PENGARUH FRAKSI *VOLUME* DAN ORIENTASI SUDUT SERAT IJUK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* MATERIAL KOMPOSIT SERAT IJUK EPOKSI

Skripsi

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

Oleh:

Fiqih Adi Noor Susetyo

NIM.5212414003

TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama	: Fiqih Adi Noor Susetyo
NIM	: 5212414003
Program Studi	: Teknik Mesin
Judul	: Pengaruh Fraksi Volume dan Orientasi Sudut Serat Ijuk terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Material Komposit Serat Ijuk Epoksi

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

Semarang,

Pembimbing,

Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T.

NIP. 197509272006041002

PENGESAHAN

Skripsi/TA dengan judul "Pengaruh Fraksi Volume dan Orientasi Sudut Serat Ijuk terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Material Komposit Serat Ijuk Epoksi" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik UNNES pada tanggal bulan tahun

Oleh

Nama : Fiqih Adi Noor Susetyo

NIM : 5212414003

Program Studi : Teknik Mesin

Panitia:

Ketua	Sekretaris
Rusiyanto, S.Pd., M.T.	Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D.
NIP.197403211999031002	NIP.197601012003121002

Pembimbing 1	Penguji 1	Penguji 2
Dr. Rahmat Doni W, S.T., M.T.	Rusiyanto, S.Pd., M.T.	Kriswanto, S.Pd., M.T.
NIP.197509272006041002	NIP.197403211999031002	NIP.198609032015041001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES

Nur Qudus, M.T

NIP. 196911301994031001

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,

Yang membuat pernyataan,

Fiqih Adi Noor Susetyo

NIM. 5212414003

RINGKASAN

Fiqih Adi Noor Susetyo, 2019, Pengaruh Fraksi *Volume* dan Orientasi Sudut Serat Ijuk terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Material Komposit Serat Ijuk Epoksi, Dr. Rahmat Doni W, S.T.,M.T.,IPP., Teknik Mesin.

Penggunaan serat alam sebagai solusi untuk mengurangi masalah akibat dampak negatif yang timbul pada penggunaan serat sintetis pada komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi *volume* dan orientasi sudut serat komposit serat ijuk aren dengan resin epoksi terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*.

Metode yang digunakan adalah eksperimen. Material utama yaitu serat ijuk aren dan resin epoksi. Variasi fraksi *volume* yang digunakan adalah 70% resin epoksi : 30% serat ijuk aren dan 60% resin epoksi : 40% serat ijuk aren. Variasi orientasi sudut serat yang digunakan adalah 0^0 dan 90^0. Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up*. Standar uji tarik dan *bending* menggunakan ASTM D3039 dan ASTM D790.

Variasi fraksi *volume* dan orientasi sudut serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit fraksi *volume* 60% orientasi sudut 0^0 (56,99 MPa) lebih tinggi dibandingkan fraksi *volume* 60% orientasi sudut 90^0 (13,53 MPa), fraksi *volume* 70% orientasi sudut 0^0 (30,83 MPa) dan orientasi sudut 90^0 (10,63 MPa) serta epoksi murni (24,64 MPa). Kekuatan *bending* komposit fraksi *volume* 60% orientasi sudut 0^0 (85,00 MPa) lebih tinggi dibandingkan fraksi *volume* 60% orientasi sudut 90^0 (23,25 MPa), fraksi *volume* 70% orientasi sudut 0^0 (70,56 MPa) dan orientasi sudut 90^0 (18,83 MPa) serta epoksi murni (53,58 MPa).

Kata kunci : *Fraksi Volume, Orientasi Sudut Serat, Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending.*

PRAKATA

Segala puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul "Pengaruh Fraksi *Volume* dan Orientasi Sudut Serat Ijuk terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Material Komposit Serat Ijuk Epoksi". Skripsi/TA ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang. Shalawat serta salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita mendapatkan safaatnya di yaumil akhir nanti, Amin.

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, Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D., Koordinator Program Studi Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Rusiyanto, S.Pd., M.T. dan Kriswanto, S.Pd., M.T., yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
6. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi/TA ini dapat bermanfaat dibidang komposit khususnya serat alam.

Semarang, 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL
HALAMAN LOGO
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
PERNYATAAN KEASLIAN iv
RINGKASAN v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Identifikasi Masalah 3
1.3. Pembatasan Masalah 3
1.4. Rumusan Masalah 4
1.5. Tujuan Penelitian 4
1.6. Manfaat Penelitian 5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI
2.1. Kajian Pustaka 6
2.2. Landasan Teori 7
2.2.1. Komposit 7
2.2.2. Unsur Penyusun Komposit 8
2.2.3. Jenis-jenis Komposit 9
2.2.4. Susunan Serat Komposit 10
2.2.5. Karakteristik Material Komposit 13
2.2.6. Fraksi volume dan massa 16
2.2.7. Serat Ijuk Aren 17
2.2.8. Resin Epoksi 18

2.2.9. *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) 19
2.2.10. Pengujian Tarik 20
2.2.11. Pengujian Bending 20
BAB III METODE PENELITIAN
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan 23
3.1.1. Waktu 23
3.1.2. Tempat 23
3.2. Desain Penelitian 23
3.2.1. Diagram Alir Pelaksanaan 23
3.2.2. Proses Penelitian 24
3.3. Alat dan Bahan Penelitian 27
3.3.1. Alat Penelitian 28
3.3.2. Bahan Penelitian 31
3.4. Parameter Penelitian 32
3.4.1. Variabel Bebas 32
3.4.2. Variabel Terikat 33
3.4.3. Variabel Kontrol 33
3.5. Teknik Pengumpulan Data 35
3.5.1. Dokumentasi 35
3.5.2. Uji Laboratorium 36
3.6. Kalibrasi Instrumen 36
3.7. Teknik Analisis Data 37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Deskripsi Data 38
4.1.1. Data Pengujian Tarik 38
4.1.2. Data Pengujian Bending 40
4.2. Analisis Data 42
4.2.1. Analisis Data Pengujian Tarik 42
4.2.2. Analisis Data Pengujian Bending 48
4.2.3. Analisis Data Perbandingan Komposit dengan ABS *High Impact* 54

4.3. Pembahasan 57

4.3.1. Pengaruh Fraksi *Volume* dan Orientasi Sudut Serat terhadap Kekuatan Tarik 57
4.3.2. Pengaruh Fraksi *Volume* dan Orientasi Sudut Serat terhadap Kekuatan Bending 58
4.3.3. Pembahasan Data Perbandingan Komposit dengan ABS *High Impact* 60
BAB V PENUTUP
5.1. Kesimpulan 62
5.2. Saran 63
DAFTAR PUSTAKA 64

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Arti	Tercantum pada Halaman
ABS	*Acrylonitrile Butadiene Styrene*	2
ASTM	*American Standard Testing and Material*	4
CMC	*Ceramic Matrix Composite*	10
CO	Karbon Monoksida	2
MMC	*Metal Matrix Composite*	10
NaOH	Natrium Hidroksida (Soda Api)	2
PMC	*Polymer Matrix Composite*	10
UPE	*Unsaturated Polyester Resin*	6

DAFTAR LAMBANG

Lambang	Arti	Satuan	Tercantum pada Halaman
σ	Kekuatan tegangan	MPa	13
$\Delta\varepsilon$	Nilai antara 2 pertambahan panjang		20
$\Delta\sigma$	Perbedaan nilai antara 2 titik tegangan	MPa	20
A	Luasan penampang	mm^2	20
$_b$	*Bending*		21
b	Lebar spesimen	mm	21
$_c$	Komposit		13
d	Tebal spesimen	mm	21
D	Defleksi maksimum	mm	22
E	Modulus elastisitas	GPa	13
$_f$	Serat		13
F	Gaya Tarik	N	20
$_g$	*Gage* (Cekam)		20

$_{i}$	Pada titik “i”		20
$_{m}$	Matrik		13
m	*slope initial tangent* pada kurva beban defleksi m = ⁄	N/mm	22
ms	Massa	gr	16
$_{max}$	Maksimal		13
P	Tekanan *bending*	N	21
$_{t}$	*Tensile* (Tarik)		20
V	Fraksi *volume*		13
W	Fraksi berat		17
ε	Regangan		22
ρ	Massa jenis	gr/mm^3	14
δ	Perpanjangan tarik	mm	20

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-sifat mekanik serat ijuk aren 17
Tabel 2.2. Spesifikasi resin epoksi 19
Tabel 2.3. Sifat-sifat mekanik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) *High Impact*..... 19
Tabel 3.1. Resin epoksi dan serat ijuk aren yang dibutuhkan untuk cetakan uji tarik dan *bending* dengan orientasi sudut serat 0^0 dan 90^0..... 25
Tabel 3.2. Jumlah total spesimen yang akan dibuat dalam penelitian..... 25
Tabel 3.3. Hasil perhitungan uji tarik varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 0^0..... 33
Tabel 3.4. Hasil perhitungan uji tarik varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 90^0..... 34
Tabel 3.5. Hasil perhitungan uji *bending* varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 0^0..... 34
Tabel 3.6. Hasil perhitungan uji *bending* varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 90^0..... 35
Tabel 4.1. Hasil uji tarik varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 0^0..... 39
Tabel 4.2. Hasil uji tarik varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 90^0..... 40
Tabel 4.3. Hasil uji *bending* varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 0^0 . 41
Tabel 4.4. Hasil uji *bending* varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut $90^0$42
Tabel 4.5. Hasil penghitungan uji tarik varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 0^0..... 44
Tabel 4.6. Hasil penghitungan uji tarik varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 90^0..... 45
Tabel 4.7. Hasil penghitungan uji *bending* varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 0^0..... 50
Tabel 4.8. Hasil penghitungan uji *bending* varian 1 dan varian 2 dengan orientasi sudut 90^0..... 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis komposit berdasarkan penguatnya 10
Gambar 2.2. Serat panjang/tidak terputus (*continuous fiber*) 11
Gambar 2.3. Serat pendek (*discontinuous fiber*) 11
Gambar 2.4. *Lamina* dan *laminate* 12
Gambar 2.5. *Longitudinal response* 13
Gambar 2.6. *Transverse response* 14
Gambar 2.7. Modulus kekakuan pada grafik tegangan-regangan 15
Gambar 2.8. Grafik tegangan-regangan 16
Gambar 2.9. Penampang permukaan serat ijuk aren menggunakan SEM 18
Gambar 2.10. Uji *bending* metode "three point bending" 21
Gambar 3.1. Diagram alir pelaksanaan 24
Gambar 3.2. Spesimen uji tarik standar ASTM D3039 27
Gambar 3.3. Spesimen uji bending standar ASTM D790 27
Gambar 3.4. Mesin uji tarik dan uji *bending* Servo Toron Tech 28
Gambar 3.5. Kamera Sony 6000 28
Gambar 3.6. Timbangan Digital Sigma DJ 602C 29
Gambar 3.7. Cetakan benda uji 30
Gambar 3.8. Grinda 30
Gambar 3.9. Alat-alat bantu lain 31
Gambar 3.10. Serat ijuk aren sebelum dicuci 31
Gambar 3.11. Resin Epoksi dan *hardener* 32
Gambar 3.12. Larutan NaOH 32
Gambar 4.1. Grafik tegangan maksimal hasil uji tarik 46
Gambar 4.2. Grafik regangan hasil uji tarik 47
Gambar 4.3. Grafik modulus elastisitas hasil uji tarik 48
Gambar 4.4. Grafik tegangan maksimal hasil uji *bending* 52
Gambar 4.5. Grafik regangan hasil uji *bending* 53
Gambar 4.6. Grafik modulus elastisitas hasil uji *bending* 54
Gambar 4.7. Grafik antara nilai rata-rata tegangan tarik komposit yang dibuat, nilai rata-rata tegangan tarik epoksi murni dan standar

tegangan tarik ABS *High Impact* 55
Gambar 4.8. Grafik antara nilai rata-rata modulus elastisitas *bending* komposit yang dibuat, nilai rata-rata modulus elastisitas *bending* epoksi murni dan modulus elastisitas *bending* standar ABS *High Impact*..... 56
Gambar 4.9. Penampang pengujian tarik, arah beban gaya dan arah serat 58
Gambar 4.10. Penampang pengujian *bending*, arah beban gaya dan arah serat 59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penghitungan massa serat ijuk aren dan massa matrik yang dibutuhkan dalam cetakan komposit 66
Lampiran 2. Data hasil uji tarik dan hasil uji *bending* epoksi murni (100% epoksi) beserta penghitungannya 69
Lampiran 3. Gambar spesimen uji tarik, hasil uji tarik, spesimen uji *bending* dan hasil uji *bending* dari epoksi murni (100% epoksi)..... 70
Lampiran 4. Gambar spesimen komposit yang dibuat untuk uji tarik 71
Lampiran 5. Gambar spesimen komposit yang dibuat untuk uji *bending* 72
Lampiran 6. Gambar spesimen hasil uji tarik dari komposit yang dibuat..... 73
Lampiran 7. Gambar spesimen hasil uji *bending* dari komposit yang dibuat... 74
Lampiran 8. Gambar Potongan Spesimen Hasil Pengujian Tarik..... 75
Lampiran 9. Gambar Potongan Spesimen Hasil Pengujian *Bending*..... 76
Lampiran 10. Gambar hasil uji tarik dan *bending* epoksi murni (100% epoksi) 77
Lampiran 11. Grafik hasil uji tarik dari komposit yang dibuat 78
Lampiran 12. Grafik hasil uji *bending* dari komposit yang dibuat 80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Septiyanto dan Abdullah (2016: 2), serat alam merupakan material ramah lingkungan, sehingga penelitian tentang serat alam terus dikembangkan guna mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah-limbah industri. Material komposit dengan penguat serat alam telah diaplikasikan oleh para produsen mobil sebagai bahan penguat panel mobil, tempat duduk belakang, *dashboard*, dan perangkat interior lainnya. Pemanfaatan serat alam didasarkan atas beberapa parameter, yaitu nilai kekuatan dan kekakuan yang sesuai dengan standar industri, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matriks, perilaku dinamik, perilaku jangka panjang, harga, biaya proses, dan ketersediaan.

Chennady dan Nursyamsi (2018: 2), serat ijuk merupakan serat alam yang berasal dari pohon aren. Ijuk sebenarnya merupakan bagian dari pelepah daun yang menyelubungi batang. Serat ijuk masih digunakan secara tradisional, diantaranya digunakan sebagai bahan tali menali, pembungkus pangkal kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk mencegah serangan rayap, penahan getaran pada rumah adat Karo dan saringan air. Kegunaan tersebut didukung oleh sifat serat ijuk yang elastis, keras, dan tahan air.

Penelitian mengenai serat alam telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti seperti penelitian terhadap serat ijuk tunggal untuk mengetahui kekuatan

fisik dan mekanik yang dilakukan oleh Bachtiar, *et al*., (2010). Didapatkan nilai kekuatan tegangan tarik 190, 29 MPa, *Young Modulus* 3,69 GPa dan regangan 19,6 %. Diperoleh hasil bahwa serat ijuk layak untuk dijadikan sebagai penguat pada material komposit.

Irfa'i, dkk (2016) melakukan penelitian terhadap komposit resin berserat ijuk dengan variasi fraksi *volume* dan perendaman serat ijuk pada NaOH. Hasil yang didapatkan adalah serat ijuk yang direndam NaOH selama 2 jam mendapatkan kekuatan *impact* tertinggi yaitu 0,9073 J. Sedangkan fraksi *volume* serat 30% mendapatkan kekuatan *impact* tertinggi 0,9703 J.

Penelitian tentang pengaruh serat alam oleh Herwandi, dkk (2014: 1), membuat komposit dari serat rekel (serat resam dan serat kelapa) dengan resin *unsaturated polyester* memenuhi standar dari ABS *High Impact* yang digunakan pada *dashboard* mobil. Parameter yang diambil adalah nilai kekuatan uji tarik dan kekuatan uji *impact*.

Berdasarkan penelitian oleh Herwandi, dkk diperlukan inovasi terbaru serat yang digunakan yaitu hanya dengan menggunakan serat ijuk aren, dikarenakan penggunaan serat ijuk aren yang masih tradisional, melimpahnya serat ijuk aren dan harga yang terjangkau. Keunggulan serat ijuk aren dibandingkan dengan serat gelas yang digunakan dalam pembuatan *dashboard* pada mobil adalah komposit serat ijuk harganya terjangkau, mudah didapatkan, ramah lingkungan dan baik bagi kesehatan. Serat ijuk dapat terdegradasi secara alami, harganya pun lebih murah dan mudah didapatkan sedangkan serat gelas sukar terdegradasi secara alami, serat gelas juga menghasilkan gas CO dan debu

yang berbahaya bagi kesehatan jika didaur ulang, sehingga perlu adanya alternatif pengganti serat gelas tersebut.

Penelitian ini bertujuan membuat komposit dengan menggunakan serat ijuk yang dihasilkan dari pohon Aren (*Arenga Pinnata*) sebagai penguat sedangkan sebagai matriknya menggunakan resin epoksi. Diharapkan komposit yang dibuat dapat digunakan sebagai material untuk pembuatan *dashboard* mobil pada umumnya. Pengujian pada komposit yang dibuat dengan pengujian tarik dam pengujian *bending* untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan kekuatan *bending*nya, komposit tersebut menggunakan variasi fraksi *volume* resin epoksi dan orientasi sudut yang berbeda.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas beberapa identifikasi masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Kekurangan dari serat sintetis dapat dilihat dari harganya yang mahal, tidak mudah didapatkan dan tidak baik bagi kesehatan.
2. Melimpahnya serat ijuk aren di Indonesia, namun penggunaan serat ijuk aren yang masih tradisional sehingga diperlukannya pemanfaatan serat ijuk aren sebagai aplikasi *dashboard* mobil.

1.3. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang diambil sebagai berikut:

1. Serat ijuk yang digunakan dalam penelitian ini merupakan serat ijuk yang dihasilkan dari pohon aren (*Arenga Pinnata*).

2. Resin yang digunakan dalam penelitian ini merupakan resin epoksi tipe *Bisphenol A-Epichlorohydrin* dengan epoksi *hardener* tipe *Polyaminoamide.*
3. Variasi fraksi *volume* komposit pada penelitian ini adalah varian pertama 70% resin epoksi dengan 30% serat ijuk dan varian kedua 60% resin epoksi dengan 40% serat ijuk. Orientasi sudut serat ijuk yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah 0^0 dan orientasi sudut serat 90^0 (berlawanan arah dengan sumbu *Cartesius*).
4. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan spesimen pengujian pengujian tarik standar ASTM D3039 dan spesimen uji *bending* (metode *three point bending*) standar ASTM D790.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi fraksi *volume* dan orientasi sudut serat ijuk aren terhadap kekuatan tarik?
2. Bagaimana pengaruh variasi fraksi *volume* dan orientasi sudut serat ijuk aren terhadap kekuatan *bending*?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi fraksi *volume* dan orientasi serat ijuk aren terhadap kekuatan tarik.
2. Menganalisis pengaruh variasi fraksi *volume* dan orientasi serat ijuk aren terhadap kekuatan *bending*.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Sebagai rujukan untuk penelitian dibidang komposit berbasis serat ijuk aren.
2. Dapat direkomendasikan pada industri yang berbasis komposit tentang material yang digunakan memiliki keunggulan, yaitu sifat-sifat mekanik yang baik, mudah diperoleh, harganya yang murah dan ramah lingkungan.
3. Memberikan sumbangsih dalam ilmu pengetahuan dan teknologi tentang material dibidang komposit berbasis serat ijuk aren.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan komposit serat alam adalah sebagai berikut :

Penelitian oleh Norizan, *et al.,* (2017), pembuatan komposit dengan serat ijuk aren yang bermatriks *Unsaturated Polyester Resin* (UPE) dengan metode pembuatan *hand lay-up*. Melakukan beberapa pengujian diantaranya uji densitas dengan standar ASTM D570, uji tarik dengan standar ASTM D3039, uji *bending* dengan standar D790 dan uji *impact* dengan standar ASTM D256. Spesimen pengujian yang dilakukan dengan membandingkan *Unsaturated Polyester Resin* (UPE) murni (100% *polyester*) dengan 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% fraksi volume serat ijuk aren. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan tarik, modulus tarik, kekuatan *bending* dan modulus *bending* ditunjukkan pada fraksi *volume* 30%. Namun, kekuatan *impact* maksimum didapatkan pada saat fraksi *volume* 40%. Pada penelitian Norizan, *et al*., digunakan variasi fraksi *volume* 30% dan 40% untuk standar uji tarik ASTM D3039, untuk standar uji *bending* ASTM D790 dan metode yang digunakan *hand lay-up* sebagai parameter dalam penelitian.

Penelitian oleh Afandi dan Tjahjanti (2017), pembuatan komposit menggunakan resin *polyester* berpenguat serat ijuk aren dengan orientasi sudut serat 90^0 dan 90^0+0^0, variasi fraksi *volume* yang digunakan 97% resin dengan 3%

serat ijuk aren, 94% resin dengan 6% serat ijuk aren dan 91% resin dengan 9% serat ijuk aren. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit ini dapat digunakan sebagai perisai tameng depan motor namun memiliki berat yang lebih besar dari berat perisai tameng depan motor yang ada dipasaran. Pada penelitian Afandi dan Tjahjanti orientasi sudut 0^0 dan 90^0 digunakan sebagai parameter dalam penelitian.

Penelitian oleh Purkuncoro dan Sonief (2017), pembuatan komposit serat ijuk aren dengan perlakuan alkali (NaOH) pada serat ijuk dengan cara direndam selama 2 jam dan variasi fraksi volume alkali yang digunakan 0%, 2%, 5%, 10% dari fraksi *volume* air. Pengujian yang dilakukan menggunakan uji tarik. Hasil yang didapatkan bahwa perendaman serat ijuk aren dengan variasi NaOH 2% dan 5% dapat meningkatkan kekuatan tarik namun bila variasi NaOH 10% kekuatan tariknya menurun dan perendaman serat ijuk aren dengan variasi NaOH dengan 5% memberikan hasil yang terbaik. Pada penelitian Purkuncoro dan Sonief digunakan perlakuan alkali pada serat ijuk yang direndam selama 2 jam dengan variasi NaOH 5% digunakan sebagai parameter dalam penelitian.

2.2. Landasan Teori

Beberapa landasan teori terkait dengan komposit adalah sebagai berikut :

2.2.1. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang disusun sedemikian rupa sehingga diperoleh kombinasi sifat fisik dan mekanik yang lebih baik (Asfarizal 2016: 24). Material komposit memiliki

kelebihan dari segi kegunaan dan segi ekonomis, mulai dari kekuatan yang tinggi dan daya tahan terhadap bobot yang lebih ringan (Reddy, *et al.*, 2018: 5649).

2.2.2. Unsur Penyusun Komposit

Menurut Campbell (2010: 1) terdapat 2 unsur penyusun komposit, yaitu:

2.2.2.1. *Reinforcement* (Penguat)

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat). *Reinforcement* lebih keras, kuat dan kaku daripada bagian lain komposit. Salah satu dari penguat tersebut adalah serat. Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu:

1. Serat alam

   Serat alam adalah serat yang diperoleh dari alam seperti serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Serat dari alam sangat baik karena serat ini dapat terurai secara alami.

2. Serat Sintetis (serat buatan)

   Serat sintetis adalah serat yang terbuat dari bahan sintetis. Tujuan utama pembuatan serat ini untuk memenuhi kebutuhan serat yang mempunyai daya tahan terhadap temperatur yang ekstrim, dapat menyerap energi besar saat mendapat kekuatan tekanan yang tinggi dan mudah dilakukan modifikasi warna ataupun bentuk.

2.2.2.2. *Matrix* (Matrik)

Matrix (Matrik) adalah bagian komposit yang mempunyai prosentase *volume* yang lebih besar (dominan). Matrik berfungsi untuk mendistribusikan

tegangan ke serat, melindungi serat dari gesekan mekanik dan mempertahankan serat pada posisinya.

2.2.3. Jenis-Jenis Komposit

Menurut Meyrs dan Chawla (2009: 765), berdasarkan penguatnya komposit dibagi menjadi 4 jenis, yaitu:

2.2.3.1. Komposit berpenguat partikel (*particle reinforcement composite*)

Komposit berpenguat partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya. Partikel berupa logam atau non-logam.

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

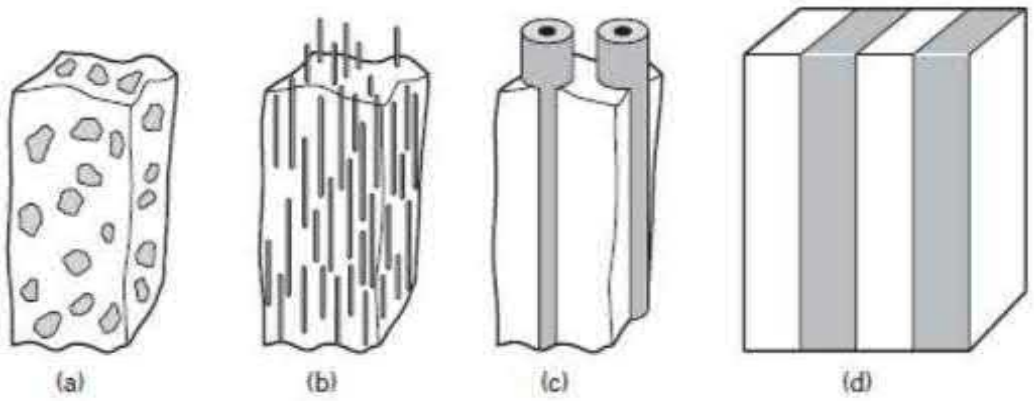
Serat pendek mempunyai orientasi acak dan tidak teratur. Fungsi utama serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga besarnya kekuatan komposit tergantung dari serat yang digunakan.

2.2.3.3. Komposit serat panjang (*continuous fiber reinforced*)

Serat yang digunakan adalah serat panjang yang tidak terputus hingga ujung lamina material komposit. Serat yang bisa digunakan adalah serat organik/alam, serat kaca, serat karbon dan serat aramid.

2.2.3.4. Komposit berlapis (*laminate composite*)

Komposit berlapis dibentuk oleh penguat berbentuk lembaran-lembaran yang tersusun secara tumpang tindih. Tiap lapisan yang tersusun mempunyai struktur tertentu yang berbeda, sehingga akan saling menguatkan antar lapisan.



Gambar 2.1. Jenis komposit berdasarkan penguatnya, (a) Komposit berpenguat pertikel, (b) Komposit serat pendek, (c) Komposit serat panjang, (d) Komposit berlapis (Meyrs dan Chawla, 2009: 766)

Menurut Meyrs dan Chawla (2009: 765) berdasarkan matriknya komposit dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Komposit matrik polimer/ *polymer matrix composite* (pmc*)*

2. Komposit matrik logam/ *metal matrix composite* (mmc)

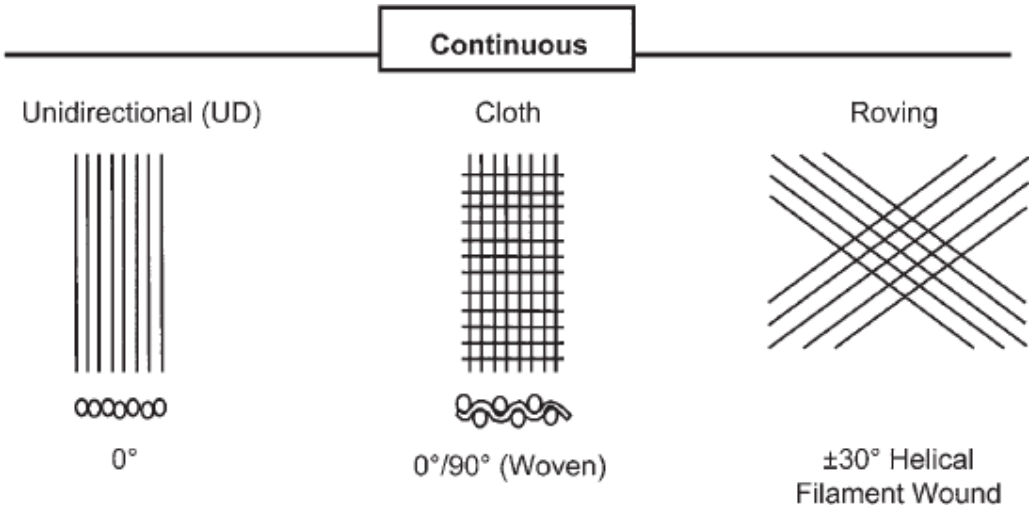
3. Komposit matrik keramik/ *ceramic matrix composite* (cmc)

2.2.4. Susunan Serat Komposit

Susunan serat (penguat) komposit dapat dibedakan menjadi 2 (Campbell, 2010: 1), yaitu:

2.2.4.1. Serat panjang/tidak terputus (*continuous fiber*)

Continuous fiber sering dibuat menjadi *laminate* (komposit berlapis) dengan cara menumpukkan beberapa lapisan serat kontinyu yang berbeda orientasi. Ada beberapa arah orientasi pada penyusunan *fiber continuous*, yaitu:



Gambar 2.2. Serat panjang/tidak terputus (*continuous fiber*) (Campbell, 2010: 2)

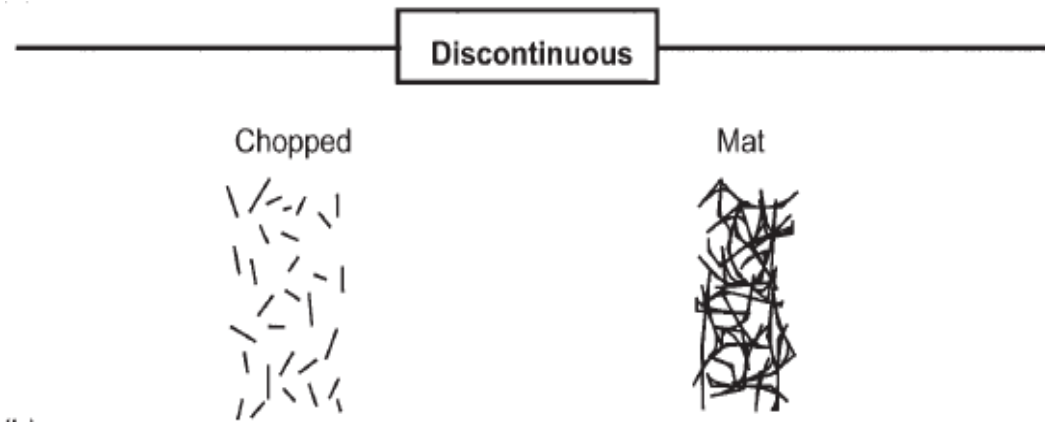
1. *Undirectional*, hanya terdiri dari 1 arah serat saja (0°, +45° atau -45°, 90°). Kekuatan terbesar adalah pada arah seratnya.

2. *Cloth* (*woven*), arah seratnya tersusun secara tegak lurus (0° dan 90°).

3. *Roving*, arah serat tersusun secara silang (±30°).

2.2.4.2. Serat pendek (*discontinuous fiber*)

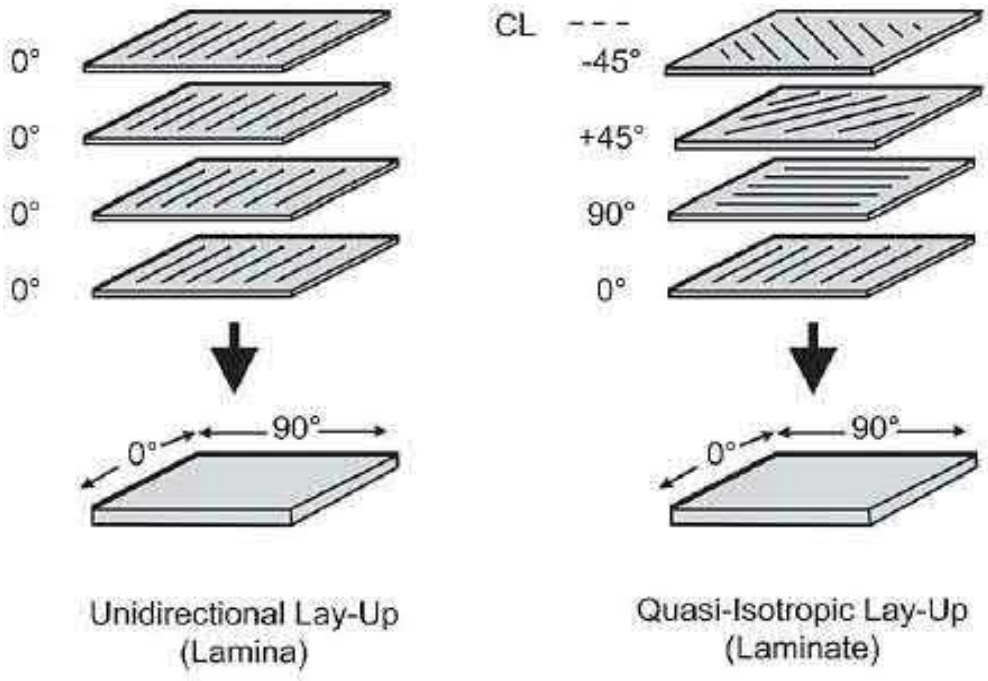
Komposit ini terdiri dari serat-serat pendek yang tersusun secara acak. Terdapat 2 macam jenis serat pendek, yaitu:



Gambar 2.3. Serat pendek (*discontinuous fiber*) (Campbell, 2010: 2)

1. *Chopped*, serat lurus yang mempunyai panjang dan diameter serupa. Penyusunan menjadi lamina dilakukan secara acak tanpa memperhatikan sudut orientasi.
2. *Mat*, serat yang digunakan mempunyai ukuran yang tidak seragam. Dalam melakukan penyusunan pada material komposit juga tidak memperhatikan arah orientasi.

Dalam menyusun komposit berlapis, terdapat 2 cara yang bisa dilakukan berdasarkan arah serat lapisan (Campbell, 2010: 7), yaitu:



Gambar 2.4. *Lamina* dan *laminate* (Campbell, 2010: 7)

1. *Lamina* (*undirectional laminate*), adalah komposit dengan lapisan yang terususun pada arah orientasi serat yang sama.
2. *Laminate* (*quasi-isotropic*), merupakan komposit dengan susunan lapisan yang mempunyai arah orientasi sudut berebeda.

2.2.5. Karakteristik Material Komposit

Material komposit memiliki beberapa karakteristik, yaitu:

2.2.5.1. Kekuatan Tarik (*Stress*)

Kekuatan tarik adalah tegangan yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan patah. Kekuatan tarik komposit dapat dirumuskan dengan persamaan (Meyers dan Chawla, 2009: 780):

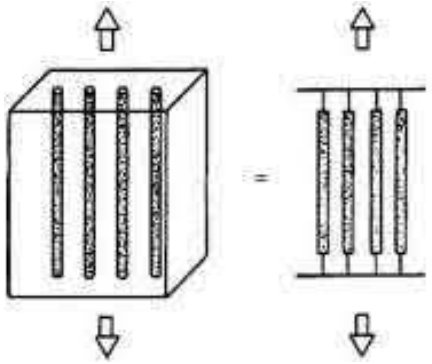
.....2.1

2.2.5.2. Modulus Elastisitas (*Young Modulus*)

Modulus elastisitas adalah ketahan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda. Terdapat 2 aturan untuk menentukan nilai modulus elastisitas (Meyers dan Chawla, 2009:775), yaitu:

1. *Longitudinal response (action in parallel),* pembebanan ditekankan pada arah serat. Persamaan modulus elastisitas dinyatakan dengan:

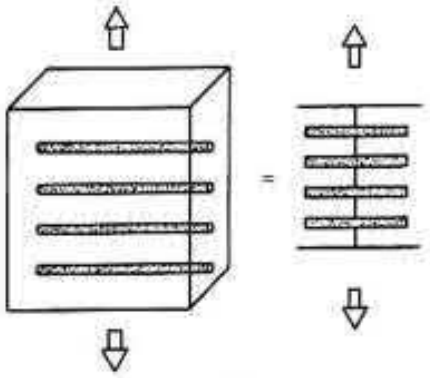
.....2.2



Gambar 2.5. *Longitudinal response* (Meyrs dan Chawla, 2009: 775)

2. *Transverse response (action in series),* pembebanan yang dilakukan berpusat pada ikatan antara penguat dengan pengikat. Persamaan modulus dinyatakan dengan:

— — —.....2.3



Gambar 2.6. *Transverse response* (Meyrs dan Chawla, 2009: 776)

2.2.5.3. Densitas (massa jenis)

Densitas (massa jenis) adalah pengukuran massa setiap satuan *volume* benda. Semakin tinggi massa jenis maka semakin besar pula massa setiap *volume*nya. Massa jenis komposit dirumuskan (Meyers dan Chawla, 2009: 775):

.....2.4

2.2.5.4. Kekerasan

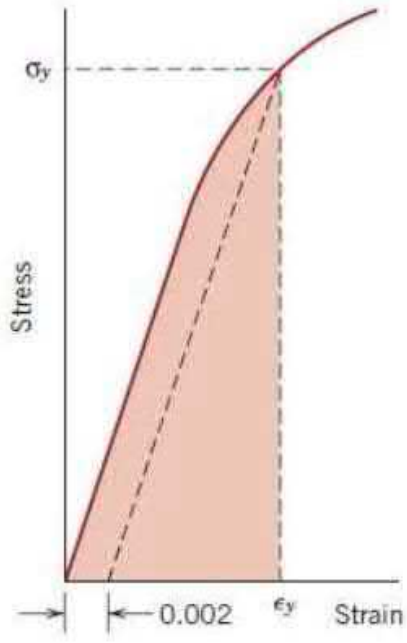
Kekerasan komposit tergantung pada beberapa faktor (Meyers dan Chawla, 2009: 785), yaitu komposisi dan mikrostruktur dari matrik, tipe, ukuran, orientasi penguat dan proses pembuatan, yang mana berdampak pada mikrostruktur komposit.

2.2.5.6. Kekakuan (*Resilience*)

Kekakuan adalah kemampuan material dalam menyerap atau menanggung energi yang diterima ketika terjadi deformasi elastis, kemudian tekanan atau beban ditiadakan untuk mengembalikan energi semula (Callister, 2007: 149). Kekakuan dalam bidang material disebut dengan *modulus of*

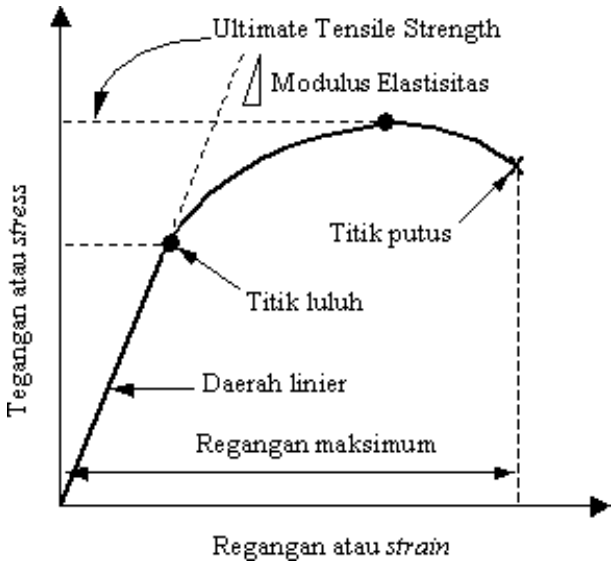
resilience atau modulus kekakuan. Kekakuan dapat ditentukan dengan cara menarik garis vertikal (searah garis tegangan) dari titik 0,0 sebesar 0,002% pada sumbu regangan.

Modulus kekakuan dapat ditentukan pada grafik tegangan-regangan pada gambar berikut:



Gambar 2.7. Modulus kekakuan pada grafik tegangan-regangan (Callister, 2007)

1. Daerah Elastis adalah daerah dimana material yang dikenakan gaya masih dapat kembali ke bentuk semula atau ukuran semula.
2. Daerah Plastis adalah daerah yang sudah tidak dapat memungkinkan material untuk kembali ke bentuk atau ukuran semula setelah dikenai gaya walaupun gaya ditiadakan karena material sudah melewati daerah plastis.
3. Titik Patah (*Fracture*) merupakan titik dimana material sudah tidak mampu menanggung atau menyerap energi karena material sudah patah.



Gambar 2.8. Grafik tegangan-regangan

2.2.6. Fraksi *volume* dan massa

Material komposit terdiri dari 2 atau lebih campuran zat yang berbeda, maka harus diketahui prosentase *volume* atau massa dari masing-masing zat. Tujuannya adalah untuk mempermudah dalam melakukan pembagian prosentase *volume* atau massa dalam campuran zat dan mendapatkan nilai campuran serat dengan penguat yang memberikan hasil paling baik.

Fraksi *volume* dan massa dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

Volume komposit dapat dihitung dengan:

.....2.5

— — —.....2.6

Massa komposit dapat dihitung dengan:

.....2.7

Fraksi *volume* komposit dihitung dengan:

$V_f + V_m = V_c$ 2.8

Fraksi *volume* serat dihitung dengan:

$$V_f = \frac{\quad}{\quad} \qquad \text{2.9}$$

Fraksi berat serat dihitung dengan:

$$W_f = \frac{\quad}{\quad} \qquad \text{2.10}$$

2.2.7. Serat Ijuk Aren

Samlawi, dkk (2017: 1), komposit yang dibuat menggunakan serat ijuk aren sebagai serat (*fibre*). Serat ijuk yang dihasilkan oleh pohon aren (*Arenga Pinnata*) yang dipanen setelah pohon tersebut berumur 5 tahun dan secara tradisional sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk mencegah serangan rayap. Kegunaan tersebut didukung oleh sifat ijuk yang keras, elastis dan tahan air. Serat ijuk aren memiliki kadar air, kerapatan zat, dan gramatur jaringan yang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat ijuk aren berbeda dengan serat kayu, karena serat ijuk tidak memiliki dinding dan lumen set tetapi merupakan suatu zat yang utuh (*solid*).

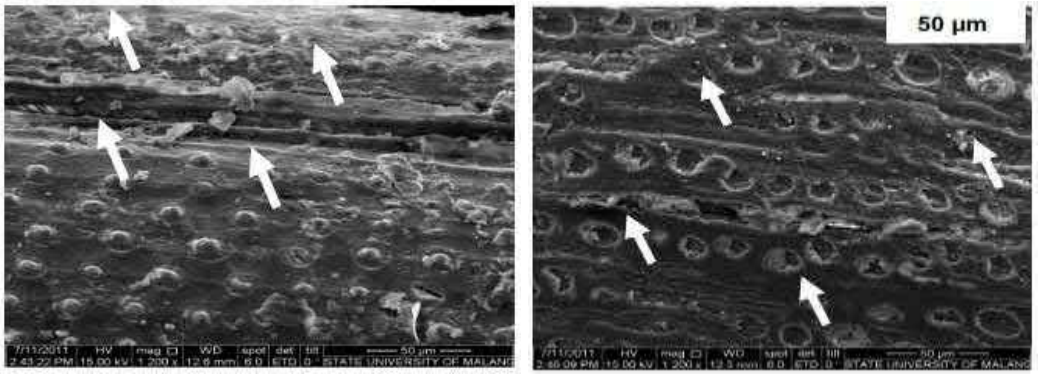
Menurut Bachtiar, *et al.,* (2010: 5), serat ijuk aren memiliki sifat-sifat mekanik yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sifat-sifat mekanik serat ijuk aren

Nama Serat	Densitas (gr/cm^3)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Tarik (GPa)	Regangan (%)
Ijuk Aren	1,29	190,29 (46,77)	3,69 (0,54)	19,6 (6,7)

Purkuncoro dan Sonief (2017: 3), *treatment* serat ijuk menggunakan larutan NaOH memberikan dampak positif untuk serat ijuk aren. Dapat dilihat pada Gambar 2.9 dimana *treatment* serat ijuk aren mengunakan larutan NaOH

dengan cara direndam selama 2 jam menyebabkan zat asing dan lignin yang menempel pada serat berkurang dan dilakukan pembilasan dengan air, sehingga serat ijuk aren lebih mudah untuk terikat terhadap matrik karena zat asing dan lignin menyebabkan serat ijuk aren sulit terikat pada matrik.



(a) (b)

Gambar 2.9. Penampang permukaan serat ijuk aren menggunakan SEM, (a) Tanpa *treatment* NaOH, (b) Dengan *treatment* NaOH selama 2 jam

2.2.8. Resin Epoksi

Hartomo dalam Salam, S (2007: 3), komposit yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan resin epoksi sebagai matriksnya. Resin epoksi memiliki kelebihan daya tahan kimia dan stabilitas dimensi yang baik, sifat-sifat listrik yang baik, kuat dan daya lekat pada gelas dan logam yang baik, bahan ini dapat digunakan untuk membuat panel sirkuit cetak, tangki dan cetakan, resin ini juga memiliki ketahanan aus dan ketahanan kejut yang lebih baik dibandingkan dengan resin yang lain, selain itu resin epoksi juga mempunyai modulus yang tinggi, ketahanan *thermal* dan *chemical resistant* yang baik.

Surdia dan Saito dalam Rusmiyatno (2007: 24), spesifikasi dari resin epoksi yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Spesifikasi resin epoksi

Sifat-sifat	Nilai	Satuan
Massa Jenis	1,17	gr/cm^3
Kekuatan Tarik	5,95	Kgf/mm^2
Kekuatan Tekan	14	Kgf/mm^2
Kekuatan Lentur	12	Kgf/mm^2

2.2.9. *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)

Mujiarto (2005), plastik ABS merupakan salah satu jenis *thermoplastic* yang terbentuk dari 3 monomer yaitu *Acrylonitrile, Butadiene* dan *Styrene*. ABS memiliki sifat stabil ketika terkena panas, tahan terhadap bahan kimia, tahan pukul, liat, kaku, tahan korosi dan mudah dibuat berbagai bentuk. Selain itu material plastik ABS dapat dicetak dengan berbagai proses yaitu cetak injeksi, cetak tiup, cetak kompresi, ekstrusi, *roto moulding* dan *thermoforming*. ABS banyak digunakan di industri otomotif, komputer dan peralatan industri lainnya.

Plastik ABS *High Impact* yang digunakan *dashboard* mobil pada umumnya memiliki sifat-sifat mekanik yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 (SpecialChem):

Tabel 2.3. Sifat-sifat mekanik ABS *High Impact*

Nama	Kekuatan *Impact* metode *Izod* (J/m)	Modulus Elastisitas *Bending* (GPa)	Tegangan Tarik (MPa)
(Acrylonitrile Butadiene Styrene) ABS *High Impact*	215	2,4	48

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari suatu material, maka harus dilakukan pengujian terhadap material tersebut. Pengujian yang dilakukan yaitu:

2.2.10. Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah pengujian material terhadap gaya tarik. Tujuannya untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum material dalam menerima gaya tarik. Standar uji tarik yang digunakan ASTM D3039.

Kekuatan tegangan tarik maksimal dihitung dengan persamaan (ASTM D3039:9):

$\zeta_t =$ / 2.11

Tegangan tarik pada titik "i" dihitung dengan persamaan (ASTM D3039: 9):

$\zeta_i =$ / 2.12

Regangan tarik pada titik "i" dihitung dengan persamaan (ASTM D3039: 9):

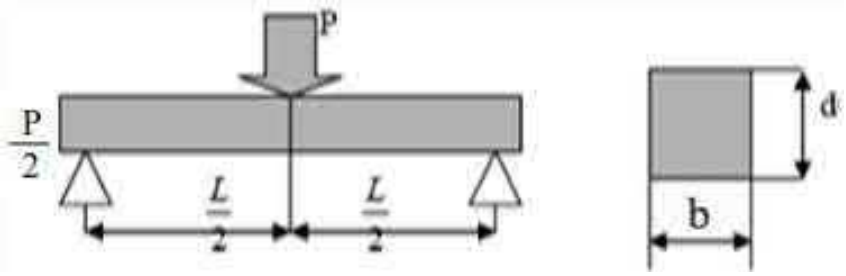
$\varepsilon_i =$ / 2.13

Modulus elastisitas tarik dihitung dengan persamaan (ASTM D3039: 9):

$E =$ / 2.14

2.2.11. Pengujian *Bending*

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik dibandingkan tarik, pada perlakuan uji *bending*, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses tarik, sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji *bending* yaitu mengalami patah pada bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Dimensi spesimen dapat dilihat pada gambar 2.10, berikut:



Gambar 2.10. Uji *bending* metode "*three point bending*". (Oroh, et al, 2013: 4)

Metode *three point bending* menggunakan 1 titik penekan dan 2 titik tumpuan. Penekan berada ditengah antara 2 tumpuan. Tumpuan berada diujung material komposit. Standar yang digunakan pengujian *bending* adalah ASTM D790 untuk material plastik berpenguat/tanpa penguat dan material isolasi listrik.

Momen yang terjadi pada komposit dapat dihitung dengan persamaan:

M = / / 2.15

Menentukan kekuatan *bending* dengan persamaan:

$_b$ = / 2.16

= / _

= / _

= / _

= / 2.17

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas *bending* menggunakan persamaan berikut:

E_b = /

= /
/

= /

= /

= / 2.18

Terdapat 2 cara menghitung nilai kekuatan tegangan maksimal *bending*. Pada persamaan 2.19 digunakan jika perbandingan L/d ≤ 16 dan pada persamaan 2.20 digunakan jika perbandingan L/d > 16.

Persamaan 2.19 (ASTM D790: 4):

ζ_b = /..... 2.19

Persamaan 2.20 (ASTM D790: 4):

ζ_b = /[( ) ( )( )].....2.20

Untuk menghitung regangan *bending* maka digunakan persamaan:

/ 2.21

Nilai modulus elastisitas *bending* dihitung dengan persamaan (ASTM D790: 6):

E_b = /..... 2.22

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi fraksi volume dan orientasi sudut serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit serat ijuk epoksi dimana: a) kekuatan tarik fraksi volume 60% orientasi sudut 0^0 (56,99 MPa) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume 70% orientasi sudut 0^0 (30,83 MPa) dan 100% epoksi murni (24,64 MPa); b) kekuatan tarik 100% epoksi murni (24,64 MPa) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume 60% orientasi sudut 90^0 (13,53 MPa) dan fraksi volume 70% orientasi sudut 90^0 (10,63 MPa).
2. Variasi fraksi volume dan orientasi sudut serat berpengaruh terhadap kekuatan *bending* komposit serat ijuk epoksi dimana: a) kekuatan *bending* fraksi volume 60% orientasi sudut 0^0 (85,00 MPa) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume 70% orientasi sudut 0^0 (70,56 MPa) dan 100% epoksi murni (53,58 MPa); b) kekuatan *bending* 100% epoksi murni (53,58 MPa) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume 60% orientasi sudut 90^0 (23,25 MPa) dan fraksi volume 70% orientasi sudut 90^0 (18,83 MPa).

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian dan menyimpulkan hasil penelitian maka disarankan :

1. Diharapkan penelitian kedepannya melakukan pengembangan pada variasi serat, variasi fraksi *volume* dan varisi orientasi sudut serat.
2. Menggunakan metode pembuatan komposit lain dan menambahkan pengujian mekanik lain.

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, F.D. dan P.H. Tjahjanti. 2017. Pembuatan Tameng Perisai Depan Motor dari Bahan Komposit dengan Penguat Serat Ijuk. *Senaspro* 2: 225-234.

Asfarizal. 2016. Karakteristik Komposit Berbasis Serat Kelapa dan Komposit Berbasis Serat Aren. *Jurnal Teknik Mesin 6* (1): 24-31.

ASTM D3039. 2002. *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composites Material.* West Conshohocken, United States: ASTM Internasional.

ASTM D790. 2003. *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.* West Conshohocken, United States: ASTM Internasional.

Bachtiar, D., S.M. Sapuan, E.S. Zainudin, A. Khalina dan K.Z.M. Dahlan. 2010. The Tensile Properties of Single Sugar Palm Fibre. *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering* 11: 1-6.

Callister, W.D. 2007. *Material Science and Engineering.* 7th ed. New York: John Willey & Sons, Inc.

Campbell, F.C. 2010. *Structural Composite Materials.* Ohio: ASM Internasional.

Chennady, W. dan Nursyamsi. 2018. Pengaruh Penambahan Ijuk dan Serat Kawat terhadap Sikap Mekanik Beton. *JTS USU* 7 (1): 1-8.

Herwandi, Sugianto, Somawardi dan M. Subhan. 2014. Pengaruh *Volume* Serat Rekel terhadap Kekuatan Tarik dan *Impact* Komposit sebagai Bahan Pembuatan Dashboard Mobil. *Prosiding Semnastek*: 1-6.

Irfa'i, M. A., D. Wulandari, Sutriyono dan E. Marsyahyo. 2016. Pengaruh Fraksi *Volume* Serat dan Lama Waktu Perendaman NaOH. *Rotasi* 18 (1): 1-7.

Meyers M. dan K. Chawla. 2009. *Mechanical Behavior of Materials 2nd edition.* http://www.cambridge.com/9780521866750. Diakses pada 20 Desember 2018 (11:52 WIB).

Mujiarto, I. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Traksi 3 (2): 65.

Norizan, M.N., K. Abdan, M.S. Salit dan R. Mohamed. 2017. Physical, Mechanical and Thermal Properties of Sugar Palm Yarn Fibre Loading on Reinforced Unsaturated Polyester Composites. *Journal of Physical Science* 28 (3): 115-136.

Purkuncoro, A.E., dan A.A. Sonief. 2017. Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Serat Ijuk *(Arenga Pinnata)* terhadap Kekuatan Tarik. *JTM ITN Malang*: 1-5.

Reddy, I.M., U.R.P. Varma, I. A. Kumar, V. Manikant, P.V.K. Raju. 2018. Comparative Evaluation on Mechanical Properties of Jute, Pineapple Leaf Fiber and Glass Fiber Reinforced Composites with Polyester and Epoxy Resin Matrices. *Materials Today: Proceedings* 5 (2): 5649-5654.

Rusmiyanto, F. 2007. Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan *Bending* Komposit *Nylon/Epoxy* Resin Serat Pendek *Random*. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Salam, S. 2007. Studi Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Matriks Resin *Epoxy* yang diperkuat dengan Serbuk Titania (TiO_2). *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Samlawi, A.K., Y.F. Arifin. dan P.Y. Permana. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Material Komposit Serat Ijuk *(Arenga Pinnata)* sebagai Bahan Baku Cover Body Sepeda Motor.

Septiyanto, R.F. dan A.H.D. Abdullah. 2016. Perbandingan Komposit Serat Alam dan Serat Sintetis melalui Uji Tarik dengan Bahan Serat Jute dan *E-Glass*. *Gravity* 2 (1): 1-11.

SpecialChem. *Properties of ABS*. https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs-plastic. Diakses pada 16 Mei 2018 (9:37 WIB)