/+90°) sehingga nilai dari hasil pengujian *impact* yang didapatkan semakin rendah.
- 2) Hasil foto makro daerah patahan pengujian *impact* pada spesimen komposit serat pandan duri menunjukkan adanya *void* atau gelembung udara yang

terperangkap, *matrix rich* atau daerah resin yang terbentuk tanpa adanya serat penguat, *fibre pullout* yang terjadi karena serat tidak menyatu sempurna dengan matriks, *fibre rupture* atau *fibre fracture* pada seluruh spesimen komposit.

- 3) Dari keseluruhan hasil yang didapatkan, nilai *impact* komposit serat pandan duri dengan variasi orientasi susunan sudut serat belum dapat melebihi nilai *impact* dari *bumper* mobil pada penelitian ini. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi agar hasil nilai *impact* yang didapatkan dari komposit serat pandan duri dapat melebihi dari nilai *impact* yang didapatkan dari *bumper* mobil sehingga serat pandan duri dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan *bumper* mobil.

## 5.2 Saran

Saran atau masukan dari peneliti untuk penelitian selanjutnya antara lain:

- 1) Apabila menggunakan teknik pembuatan komposit *hand lay-up*, sebaiknya lebih diperhatikan lagi apakah ada banyak gelembung udara yang terperangkap pada saat menuangkan matriks ke dalam susunan serat komposit.
- 2) Pada proses pembuatan spesimen komposit, sebaiknya ditambahkan lagi bahan penguat *filler* dan menggunakan variasi orientasi serat berbentuk anyaman atau woven sehingga nilai pengujian *impact* yang didapatkan bisa lebih tinggi.
- 3) Lebih diperhatikan lagi dalam melakukan proses perendaman serat dalam larutan alkali (NaOH) agar serat yang digunakan dapat mengikat dengan matriks secara sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiananda, Alfie dan I Made Londen Batan. 2015. Pengembangan *Bumper* Depan Mobil *Pick Up* Multiguna Pedesaan. *Jurnal Teknik ITS* 4(1): 6 – 9.
- Adjiantoro, Bintang dan Bambang Sriyono. 2014. Pembuatan Material Komposit Matriks Paduan Al-6,2%Mg/Al<sub>2</sub>O<sub>3(p)</sub> Dengan Proses *Stirr-Casting*. *Majalah Metalurgi* 5: 63 – 70.
- ASTM International. 2004. *Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics (ASTM D256-04)*. US: West Conshohocken.
- Beyene, A. T., E. G. Koricho, G. Belingardi, dan B. Martorana. 2014. *Design and Manufacturing Issues in the Development of Lightweight Solution for A Vehicle Frontal Bumper*. *Procedia Engineering* 88: 77 – 84.
- Catur, Agus Dwi, Paryanto D. S., Sinarep, dan Nanang Prayitno. 2014. Sifat Mekanik Komposit *Sandwich* Berpenguat Serat Bambu – *Fiberglass* dengan *Core Polyurethane Rigid Foam*. *Jurnal Rekayasa Mesin* 5(1): 51 – 57.
- Callister, Jr, W. D. dan David G. Rethwisch. 2010. *Material Science and Engineering: an Introduction*. 8th Ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Cerbu, Camelia. 2015. *Mechanical Characterization of the Flax/Epoxy Composite Material*. *Procedia Technology* 19: 268 – 275.
- Cristaldi, Giuseppe, Alberta Latteri, Giuseppe Recca, dan Gianluca Cicala. 2010. *Composites Based on Natural Fibre Fabrics*. Catania Italy: University of Catania, Department of Physical and Chemical Methodologies for Engineering.
- Dyah S., Emmy, Nasmi Herlina Sari, IGNK Yudhyadi, Sinarep, dan Topan. 2012. Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan *Impact* dan *Bending* Material Komposit *Polyester – Fiber Glass* dan *Polyester – Pandan Wangi*. *Dinamika Teknik Mesin* 2(1): 15 – 27.
- Daroini, Hikmatud, Lailatin Nuriyah, dan Masruroh. 2014. Studi Pengaruh Fraksi Volume terhadap Ketangguhan Impak Komposit *Polyester-Serat Kenaf (Hibiscus cannabinus L.)*. *Brawijaya Physics Student Journal (PSJ)* 2(1): 698 - 700.

- Fajri, Rahmat Iskandar, Tarkono, dan Sugiyanto. 2013. Studi Sifat Mekanik Komposit Serat *Sansevieria Cylindrica* dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik *Polyester*. *Jurnal FEMA* 1(2): 85 - 93
- Fiqri, Abdurrachman, Hartono Yudo, dan Untung Budiarto. 2017. Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (*Smooth Cayenne*) dan Serat Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum L*) Sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Bending dan Impact. *Jurnal Teknik Perkapalan* 5(2): 408 – 420.
- Formes, T. D. dan D. R. Paul. 2003. *Formation and Properties of Nylon 6 Nanocomposites*. *Polimeros: Ciência e Tecnologia* 13(4): 212 – 217.
- Gibson, Ronald, F. 2012. *Principles of Composite Material Mechanics*. 3rd Ed. USA: Taylor & Francis Group, LLC.
- Harahap, Mukti Hamzah dan Evri Yani Purba. 2014. Pemanfaatan Serat Daun Pandan Duri Sebagai Campuran Dalam Peningkatan Karakteristik Genteng Beton. *Jurnal Einstein* 2(1): 1 – 10.
- Hardiana, Fery, Haris Budiman, dan Yudi Samantha. 2016. Perancangan Alat Uji Impak Metode *Charpy* dan *Izod*. *Jurnal Stima (Proceeding Stima 2.0)*: 248 – 252.
- Hussain, Farzana, Mehdi Hojjati, Masami Okamoto, dan Russel E. Gorga. 2006. *Review Article: Polymer-Matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview*. *Journal of Composite Materials* 40(17): 1511 – 1575.
- Julian. 2016. *The Use of Natural Fiber Composites for Bumper Materials*. *European Journal of Mechanical Engineering Research* 3 (3): 18 – 26.
- Jumadi, Amud, Budi Hartono dan Gatot Eka Pramono. 2017. Rancang Bangun Alat Uji Impak Metode *Charpy*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin: Aplikasi Mekanika Energi* 3(2): 67 – 71.
- Kleisner, V. Dan R. Zemčik. 2009. *Analysis of Composite Car Bumper Reinforcement*. *Applied and Computational Mechanics* 3: 287 – 296.
- Kreculj, Dragan dan Boško Rašuo. 2013. *Review of Impact Damages Modelling in Laminated Composite Aircraft Structures*. *Technical Gazette* 20(3): 485 – 495.

- La Heist, Warren G. dan Frank G. Ephraim. 1987. *An Evaluation of the Bumper Standard – As Modified in 1982*. USA: Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration Washington, D. C. 20590.
- Lasikun, Dody Ariawan, Eko Surojo, dan Joko Triyono. 2018. *Effect of Fiber Orientation on Tensile and Impact Properties of Zalacca Midrib Fiber-HDPE Composites by Compression Molding*. *AIP Conference Proceedings* 1931, 030060: 1 – 5.
- Leonard, Johannes dan Ratnawati. 2015. Aplikasi Komposit Resin *Epoxy* Dengan Serat *Imperata Cylindrica* Untuk *Bumper* Kendaraan Van Serbaguna. *Jurnal Mekanikal* 6 (2): 602 – 607.
- Mardiyati. 2018. Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik. *Jurnal Inovasi Pertahanan dan Keamanan* 1(1): 20 – 28.
- Mastur dan Khanif Setiyawan. 2016. Pengaruh Komposit Serat Pandan Samak Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Pada Material Bodi Kendaraan. *ITEKS: Intuisi Teknologi Dan Seni* 8(1): 45 – 49.
- Muhammad dan Reza Putra. 2017. Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin *Polyester* Dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 6(2): 63 – 72.
- Munandar, Imam, Shirley Savetlana, dan Sugiyanto. 2013. Kekuatan Tarik Serat Ijuk (*Arenga Pinnata Merr*). *Jurnal FEMA* 1(3): 52 – 58.
- Moghaddam, A. R. M. dan M. T. Ahmadian. 2011. *Design and Analysis of an Automobile Bumper with the Capacity of Energy Release Using GMT Materials*. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic an Manufacturing Engineering* 5(4): 865 – 872.
- Motaung, Tshwafo E., Mokgaotsa J. Mochane, Zikhona L. Linganiso, dan Ayanda P. Mashigo. 2017. *In Situ Polymerization of Nylon-Cellulose Nano Composite*. *Polymer Sciences* 3(1): 1 – 8.
- Nahrowi, Muhammad, Irwan, dan Brahma Dozzer Pardede. 2018. Pemanfaatan Serat Daun Pandan Liar (*Pandanus Tectorius*) Sebagai Substitusi *Fiber Glass* pada Pembuatan Pola. [https://www.researchgate.net/publication/329962293\\_PEMANFAATAN\\_SERAT\\_DAUN\\_PANDAN\\_LIAR\\_PANDANUS\\_TECTORIUS\\_SEBAGAI\\_SUBSTITUSI\\_FIBER\\_GLASS\\_PADA\\_PEMBUATAN\\_POLA](https://www.researchgate.net/publication/329962293_PEMANFAATAN_SERAT_DAUN_PANDAN_LIAR_PANDANUS_TECTORIUS_SEBAGAI_SUBSTITUSI_FIBER_GLASS_PADA_PEMBUATAN_POLA). 22 April 2020 (18:20)



- Okariawan, IDK, M. Fajar, dan S. Hidayatullah. 2016. Optimasi Kekuatan Tarik Komposit *Polyester* Diperkuat Serat Sisal Dengan *Filler* Serbuk Gergaji Kayu Sengon Menggunakan Metode Respon *Surface*. *Dinamika Teknik Mesin* 5(2): 83 – 92.
- Pamungkas, Agil Fitri, Dody Ariawan, Eko Surojo, dan Joko Triyono. 2018. *Influence of Fiber Length on Flexural and Impact Properties of Zalacca Midrib Fiber/HDPE by Compression Molding*. *AIP Conference Proceedings* 1931, 030061: 1 – 6.
- Pamungkas, Dhony Catur, Sarjito Jokosisworo, dan Ari Wibawa B. S. 2017. Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Tanaman Mendong (*Fimbrystylis Globulosa*) Ditinjau dari Kekuatan *Bending* dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan* 5(2): 397 – 407.
- Pratama, Rachmadhani D., Moh. Farid, dan Haniffudin Nurdiansah. 2017. Pengaruh Proses Alkalisasi terhadap Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS* 6(2): 250 – 254.
- Prawira, Muhammad Zaki, Sarjito Joko Sisworo, dan Samuel. 2015. Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Kekuatan *Impact* Aluminium 5083 Hasil Pengelasan *Tungsten Inert Gas*. *Jurnal Teknik Perkapalan* 3(3): 362 – 370.
- Purboputro, I Pramuko. 2006. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Enceng Gondok Dengan Matriks Poliester. *Media Mesin* 7(2): 70 – 76.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ dan Agus Hariyanto. 2015. Analisis Sifat Tarik dan Impak Komposit Serat Rami Dengan Perlakuan Alkali Dalam Waktu 2, 4, 6, dan 8 Jam Bermatrik Poliester. *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 18(2): 64 – 75.
- Rachmat, Asep, Nabil Said Basyamchoh, dan Engkos Koswara. 2016. Pembuatan Alat Uji Impak Metode *Charpy* dan *Izod*. *Jurnal Stima (Proceeding Stima 2.0)*: 207 – 212.
- Rahayu, Sri Endarti dan Sri Handayani. 2008. Keanekaragaman Morfologi dan Anatomi *Pandanus* (Pandanaceae) di Jawa Barat. *Vis Vitalis* 1(2): 29 – 44.
- Razali, N., M. T. H. Sultan, F. Mustapha, N. Yidris, dan M. R. Ishak. 2014. *Impact Damage on Composite Structures – A Review*. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)* 3(7): 8 – 20.

- Safri, S. N. A., M. T. H. Sultan, N. Yidris, dan F. Mustapha. 2014. *Low Velocity and High Velocity Impact Test on Composite Materials – A Review. The International Journal Of Engineering And Science* 3 (9):50 – 60.
- Salahudin, Xander. 2012. Kaji Pengembangan Serat Daun Pandan di Kabupaten Magelang Sebagai Bahan Komposit Interior Mobil. *Majalah Ilmiah Dinamika* 37(1): 121 – 133.
- Sari, Nasmi Herlina, I. N. G. Wardana, Yudy Surya Irawan, dan Eko Siswanto. 2017. *The Effect of Sodium Hydroxide on Chemical and Mechanical Properties of Corn Husk Fiber. Oriental Journal of Chemistry* 33 (6): 3037 – 3042.
- Sato, Hiroaki, Hajime Ohtani, Ryo Harada, dan Shin Tsuge. 2006. *Polymer/Silicate Interaction in Nylon 6-Clay Hybrid Studied by Temperature Programmed Pyrolysis Technique. Polymer Journal* 38(2): 171 – 177.
- Setiawan, Hanung Bayu, Hartono Yudo. Dan Sarjito Jokosisworo. 2017. Analisis Teknis Komposit Serat Daun Gebang (*Corypha Utan L.*) Sebagai Alternatif Bahan Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Tekuk dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan* 5(2): 456 – 464.
- Shukla, Sumeet Kumar dan Suman Sharma. 2017. *Impact Analysis of Car Front Bumper to Enhance Crashworthiness. International Journal of Engineering Trends and Technology* 46(5): 257 – 261.
- Sriwita, Delni dan Astuti. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Polyester Ditinjau dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat. *Jurnal Fisika Unand* 3(1): 30 – 36.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Utama, Firman Yasa dan Hanna Zakiyya. 2016. Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Berpenguat Hibrida *Fiberhybrid* Terhadap Kekuatan Tarik dan Densitas Material Dalam Aplikasi *Body Part* Mobil. *Jurnal Mekanika* 15(2): 60 – 69.
- Widodo, Dimas Surya, Siswanto, dan Rr. Poppy Puspitasari. 2014. Analisa Ketangguhan dan Perubahan Struktur Mikro Patahan Akibat *Heat Treatment* dan Variasi Sudut *Impact* pada Baja ST 60. *Jurnal Teknik Mesin* 22(1): 39 – 45.

- Yudhyadi, IGNK dan Nasmi Herlina Sari. 2013. Analisa Kekuatan Impact Komposit Polyester Diperkuat Serat Pandan Wangi dengan Pengisi Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Energi dan Manufaktur* 6(2): 129 – 134.
- Yudiono, Heri, Rusiyanto, dan Kiswadi. 2017. Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*Woven Bag*). *Jurnal Kompetensi Teknik* 8(2): 1 – 7.