



**ANALISA PENGARUH ORIENTASI SUDUT SERAT
PADA KOMPOSIT SERAT IJUK - *POLYESTER*
TERHADAP KEKUATAN DAN MODULUS
ELASTISITAS *BENDING* DAN TARIK**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin

Oleh

Wisnu Roby

NIM.5212414033

**TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Wisnu Roby
NIM : 5212414033
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisa Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pada Komposit
Serat Ijuk - *Polyester* Terhadap Kekuatan dan Modulus
Elastisitas *Bending* dan Tarik

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

LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN

Skripsi/TA dengan judul “Analisa Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pada Komposit Serat Ijuk - Polyester Terhadap Kekuatan dan Modulus Elastisitas *Bending* dan Tarik” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik UNNES pada tanggalbulan tahun 2018

Oleh

Nama : Wisnu Roby
NIM : 5212414033
Program Studi : Teknik Mesin

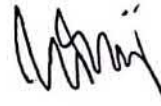
Panitia:

Ketua



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

Sekretaris



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

Penguji 1



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

Penguji 2



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

Pembimbing



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

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

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,



Wisnu Roby
NIM. 5212414033

SARI ATAU RINGKASAN

Wisnu Roby, 2018, Analisa Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pada Komposit Serat Ijuk - *Polyester* Terhadap Kekuatan dan Modulus Elastisitas *Bending* dan Tarik, Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP., Teknik Mesin

Penggunaan serat alami menjadi solusi untuk mengatasi masalah akibat dampak negatif yang timbul pada penggunaan serat sintetis pada komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi sudut serat komposit ijuk-*polyester* terhadap kekuatan dan modulus elastisitas *bending* dan tarik.

Metode yang digunakan pada penelitian adalah eksperimen. Material utama yaitu serat ijuk dan *polyester Yukalac* BQTN-EX 157. Variasi orientasi sudut serat yang digunakan adalah $0^\circ + 45^\circ$, $0^\circ + 90^\circ$, $45^\circ + 90^\circ$, dan $45^\circ + (-45^\circ)$. Prosentase *volume* ijuk : *polyester* adalah 30% : 70%. Pembuatan komposit dilakukan secara cetak tekan. Standar uji *bending* dan tarik menggunakan ASTM D-790 03 dan ASTM D-3039.

Didapatkan nilai kekuatan *bending* dan modulus elastisitas *bending* tertinggi pada variasi $45^\circ+90^\circ$ sebesar 24,032 MPa dan 4,017 GPa. Nilai ini lebih tinggi dari nilai kekuatan *bending* dan modulus elastisitas *bending* 100% *polyester* yaitu 22,632 MPa dan 3,979 GPa. Penggunaan orientasi serat meningkatkan nilai kekuatan *bending* dan modulus elastisitas *bending*. Nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas tarik tertinggi sebesar 23,841 MPa dan 0,975 GPa lebih rendah dari pada 100% *polyester* yaitu 28,424 MPa dan 1,024 GPa. Penggunaan orientasi serat menurunkan nilai kekuatan dan modulus elastisitas tarik.

Kata kunci: *orientasi sudut serat, kekuatan bending, modulus elastisitas bending, kekuatan tarik, dan modulus elastisitas tarik.*

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul “Analisa Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pada Komposit Serat Ijuk - *Polyester* Terhadap Kekuatan dan Modulus Elastisitas *Bending* dan Tarik”. Skripsi/TA ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumul 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, MT, 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. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP., 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. Kriswanto, S.Pd., M.T., dan Rusiyanto, S.Pd., M.T., Penguji I dan II 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 FT. UNNES 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 bagi ilmu pengetahuan, khususnya bidang material komposit.

Semarang,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
SARI ATAU RINGKASAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Komposit.....	7
2.2.2 Bagian Utama Penyusun Komposit	8
2.2.3 Jenis Serat Penguat Komposit	10
2.2.4 Jenis Lapisan Pada Komposit Berlapis	11
2.2.5 Karakteristik Material Komposit	12
2.2.6 Fraksi <i>volume</i> dan massa	15
2.2.7 <i>Polyester</i>	16
2.2.8 Serat Ijuk.....	17

2.2.9	<i>Rule of Mixture</i>	19
2.2.10	Uji Mekanis	20
2.2.11	Lambung Kapal (<i>Hull</i>).....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Waktu dan Tempat	24
3.2	Alur Penelitian	24
3.2.1	Diagram Alir	24
3.2.2	Proses Penelitian	26
3.3	Alat dan Bahan.....	33
3.3.1	Alat	33
3.3.2	Bahan	37
3.4	Parameter Penelitian	39
3.4.1	Parameter Bebas	39
3.4.2	Parameter Terikat.....	39
3.4.3	Parameter Kontrol.....	39
3.5	Teknik Pengumpulan Data.....	41
3.5.1	Dokumentasi	41
3.5.2	Uji Laboratorium	41
3.6	Kalibrasi Instrumen.....	42
3.6.1	Kalibrasi Timbangan Digital	42
3.6.2	Kalibrasi Mesin Uji <i>Bending</i> dan Tarik.....	42
3.7	Teknik Analisis Data.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Deskripsi Data.....	44
4.1.1	Hasil Uji <i>Bending</i>	44
4.1.2	Hasil Uji Tarik	45
4.2	Analisis Data.....	45
4.2.1	Analisis Hasil Uji <i>Bending</i>	45
4.2.2	Analisis Hasil Uji Tarik	50
4.3	Pembahasan.....	56

4.3.1	Pengaruh Orientasi Sudut Serat Terhadap Kekuatan <i>Bending</i> dan Modulus Elastisitas <i>Bending</i>	56
4.3.2	Pengaruh Orientasi Sudut Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Tarik	57
4.3.3	Perbandingan Hasil Penelitian Terhadap Peraturan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) Untuk Material Pembuatan Lambung Kapal	58
BAB V PENUTUP.....		62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		63

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

Singkatan	Keterangan	Halaman
ASTM	<i>american standar testing and material</i>	4
frp	<i>fibre reinforced plastic</i>	3
UTM	<i>universal testing machine</i>	32
Lambang	Keterangan	Halaman
A	luas	22
b	lebar spesimen	21
c	komposit	12
c	jarak dari sumbu netral ke tegangan serat	21
d	tebal spesimen	21
E_b	modulus elastisitas <i>bending</i>	21
E_c	modulus elastisitas komposit	13
E_m	modulus elastisitas serat	13
E_r	modulus elastisitas matrik	13
E_t	modulus elastisitas tarik	22
F^i	gaya tarik pada titik “i”	22
F^{\max}	gaya tarik maksimum	22
I	inersia	21
L	jarak antara 2 support <i>span</i>	22
L_g	jarak antara 2 cekam	22
m	<i>slope initial tangent</i>	22
m_c	massa komposit	16

m_m	massa matrik	16
m_r	massa serat	16
M	momen	21
P	gaya tekan/tarik maksimum	21
v_c	<i>volume</i> komposit	16
v_m	<i>volume</i> matrik	16
v_r	<i>volume</i> serat	16
V_c	fraksi <i>volume</i> komposit	16
V_m	fraksi <i>volume</i> matrik	12
V_r	fraksi <i>volume</i> serat	12
W_r	berat serat	16
σ_b	kekuatan <i>bending</i>	21
σ_c	kekuatan tarik komposit	12
σ_r	kekuatan tarik serat	12
σ_i	kekuatan bending psds titik “i”	22
σ_t	kekuatan tarik	22
σ_m	kekuatan tarik matrik	12
σ_1	kekuatan bending pada titik “1”	53
σ_2	kekuatan bending pada titik “2”	53
ρ_c	massa jenis komposit	16
ρ_r	massa jenis serat	16
ρ_m	massa jenis matrik	16
ϵ_i	regangan pada titik “i”	22

ϵ_1	regangan pada titik "1"	53
ϵ_2	regangan pada titik "2"	53
δ_1	perpanjangan pada titik "1"	22
$\Delta\sigma$	perbedaan nilai antara 2 titik tegangan	22
$\Delta\epsilon$	nilai antara 2 titik pertambahan panjang	22
ΔP	perbedaan 2 titik gaya tekan	48
ΔL	perbedaan 2 titik <i>displacement</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat mekanis serat ijuk	6
Tabel 2.2 Sifat Mekanis <i>Polyester</i>	16
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Polyester</i> Yukalac BQTN-EX 157	17
Tabel 2.4 Sifat mekanis dan fisik serat ijuk	18
Tabel 2.5 Komposisi kimia serat ijuk	18
Tabel 3.1 Kebutuhan material untuk spesimen uji <i>bending</i>	27
Tabel 3.2 Kebutuhan material untuk spesimen uji tarik	27
Tabel 3.3. Kebutuhan spesimen uji <i>bending</i> dan tarik	31
Tabel 3.4. Tabel pengambilan data uji <i>bending</i>	40
Tabel 3.5. Tabel pengambilan data uji tarik.....	40
Tabel 4.1 Data hasil uji <i>bending</i>	44
Tabel 4.2 Data hasil uji tarik	45
Tabel 4.3 Nilai kekuatan <i>bending</i>	46
Tabel 4.4 Nilai modulus elastisitas <i>bending</i>	49
Tabel 4.5 Nilai kekuatan tarik.....	51
Tabel 4.6 Nilai modulus elastisitas tarik	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe penguat komposit	9
Gambar 2.2 Serat panjang/tidak terputus (<i>continuous fiber</i>)	10
Gambar 2.3 Serat pendek (<i>discontinuous fiber</i>).....	11
Gambar 2.4 <i>Lamina</i> dan <i>laminata</i>	12
Gambar 2.5 Respons longitudinal	13
Gambar 2.6 Respons transversal	13
Gambar 2.7 Modulus kekakuan pada grafik tegangan-regangan	14
Gambar 2. 8 Grafik tegangan-regangan	15
Gambar 2.9 Penampang permukaan serat ijuk menggunakan SEM.....	19
Gambar 2.10 Grafik fraksi <i>volume</i> terhadap modulus komposit	20
Gambar 2.11 Diagram uji <i>bending</i> “ <i>three point bending</i> ”	21
Gambar 2.12 Kapal ikan 3 GT tipe VL.....	23
Gambar 3.1 Diagram alir proses penelitian.....	25
Gambar 3.2 Orientasi sudut serat	28
Gambar 3.3 Variasi orientasi sudut serat ijuk	28
Gambar 3.4. Spesimen uji <i>bending</i>	30
Gambar 3.5. Spesimen uji tarik.....	30
Gambar 3.6 Diagram uji <i>bending</i> terhadap variasi orientasi sudut.....	32
Gambar 3.7 Diagram uji tarik terhadap variasi orientasi sudut	33
Gambar 3.8 Cetakan komposit.....	34
Gambar 3.9 Timbangan digital	34
Gambar 3.10 Jangka sorong	35
Gambar 3.11. Gelas ukur	35
Gambar 3.12 Gerinda tangan	36
Gambar 3.13 Alat <i>press</i>	36
Gambar 3.14. Alat uji <i>Universal Testing Machine</i>	37
Gambar 3.15. Ijuk	38
Gambar 3.16. <i>Polyester</i> (kiri) dan <i>hardener</i> (kanan).....	38
Gambar 3.17. NaOH	39
Gambar 4.1 Grafik kekuatan <i>bending</i> terhadap variasi.....	47

Gambar 4.2 Grafik modulus elastisitas <i>bending</i> terhadap varian.....	49
Gambar 4.3 Grafik kekuatan tarik terhadap varian.....	51
Gambar 4.4 Grafik modulus elastisitas tarik terhadap varian	54
Gambar 4.5 Grafik kekuatan tarik dan modulus elastisitas tarik terhadap varian	55
Gambar 4.6 Hubungan sudut serat terhadap bidang penampang tekan	56
Gambar 4.7 Grafik kekuatan <i>bending</i> varian dan BKI	59
Gambar 4.8 Grafik modulus elastisitas <i>bending</i> varian dan BKI.....	59
Gambar 4.9 Grafik kekuatan tarik varian dan BKI.....	60
Gambar 4.10 Grafik modulus elastisitas tarik varian dan BKI.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan kebutuhna material spesimen uji <i>bending</i>	65
Lampiran 2. Perhitungan kebutuhna material spesimen uji tarik.....	66
Lampiran 3. Spesimen Uji <i>Bending</i>	67
Lampiran 4. Spesimen Uji Tarik.....	67
Lampiran 5. Spesimen Hasil Uji <i>Bending</i>	68
Lampiran 6. Spesimen Hasil Uji Tarik	68
Lampiran 7. Data Hasil Uji <i>Bending</i>	69
Lampiran 8. Data Hasil Uji Tarik	82
Lampiran 9. Tabel Perhitungan Nilai Kekuatan <i>Bending</i> (σ_b).....	95
Lampiran 10. Tabel Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas <i>Bending</i> (E_b).....	96
Lampiran 12. Tabel Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas Tarik (E_t)	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit dapat diartikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang mempunyai perbedaan pada bentuk, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya (Siregar, *et al.*, 2016: 261). Secara umum komposit tersusun dari *reinforcement* sebagai penguat dan matrik sebagai pengikat. Muhajir, *et al.*, (2016: 1) menyatakan bahwa, “penggunaan serat sintetis sebagai penguat komposit memiliki dampak negatif pada lingkungan karena limbahnya tidak dapat terurai secara alami”. Muhajir, *et al.*, (2016: 2), penggunaan komposit polimer di Indonesia masih banyak menggunakan bahan-bahan sumber daya alam *non-renewable* (tidak dapat diperbarui) yang berasal dari galian bumi seperti kaca, karbon, dan aramid. Oleh karena itu penggunaan serat alami (*natural fiber*) menjadi solusi untuk mengatasi masalah ini. Komposit serat alam memiliki keunggulan lain bila dibandingkan dengan serat gelas karena jumlahnya lebih banyak, ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami, dan harganya lebih murah dibandingkan serat gelas (Munandar, *et al.*, 2013: 52). Salah satu serat alam adalah serat ijuk.

Serat ijuk adalah serat berwarna hitam yang berasal dari pohon aren (*arengga pinnata*) (Norizan, *et al.*, 2017: 116). Serat ijuk memiliki kelebihan seperti tahan air laut dan asam, memperlambat pelapukan kayu dan mencegah serangan rayap tanah (Munandar. 2013: 9). Kelemahan dari serat ijuk adalah

ukuran yang tidak seragam. Semakin kecil diameter serat maka akan semakin baik kekuatan tariknya, tetapi jika semakin besar diameter maka akan semakin kecil kekuatan tariknya karena pengaruh rongga pada serat ijuk (Munandar, *et al.*, 2013: 58). Pemanfaatan serat ijuk masih dalam ranah kebutuhan rumah tangga dan bahan bangunan seperti sapu, keset, tali dan atap rumah.

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 hasil nilai kekuatan tegangan tarik 190,29 MPa, *Young's modulus* 3,69 GPa, dan regangan 19,6%. Diperoleh hasil bahwa serat ijuk layak untuk dijadikan sebagai penguat pada material komposit.

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

Penelitian tentang pengaruh orientasi sudut dilakukan oleh Masruri, *et al.*, (2011). Serat yang digunakan adalah *cantula* dengan pengujian *bending* dan tarik paku pada komposit semen serbuk aren-*cantula*. Dapat disimpulkan bahwa semakin meningkatnya orientasi sudut maka kekuatan *bending* juga meningkat.

Penggunaan serat kaca sebagai material pembuatan lambug kapal banyak diterapkan pada kapal kecil. Serat kaca mempunyai nilai mekanis yang baik dan mudah dalam proses *lay-up*. Tetapi karena ada kekurangan pada serat kaca, maka

perlu penggunaan serat lain yang dapat menutupi kekurangan pada serat kaca tanpa mengurangi kekuatan dari lambung kapal. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi masalah yang timbul dalam lambung kapal komposit serat kaca.

Resin *polyester* digunakan sebagai matrik karena mempunyai kelebihan yang mendukung pada pengaplikasiannya terhadap lambung kapal. Kelebihan dari *polyester* tersebut adalah tahan terhadap kelembaban, sinar U. V. bila dibiarkan diluar, dan kemampuan terhadap cuaca sangat baik (Surdia dan Saito, 1999: 258).

Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan data nilai kekuatan mekanis komposit berpenguat serat ijuk dengan resin *polyester* dengan variasi orientasi sudut serat pada komposit. Serat ijuk diharapkan dapat menjadi alternatif pada penguat material komposit karena melimpahnya bahan serat ijuk dan serat ijuk juga ramah lingkungan dan komposit ini nantinya juga diharapkan dapat digunakan sebagai material untuk pembuatan lambung kapal (*hull*) menggantikan *fiber reinforced plastic (frp)* karena diketahui serat ijuk tahan terhadap air asin dan mempunyai nilai mekanis yang baik.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Orientasi sudut serat ijuk untuk mendapatkan nilai mekanis yang lebih baik dari komposit berpenguat serat sintetis.
2. Kurangnya pemanfaatan serat ijuk pada dunia industri.

3. Banyak dilakukan penelitian terhadap serat ijuk, tetapi masih sedikit yang melakukan variasi terhadap orientasi sudut serat.
4. Belum ditemukannya komposit berpenguat serat ijuk yang sesuai dengan standar BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) untuk lambung kapal.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini akan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Penguat (*reinforcement*) adalah serat ijuk.
2. Pengikat (matrik) adalah *polyester* tipe *Yukalac BQTN-EX 157*.
3. Katalis yang digunakan adalah *MEKPO* dengan kadar *volume* 1%.
4. Prosentase *volume* serat ijuk : *polyester* adalah 30% : 70%.
5. Orientasi sudut serat ijuk adalah 0° , 45° , 90° dan -45° .
6. Variasi orientasi sudut serat ijuk yang dilakukan penelitian adalah $0^\circ + 45^\circ$, $0^\circ + 90^\circ$, $45^\circ + 90^\circ$, dan $45^\circ + (-45^\circ)$.
7. Proses *press* komposit dilakukan pada temperatur $23 \pm 2^\circ \text{C}$.
8. Kondisi spesimen saat dilakukan uji pada temperature $23 \pm 2^\circ \text{C}$.
9. Pengujian yang dilakukan adalah uji *bending* dengan metode *three point bending* dan uji tarik.
10. Standar spesimen yang digunakan adalah ASTM D-790 untuk spesimen uji *bending* dan ASTM D-3039 untuk spesimen uji tarik.

1.4 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana analisis pengaruh orientasi sudut serat ijuk dengan resin *polyester* terhadap kekuatan dan modulus elastisitas *bending*?
2. Bagaimana analisis pengaruh orientasi sudut serat ijuk dengan resin *polyester* terhadap kekuatan dan modulus elastisitas uji tarik?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka dapat diketahui tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh orientasi sudut serat ijuk dengan resin *polyester* terhadap kekuatan dan modulus elastisitas *bending*.
2. Menganalisis pengaruh orientasi sudut serat ijuk dengan resin *polyester* terhadap kekuatan dan modulus elastisitas tarik.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai komposit berpenguat serat ijuk dengan resin *polyester*.
2. Hasil penelitian berguna sebagai sumbangsih bagi ilmu pengetahuan.
3. Data penelitian dapat dijadikan sebagai rujukan pada industri komposit.
4. Mengetahui nilai mekanis komposit berpenguat serat ijuk terhadap kelayakannya sebagai material lambung kapal.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan adalah perancangan material komposit menggunakan penguat (*reinforcement*) serat ijuk dan pengikat (matrik) *polyester*. Struktur komposit yang akan dibuat bervariasi pada sudut serat yang berbeda (0° , 45° , 90° , dan -45°). Lapisan dibuat dengan serat yang tidak terputus (*continuous fiber*).

Penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar, *et al.*, (2010) terhadap serat ijuk tunggal. Diperoleh hasil jika kekuatan tarik dari ijuk lebih rendah dari serat *nettle* (1.594 MPa) dan mempunyai nilai yang hampir sama dengan *coir*, kenaf, bambu dan *hemp* (di antara 138,7 – 270 MPa). Nilai dari modulus tarik sangat rendah (3,69 GPa) dari pada semua serat alam. Tetapi mempunyai nilai regangan paling tinggi diantara serat alam lainnya (19,6 %). Hal ini menunjukkan bahwa serat ijuk mempunyai kelenturan yang tinggi dibanding serat alam lain. Dengan nilai kekuatan tarik sebesar 190,29 MPa, cukup untuk menjadikan ijuk sebagai penguat material komposit dan layak untuk dilakukan penelitian lebih jauh sebagai material komposit guna mendapatkan nilai mekanis yang lebih baik lagi. Untuk sifat mekanis serat ijuk dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sifat mekanis serat ijuk (Bachtiar, *et al.*, 2010: 5)

Massa jenis, gr. /cm ³	Kekuatan tarik, MPa	Modulus tarik, GPa	Regangan, %	Diameter, μm
1,29	190,29 (46,77)	3,69 (0,54)	19,6(6,7)	99-311

Penelitian terhadap variasi perendaman NaOH dan fraksi volume serat pada komposit serat ijuk-*polyester* dilakukan oleh Irfa'i, *et al.*, (2016). Didapatkan hasil bahwa pada perendaman NaOH 5% selama 2 jam memberikan nilai kekuatan mekanis tertinggi yaitu 0,9073 Joule. Hal ini membuktikan bahwa perendaman serat ijuk yang memberikan hasil maksimal adalah perendaman selama 2 jam. Prosentase *volume* serat ijuk 30% menghasilkan energi *impact* terbesar, yaitu 0,9703 Joule. Oleh karena itu perendaman NaOH 5% dan fraksi volume serat 30% menjadi acuan untuk mendapatkan komposit yang mempunyai nilai mekanis baik.

Penelitian tentang orientasi sudut serat alam dilakukan oleh Masruri, *et al.*, (2011). Kekuatan *bending* tertinggi (17,08 MPa) dicapai pada komposit dengan orientasi sudut $45^\circ/135^\circ$, sedangkan nilai gaya tarik paku tertinggi (241,88 N) dicapai pada orientasi sudut $30^\circ/120^\circ$. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan *bending* meningkat seiring dengan meningkatnya orientasi sudut anyaman serat *cantula*.

2.2 Landasan Teori

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 mekanis yang lebih baik (Asfarizal, *et al.*, 2016: 24). Material komposit memiliki kelebihan dari segi kegunaan dan ekonomis, mulai dari kekuatan yang tinggi dan daya tahan terhadap bobot yang lebih ringan (Reddy, *et al.*, 2018: 5649). Sifat dan karakter dari komposit ditentukan oleh material penyusunnya, bentuk dan susunan

struktural penyusunnya, dan interaksi antar penyusun. Komposit disusun oleh 2 unsur material tanpa mengubah sifat dari masing-masing material tersebut.

2.2.2 Bagian Utama Penyusun Komposit

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

2.2.2.1 Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat). *Reinforcement* lebih keras, kuat dan kaku dari pada bagian lain pada 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 alami

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

2. Serat sintesis (serat buatan manusia)

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

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

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 dapat berupa logam atau non-logam.

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

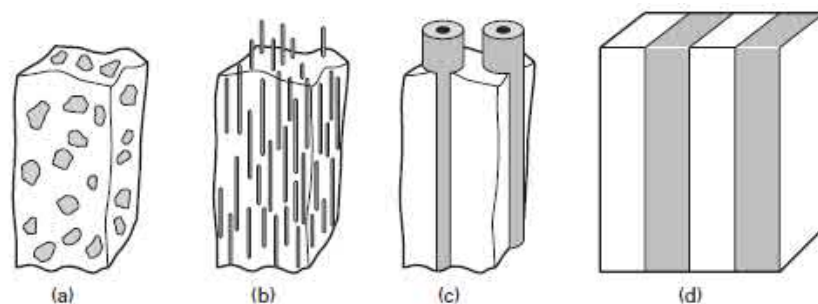
Serat pendek mempunyai orientasi acak dan tidak teratur. Fungsi utama serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga besarnya kekuatan komposit tergantung dari serat yang digunakan.

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 (selulosa, polipropilena, ijuk, goni, rami dan bambu), serat kaca, serat karbon, dan serat aramid.

4. Komposit berlapis (*laminated 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 antara lapisan.



Gambar 2.1 Tipe penguat komposit, (a) Komposit berpenguat partikel, (b) Komposit serat pendek, (c) Komposit serat panjang, (d) Komposit berlapis (Meys dan Chawla, 2009: 766)

2.2.2.2 Matrik

Matrik adalah bagian komposit yang mempunyai prosentase *volume* terbesar (dominan). Matrik berfungsi untuk mentransfer tegangan ke serat secara, melindungi serat dari gesekan mekanis dan mempertahankan serat pada posisinya.

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

1. Komposit matrik polimer/*polymer matrik composites* (pmc).
2. Komposit matrik logam/*metal matrik composite* (mmc).
3. Komposit matrik keramik / *ceramic matrik composite* (cmc)

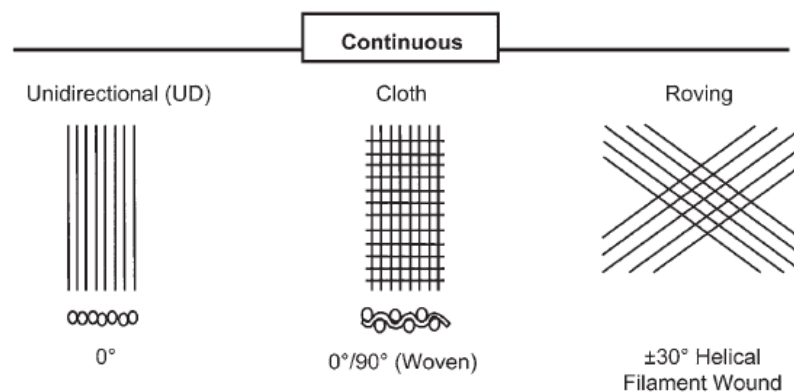
2.2.3 Jenis Serat Penguat Komposit

Ada 2 jenis serat penguat komposit menurut Campbell (2010: 1), yaitu:

2.2.3.1 Serat panjang / tidak terputus (*continuous fiber*)

Ada 3 orientasi pada penyusunan *fiber continuous*, yaitu:

1. *Unidirectional*, terdiri dari 1 arah serat (0° , 45° , 90° dan (-45°)).
2. *Cloth (woven)*, arah seratnya tersusun secara tegak lurus (0° dan 90°).
3. *Roving*, arah serat tersusun secara silang ($\pm 30^\circ$).



Gambar 2.2 Penyusunan serat panjang (*continuous fiber*) (Campbell, 2010: 2)

2.2.3.2 Serat pendek (*discontinuous fiber*)

Komposit ini terdiri dari serat-serat pendek yang tersusun secara acak.

Terdapat 2 macam jenis serat pendek, yaitu:

1. *Chopped*

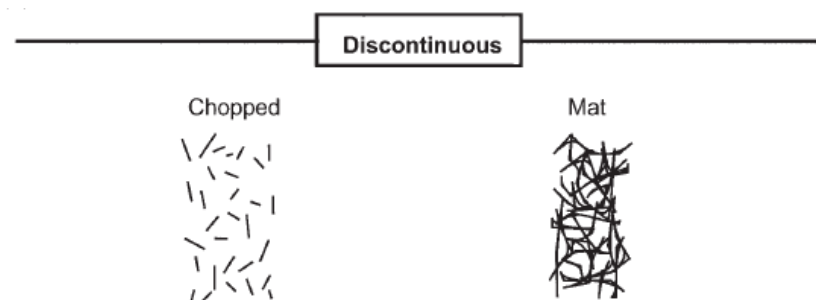
Serat ini mempunyai arah lurus dengan panjang dan diameter serupa.

Penyusunan menjadi lamina dilakukan secara acak tanpa memperhatikan orientasi sudut serat.

2. *Mat*

Serat yang digunakan mempunyai ukuran yang tidak seragam.

Dalam melakukan penyusunan pada material komposit juga tidak memperhatikan orientasi sudut serat.



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

2.2.4 Jenis Lapisan Pada Komposit Berlapis

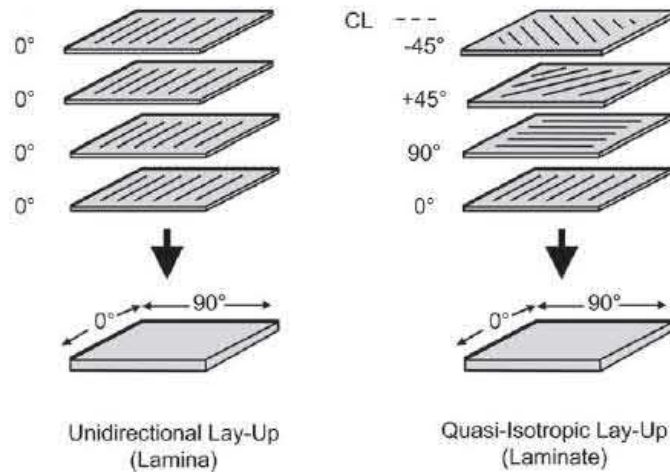
Terdapat 2 cara untuk menyusun komposit berlapis berdasarkan arah serat lapisan menurut Campbell (2010: 7), yaitu:

2.2.4.1 *Lamina (unidirectional laminate)*

Lamina adalah komposit dengan lapisan yang terusun pada orientasi sudut serat yang sama dan hanya menggunakan 1 orientasi saja yang sama.

2.2.4.2 Laminate (*quasi-isotropic*)

Laminate merupakan komposit dengan susunan lapisan orientasi sudut serat berbeda. Terdapat beberapa orientasi sudut yang digunakan pada tiap lapisan serat pada komposit.



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

2.2.5 Karakteristik Material Komposit

2.2.5.1 Kekuatan tarik (*stress*)

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan material ketika diberikan gaya regang atau tarik, sebelum bahan patah. Kekuatan tarik maksimum ditentukan pada titik puncak grafik tegangan-regangan. Nilai dari kekuatan tarik dapat dirumuskan dengan persamaan (Meyers dan Chawla, 2009: 780):

$$\sigma_c = \sigma_r V_r + \sigma_m V_m \dots\dots\dots(1)$$

2.2.5.2 Modulus elastisitas (*Young modulus*)

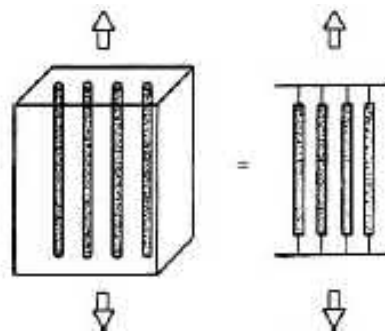
Modulus elastisitas adalah ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu dan benda dapat kembali ke bentuk

atau ukuran semula jika gaya ditiadakan. Terdapat 2 aturan untuk menentukan nilai modulus (Meyrs dan Chawla, 2009: 776), yaitu:

1. *Longitudinal response (action in parallel)*

Pembebanan ditekankan pada arah serat. Persamaan modulus dapat dinyatakan dengan:

$$E_c = E_m V_m + E_r V_r \dots\dots\dots(2)$$

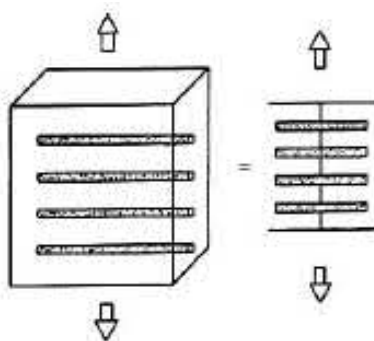


Gambar 2.5 Respons longitudinal (Meyrs dan Chawla, 2009: 775)

2. *Transverse response (action in series)*

Pembebanan yang dilakukan berpusat pada ikatan antara penguat dengan pengikat. Persamaan modulus dapat dinyatakan dengan:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{V_r}{E_r} + \frac{V_m}{E_m} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 2.6 Respons transversal (Meyrs dan Chawla, 2009: 776)

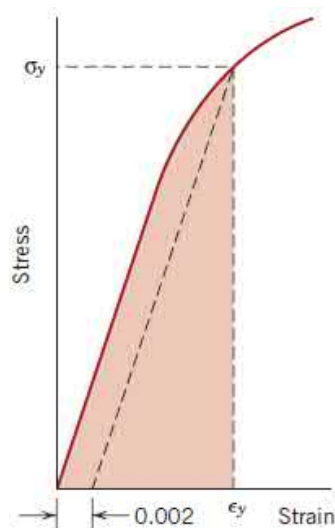
2.2.5.3 Densitas (massa jenis)

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

$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_r V_r \dots \dots \dots (4)$$

2.2.5.4 Kekakuan (*Resilience*)

Kekakuan adalah kemampuan material dalam menyerap atau menanggung energi yang diterima ketika terjadi deformasi elastis, kemudian tekanan atau beban diiadakan untuk mengembalikan energi semula (Challister, 149). Kekakuan dalam bidang material disebut dengan *modulus of resilience* atau modulus kekakuan. Modulus kekakuan dapat ditentukan pada grafik tegangan-regangan pada gambar berikut:



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

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

2.2.5.5 Daerah Elastis

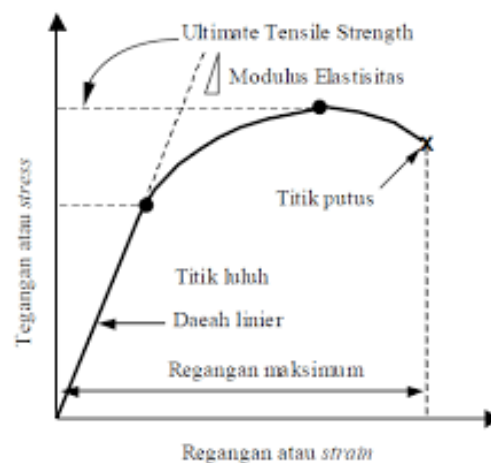
Daerah elastis adalah daerah dimana material yang dikenakan gaya masih dapat kembali ke bentuk atau ukuran semula jika gaya tersebut diiadakan.

2.2.5.6 Daerah Plastik

Daerah plastik adalah daerah yang sudah tidak memungkinkan material untuk kembali ke bentuk semula setelah dikenai gaya walaupun gaya diiadakan karena material sudah melewati daerah plastik.

2.2.5.7 Titik patah (*fracture*)

Titik patah 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

Pembuatan material yang terdiri dari 2 atau lebih campuran zat berbeda 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.

Volume komposit dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_r + V_m = V_c \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{m_r}{\rho_r} + \frac{m_m}{\rho_m} = \frac{m_c}{\rho_c} \dots\dots\dots(6)$$

Massa komposit dapat dihitung dengan persamaan:

$$m_r + m_m = m_c \dots\dots\dots(7)$$

Fraksi *volume* komposit dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_r + V_m = V_c \dots\dots\dots(8)$$

Fraksi *volume* serat dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_r = \frac{v_f}{v_c} \times 100 \% \dots\dots\dots(9)$$

Fraksi berat serat dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_r = \frac{m_r}{m_c} \times 100 \% \dots\dots\dots(10)$$

2.2.7 Polyester

Polyester adalah suatu zat kimia alami yang tergolong dalam polimer dan mengandung gugus ester didalamnya. Pada bidang industri, *polyester* dapat dibuat menjadi tali, penguat pada ban, *belt* pada konveyor, dan pelapis pada *body* kendaraan. Sifat mekanis dari *polyester* dapat dilihat pada Table 2.4.

Tabel 2.2 Sifat Mekanis *Polyester* (Callister, 2000)

Sifat	Nilai
Modulus elastis (GPa)	2,06 – 4,41
Kekuatan tarik (MPa)	41.4 – 89.7
Elongasi (%)	< 2,6
Densitas (g/cm ³)	1,04-1,46

Polyester dibagi menjadi 2, yaitu adalah *termoplastic polyester* dan *unsaturated polyester*. *Unsaturated polyester* biasanya digunakan sebagai material

untuk komposit. *Polyester* yang digunakan pada penelitian ini adalah *unsaturated polyester*. Sifat *polyester* menurut Surdia dan Saito (1999: 258) yaitu:

1. Kaku dan rapuh.
2. Ketahanan panas mencapai temperatur 110– 140°C.
3. Mempunyai sifat listrik yang lebih baik di antara *thermoset* lain.
4. Tahan terhadap asam kecuali pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali.
5. Tahan terhadap sinar U.V.

Salah satu jenis resin *polyester* yang banyak digunakan adalah *Yukalac BQTN-EX 157*. *Polyester* ini memiliki harga yang relatif murah dan banyak dijumpai di toko-toko bahan kimia. *Polyester* ini juga menggunakan *hardener* jenis *MEKPO* untuk mempercepat pengerasan. Massa jenis *polyester* ini adalah 1,19 gr/cm³ (Clayrena, 2013: 209). Untuk spesifikasi lebih jelas dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 2.3 Spesifikasi *Polyester* Yukalac BQTN-EX 157

Sifat	Nilai
Kekuatan <i>bending</i>	92,12 MPa
Modulus elastisitas <i>bending</i>	2,941 GPa
Kekuatan tarik	53,93 MPa
Modulus elastisitas tarik	2,941 GPa
Penyerapan air	0,188%
Elongasi	2,1%
Kekerasan	40

2.2.8 Serat Ijuk

Pohon aren (*Arenga pinnata*) adalah salah satu pohon yang terkenal di Malaysia dan Indonesia (Sahari *et al.*, 2012: 23). Semua bagian dari pohon aren dapat dimanfaatkan. Selain aren dan buahnya, terdapat serat yang dapat diambil

dari pohon aren. Serat dapat didapatkan dari bagian yang berbeda dari pohon aren seperti daun, batang, dompol, dan ijuk (Sahari *et al.*, 2012: 23). Ijuk merupakan salah satu bagian dari pohon aren yang banyak digunakan. Terdapat 3 keuntungan dari serat ijuk (Ishak *et al.*, 2012: 982) yaitu kekuatan tarik yang tinggi, tahan terhadap degradasi, tidak terpengaruh oleh panas dan kelembapan dan resistensi yang baik terhadap air laut. Densitas atau massa jenis pada ijuk adalah $1,29 \text{ gr/cm}^3$ (Bachtiar, *et al.*, 2012: 5) selebihnya sifat mekanis dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat mekanis dan fisik serat ijuk (Sahari, *et al.*, 2012: 24)

Kekuatan tarik, N/mm²	Modulus tarik, kN/mm²	Regangan, %	Diameter, µm	Penyerapan air, %
276,6	5,9	22,3	221	103,8

Nilai kekuatan tarik pada ijuk sebesar $276,6 \text{ N/mm}^2$. Nilai ini menunjukkan kesamaan nilai kekuatan tarik terhadap serat kelapa sawit, sabut dan kenaf dalam rentang $100 \text{ N/mm}^2 - 450 \text{ N/mm}^2$. Nilai kekuatan tarik yang tinggi pada serat ijuk cukup untuk menjadikan serat ijuk sebagai penguat dalam material komposit. Modulus tarik ijuk ($5,9 \text{ kN/mm}^2$) lebih rendah dari kenaf ($13-17 \text{ kN/mm}^2$).

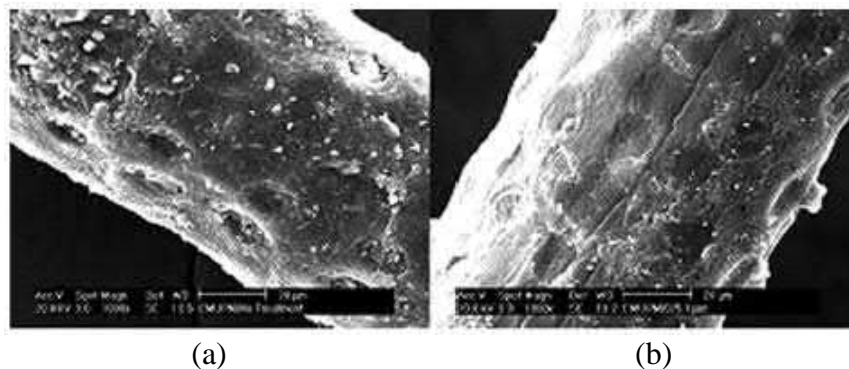
Tabel 2.5 Komposisi kimia serat ijuk (Sahari, *et al.*, 2012: 25)

Moisture (kelembapan), %	Extractive , %	Holocellulose, %	Cellulose, %	Lignin, %	Ash (abu) %
7,4	4,4	65,6	52,3	31,3	4,0

Komposisi *cellulose* pada ijuk mendapatkan prosentase tinggi, yaitu sebesar 52,3%. *Cellulose* merupakan komponen struktural utama pemberi stabilitas dan kekuatan pada dinding dan serat sel tumbuhan. Jika semakin banyak

prosentase *cellulose* yang terkandung maka kekuatan pada serat juga semakin meningkat.

Treatment serat ijuk menggunakan larutan NaOH memberikan dampak positif untuk serat ijuk. Dapat dilihat pada Gambar 2.7 dimana *treatment* serat ijuk pada larutan NaOH menyebabkan zat asing dan lignin yang menempel pada serat menghilang setelah serat dilakukan perendaman dan pembilasna dengan air. Zat asing dan lignin menyebabkan serat sukar untuk terikat terhadap matrik.

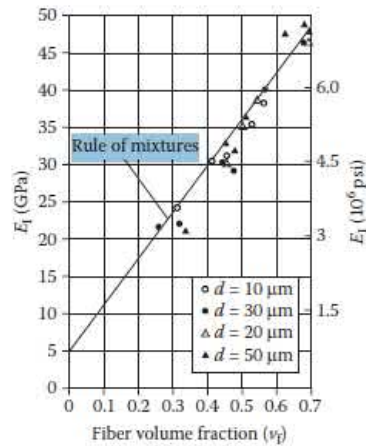


Gambar 2.9 Penampang permukaan serat ijuk menggunakan SEM, (a) Tanpa *treatment* NaOH, (b) Dengan *treatment* NaOH (Bachtiar, *et al.*, 2009)

2.2.9 *Rule of Mixture*

Menurut Gibson (1994), *Rule of Mixture* digunakan untuk menghitung sifat dari komposit seperti:

1. Densitas, ditentukan oleh jumlah densitas penguat dengan pengikat.
2. Tegangan longitudinal, ditentukan oleh jumlah tegangan normal longitudinal pengikat dan penguat.
3. Modulus longitudinal, ditentukan oleh modulus longitudinal pengikat dan penguat.
4. Regangan transversal, ditentukan oleh jumlah regangan dari penguat dengan pengikat.



Gambar 2.10 Grafik fraksi *volume* terhadap modulus komposit (Gibson, 1994: 100)

2.2.10 Uji Mekanis

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari suatu material, maka harus dilakukan pengujian terhadap material tersebut.

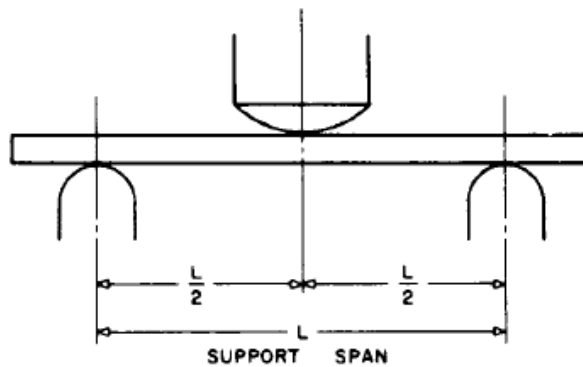
2.2.10.1 Uji *Bending*

Uji *bending* adalah pengujian kekuatan lengkung pada suatu bahan atau material dengan cara penekanan pada titik tertentu. Standar yang digunakan adalah ASTM D-790. Terdapat 2 jenis metode uji *bending* yaitu adalah *three point bending* dan *four point bending*.

Metode *three point bending* menggunakan 1 titik penakan dan 2 titik tumpuan. Kelebihan dari metode ini adalah pembuatan *point* dan persiapan spesimen yang mudah. Pada metode *four point bending* menggunakan 2 titik penekan dan 2 titik tumpuan. Kelebihan metode ini adalah hasil yang akurat dan rumus yang mudah.

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode *three point bending*. Penggunaan metode ini didasarkan karena permukaan yang terbentuk pada spesimen uji tidak rata antara titiknya. Jika menggunakan metode *four point*

bending akan terjadi perbedaan waktu penekanan antara ke-2 titik. Jika salah satu *point* lebih dahulu menekan benda uji maka terjadi *three point bending*, sehingga rumus yang digunakan berbeda (Khalim, 2011).



Gambar 2.11 Diagram uji *bending* “*three point bending*” (ASTM D-790 03: 2)

Nilai kekuatan *bending* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_b = \frac{M c}{I} \dots \dots \dots (11)$$

Dimana M, I, dan c dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = \frac{P L}{8} \dots \dots \dots (12)$$

$$I = \frac{b d^3}{12} \dots \dots \dots (13)$$

$$c = d \dots \dots \dots (14)$$

Substitusikan persamaan 12, 13 dan 14 ke dalam persamaan 11. dan didapatkan persamaan 15

Persamaan kekuatan *bending* (ASTM D-790-03: 4):

$$\sigma_b = \frac{3 P L}{2 b d^2} \dots \dots \dots (15)$$

Nilai modulus elastisitas *bending* dapat dihitung dengan persamaan:

$$E_b = \frac{\sigma_b}{\epsilon_b} \dots \dots \dots (16)$$

Dimana tegangan sudah menggunakan persamaan 15 dan regangan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\epsilon_b = \frac{6 D d}{L^2} \dots\dots\dots(17)$$

Kemudian substitusikan persamaan 15 dengan 17 dan didapatkan persamaan berikut (ASTM D-790-03: 6):

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots(18)$$

2.2.10.2 Uji Tarik

Uji tarik adalah pengujian material terhadap gaya tarik (*tensile*). Tujuannya untuk mengetahui kekuatan maksimum material dalam menerima gaya tarik. Standar yang digunakan adalah ASTM D-3039.

Kekuatan tarik maksimal dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D-3039: 9):

$$\sigma_t = \frac{F^{\max}}{A} \dots\dots\dots(19)$$

Tegangan tarik pada titik “i” dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D-3039: 9):

$$\sigma_i = \frac{F_i}{A} \dots\dots\dots(20)$$

Regangan tarik pada titik “i” dihitung dengan persamaan (ASTM D-3039: 9):

$$\epsilon_i = \frac{\delta_i}{L_g} \dots\dots\dots(21)$$

Modulus elastisitas tarik dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D-3039: 9):

$$E_t = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \dots\dots\dots(22)$$

2.2.11 Lambung Kapal (*Hull*)

Lambung kapal adalah badan dari perahu atau kapal. lambung kapal berfungsi sebagai daya apung dan mencegah kapal dari tenggelam. *Lambung* kapal ikan model <5 GT V tipe 2 merupakan salah satu kapal komposit. Kapal

ikan ini adalah kapal ikan bertipe *multi purpose* yang dibuat dengan bahan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)* (Spesifikasi Teknis Kapal Ikan < 5 GT: 2). Kapal tersebut akan dilakukan penelitian dengan mengganti penguat yang semula adalah serat gelas digantikan dengan serat alam ijuk.



Gambar 2.12 Kapal ikan 3 GT tipe VL (Spesifikasi Teknis Kapal Ikan < 5 GT)
Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) (*Rules For Fibreglass Reinforced Plastic Ship, 2016 : 4/6*), spesifikasi minimum *lambung kapal* komposit adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik : 98 MPa
2. Modulus elastisitas tarik : 6,86 GPa
3. Kekuatan *bending* : 150 MPa
4. Modulus elastisitas *bending* : 6,86 GPa

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Penggunaan orientasi sudut $45^\circ + 90^\circ$ (24,032MPa) dan $45^\circ + (-45^\circ)$ (23,703 MPa) memberikan kenaikan nilai kekuatan *bending* terhadap 100% *polyester* (22,632 MPa) dan orientasi sudut $45^\circ + 90^\circ$ (4,017 GPa) memberikan kenaikan nilai modulus elastisitas *bending* terhadap 100% *polyester* (3,979 GPa).
2. Penggunaan orientasi sudut ($0^\circ + 45^\circ$, $0^\circ + 90^\circ$, $45^\circ + 90^\circ$, dan $45^\circ + (-45^\circ)$) tidak memberikan kenaikan nilai kekuatan tarik (4,082 MPa - 23,841MPa) dan modulus elastisitas tarik (0,479 GPa – 0,975 GPa) terhadap 100% *polyester* (28,424 MPa dan 1,048 GPa).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terhadap penelitian pengaruh orientasi serat pada material komposit ijuk-*polyester* adalah sebagai berikut:

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk penggunaan metode *vacum* pada proses pembuatan atau pencetakan komposit dengan tujuan untuk mengurangi terbentuknya rongga-rongga udara yang pada saat proses *press* komposit.
2. Perlu penelitian lebih lanjut untuk penggunaan metode lamina pada proses penyusunan orientasi serat ijuk agar gaya yang diterima oleh komposit dapat terdistribusi secara merata pada semua serat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asfarizal. 2016. Karakteristik Komposit Berbasis Serat Kelapa dan Komposit Berbasis Serat Aren. *Jurnal Teknik Mesin* 6 (1): 24-31.
- ASTM, D 3039. *Tensile Properties of Polymer Matrik Composite Materials*. West Conshohocken, United States: ASTM International Standard.
- ASTM D 790. *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. West Conshohocken, United States: ASTM International
- Bachtiar, D., S. M. Sapuan, E. S. Zainudin, A. Khaline, dan K. Z. M. Dahlan. 2010. The Tensile Properties of Single Sugar Palm (Arenga Pinnata) Fibre. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 11: 1–5.
- Bachtiar, D., S. M. Sapuan, dan M. M. Hamdan. 2009. The Influence of Alkaline Surface Fibre Treatment on the Impact Properties of Sugar Palm Fibre-Reinforced Epoxy Composites. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*. 48: 379-383.
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). *Rules For Fibreglass Reinforced Plastic Ship*. 2016. Jakarta.
- Campbell, F. C. 2010. *Structure Composite Material*. ASM International.
- Callister, W. D. 2007. *Material Science and Engineering*. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Clareyna, E. D. dan L. Z. Mawarani. 2013. Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat *Bagasse*. *Jurnal Teknik POMITS* 2 (2): 208-213.
- Ditjen Perikanan Tangkap. *Spesifikasi Teknis Kapal Ikan <5 GT (Mina Maritim 3 VL - Linggi Depan) (TIPE 2)*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Gibson, R. F. 2012. *Principles Of Composite Material Mechanic*. Edisi Ketiga. Boca Raton: CRC Press.
- 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.
- Ishak, M. R., S. M. Sapuan, Z. Lema, M. Z. A. Rahman, dan U. M. K. Anwar. 2012. Characterization of Sugar Palm (Arenga Pinnata) Fibres. *Jurnal Therm Anal Calorim* 109: 981–989.

- Khalim, A. 2011. *Rancang Bangun Alat Uji Bending dan Hasil Pengujian Unuk Hasil Uji Cor*. Tugas Akhir. Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Semarang.
- Masruri, D., W. W. Raharjo dan D. Ariawan. 2011. *Pengaruh Orientasi Sudut Anyaman Serat Cantula Terhadap Kekuatan Bending dan Gaya Tarik Paku Komposit Semen Serbuk Aren–Cantula*. Artikel disajikan pada Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Semarang, 2011.
- Meyers, M.A. dan K. K. Chawla. *Mechanical Behaviour of Materials*. Edisi Kedua. New York: Cambridge University Press.
- Muhajir, M., M. A. Mizar, dan D. A. Sudjimat. 2016. Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matrik Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak. *Jurnal Teknik Mesin* 24 (2): 1–8.
- Munandar, I., 2013. Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Pada Serat Ijuk (*Arenga Pinnata Merr*). *Skripsi*. Program S1 Universitas Lampung. Lampung.
- Munandar, I., S. Savetlana, dan Sugiyanto. 2013. Kekuatan Tarik Serat Ijuk (*Arenga Pinnta Merr*). *Jurnal FEMA* 1 (3): 52–58.
- Norizan, M. N., K. Abdan, and M. S. Salit. 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.
- Reddy, I. M., U. R. P. Varma, I. A. Kumar, V. Manikanth, P. V. K. Raju. 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.
- Sahari, J., S. M Sapuan, Z. N. Ismarrubie, dan M. Z. A. Rahman. 2012. Physical and Chemical Properties of Different Morphological Parts of Sugar Palm Fibres. *Fibres and Textiles in Eastern Europe* 20 (2): 23-26.
- Siregar, A. H., B. A. Setyawan, dan A. Marasabessy. 2016. Komposit Fiber Reinforced Plastic Sebagai Material Bodi Kapal Berbasis Fiberglass Tahan Api. *Bina Teknika* 12 (2): 261–66.
- Surdia, T. dan S. Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi Keempat. Jakarta: Pradnya Paramita.