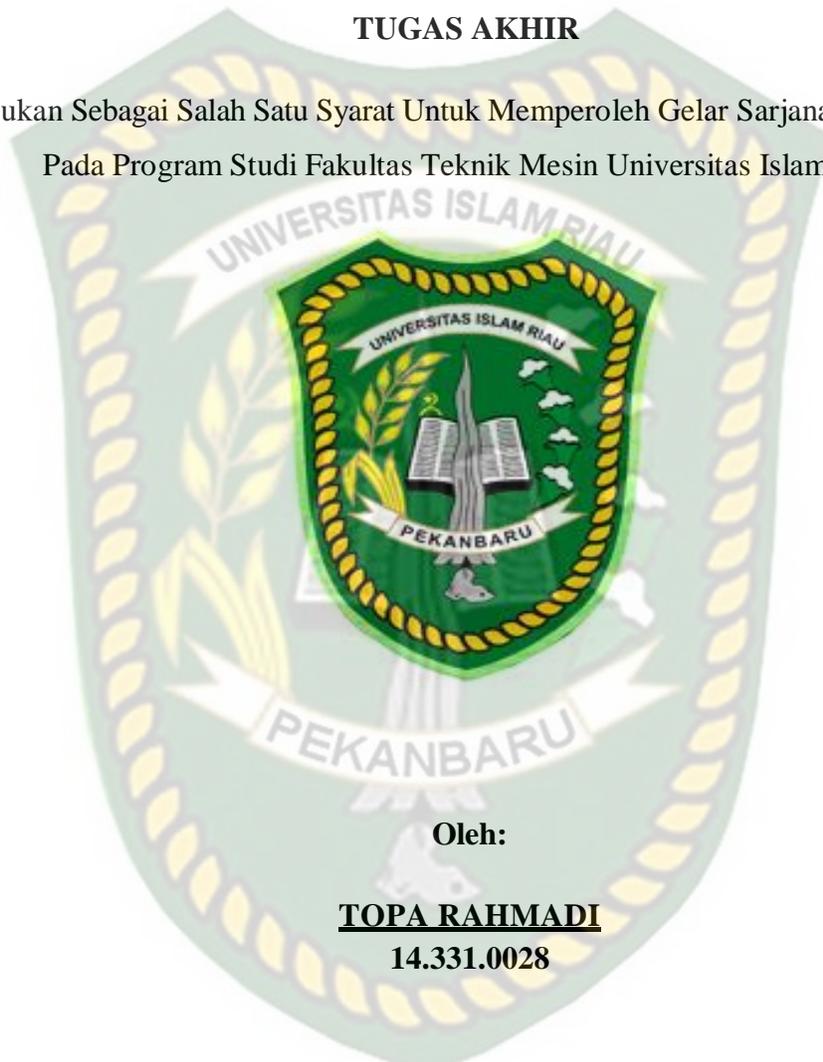


**PENGGUNAAN SERAT SUSUNAN ACAK (*RANDOM*) TANDAN KOSONG  
KELAPA SAWIT DAN MatriKS *EPOXY* SEBAGAI MATERIAL  
KOMPOSIT SEPEDA AIR (*PEDDLE BOAT*)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1)  
Pada Program Studi Fakultas Teknik Mesin Universitas Islam Riau



Oleh:

**TOPA RAHMADI**  
**14.331.0028**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Topa Rahmadi

NPM : 14.331.0028

PROGRAM STUDI : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul “**Penggunaan Serat Susunan Acak (*Random*) Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Matriks *Epoxy* Sebagai Material Komposit Sepeada Air (*Peddle Boat*)**” yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang telah dipublikasikan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali pada bagian sumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya.

Apabila di kemudian hari ada yang merasa dirugikan dan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini **bukan** karya saya sendiri atau **plagiat** hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pekanbaru, 01 Desember 2021



**Topa Rahmadi**  
**14.331.0028**

**PENGGUNAAN SERAT SUSUNAN ACAK (*RANDOM*) TANDAN KOSONG  
KELAPA SAWIT DAN MATRIKS *EPOXY* SEBAGAI MATERIAL  
KOMPOSIT SEPEDA AIR (*PEDDLE BOAT*)**

Topa Rahmadi, Dody Yulianto

Pogram Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau  
Jl. Kaharudin Nasution Km. 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834

Email: [topa.rahmadi28@gmail.com](mailto:topa.rahmadi28@gmail.com)

**ABSTRAK**

Limbah tandan kosong kelapa sawit adalah salah satu bagian limbah terbesar yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan kelapa sawit, wilaya Riau umumnya mempunyai pontesi dalam pengembangan perkebunan kelapa sawit yang cukup luas dengan lahan 2.399.170 hektar. Karena *Sellulosa* merupakan polimer linear yang dihasilkan dari tanaman yang mana strukturnya merupakan polisakarida dan merupakan senyawa hidrofilik, polimer kristalin dengan bobot molekul yang tinggi, *Lignin* merupakan salah satu polimer utama yang ditemukan pada dinding sel tumbuhan yang tingkatannya tinggi serta memiliki sistem komposit dengan efisiensi yang tinggi, dimana perpaduan dari karbon, oksigen, hidrogen, dan energi matahari. Material komposit sangat dibutuhkan di indonesia sarana kapal berukuran kecil dalam jumlah banyak, untuk sarana transportasi antar pulau-pulau kecil yang saling berdekatan, wisata pantai, sungai, danau, waduk, dan kolam. kapal ikan, dan sepeda air (*peddle boat*) yang sering di jumpai di objek wisata pada umumnya terbuat dari bahan *fiberglass* (*Fiberglass Reinforced Plastics*), karena konstruksinya ringan, dan proses produksinya cepat (menggunakan cetakan). Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan sifat mekanis yang optimum, menggunakan metode uji *bending*, uji *impact*, dan uji mikrostruktur dengan perbandingan persentase campuran 70% resin *epoxy* 30% TKKS, 60% resin *epoxy* 40% TKKS, 50% resin *epoxy* 50% TKKS. Pengujian menggunakan standar ASTM D790 -03 dan ASTM D256 -03 dengan perbandingan hasil yang berpacu pada Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

Kata kunci: *Peddle boat*, serat TKKS, resin *epoxy*, uji *bending*, uji *impact*, dan pengamatan mikrostruktur.

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Syukur Alhamdulillah atas segala limpahan karunia, dan atas izin-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, sahabatnya, dan pengikutnya. Semoga kita semua termasuk sebagai pengikutnya yang istiqomah hingga ahir hayat.

Tugas skripsi yang berjudul **“PENGUNAAN SERAT SUSUNAN ACAK (RANDOM) TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN MATRIKS EPOXY SEBAGAI MATERIAL KOMPOSIT SEPEDA AIR (PEDDLE BOAT)”**. Penulisan pada tugas skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan dari kurikulum akademis agar memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Selain dari itu juga bertujuan supaya terbiasa dengan pemikiran secara logis dan ilmiah serta secara sistematis dan struktur.

Dalam menyelesaikan tugas skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, dukungan, dan bimbingan dari beberapa pihak. Oleh karna itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua, Bapak Suyono dan Ibu Waginem yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST.,MT. Selaku Ketua Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Dody Yulianto, ST.,MT. Selaku dosen pembimbing tugas proposal Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD. Selaku ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

5. Bapak Rafil Arizona, ST.,M.Eng. Selaku Wakil Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
6. Seluruh dosen pengajar Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
7. Seluruh sahabat, baik itu satu angkatan, junior, serta alumni Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan tugas skripsi ini dengan sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa tugas skripsi ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan tugas skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas skripsi ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Pekanbaru, November 2021

Penulis

Topa Rahmadi

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Komposit .....	5
2.1.1 Komposit <i>Fiber</i> .....	5
2.1.1.1 <i>Continuous Fiber Composite</i> .....	6
2.1.1.2 <i>Woven Fiber Composite (bi-directional)</i> .....	6
2.1.1.3 <i>Discontinuous Fiber Composite (chopped fiber composite)</i> .....	7

2.1.1.4 <i>Hybrid Fiber Composite</i> .....	7
2.1.2 Komposit Partikel ( <i>Particulate</i> ) .....	8
2.1.3 Komposit Laminat ( <i>Laminated</i> ) .....	8
2.2 Serat Alam .....	9
2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	9
2.3.1 <i>Sellulosa</i> .....	10
2.3.2 <i>Hemisellulosa</i> .....	10
2.3.3 <i>Lignin</i> .....	11
2.4 Resin .....	13
2.4.1 Resin <i>Thermoplastic</i> .....	13
2.4.1.1 <i>Poly Propylene (PP)</i> .....	13
2.4.1.2 <i>Polyamide (PI)</i> .....	13
2.4.1.3 <i>Poly Ethylene (PE)</i> .....	13
2.4.1.4 <i>Poly Vinyl Chlorida (PVC)</i> .....	14
2.4.1.5 <i>Poly Styrene (PS)</i> .....	14
2.4.2 Resin <i>Thermosetting</i> .....	14
2.4.2.1 <i>Epoxy</i> .....	14
2.4.2.2 <i>Polyester</i> .....	17
2.4.2.3 <i>Vinyl Ester</i> .....	17
2.4.2.4 <i>Resin Furan</i> .....	17

2.4.2.5 Resin Amino .....	17
2.5 Sepeda Air ( <i>Peddle Boat</i> ) .....	18
2.6 Uji <i>Bending</i> .....	19
2.5.1 Metode <i>Three Point Bending</i> .....	19
2.5.2 Metode <i>Four Point Bending</i> .....	21
2.6 Uji <i>Impact</i> .....	24
2.7 Pengujian Struktur Mikro .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	28
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian .....	29
3.3 Alat Dan Bahan .....	29
3.3.1 Alat .....	29
3.3.2 Bahan .....	30
3.4 Prosedur Penelitian .....	30
3.4.1 Pengambilan Serat .....	30
3.4.2 Langkah Pembuatan .....	30
3.5 Prosedur Pengujian .....	35
3.5.1 Uji <i>Bending</i> .....	35
3.5.2 Uji <i>Impact</i> .....	36

3.5.3 Uji Mikrostruktur .....	38
3.6 Jadwal Kegiatan/Kerja .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Pengujian <i>Bending</i> .....	40
4.1.1 Hasil Pengujian <i>Bending</i> .....	40
4.1.2 Pembahasan Pengujian <i>Bending</i> .....	42
4.1.3 Perbandingan Hasil Uji Bending Dengan Regulasi BKI .....	44
4.2 Pengujian <i>Impact</i> .....	45
4.2.1 Hasil Pengujian <i>Impact</i> .....	46
4.2.2 Pembahasan Pengujian <i>Impact</i> .....	49
4.2.3 Perbandingan Hasil Pengujian Impact Dengan Regulasi BKI .....	51
4.3 Pengamatan Mikrostruktur .....	51
4.3.1 Sampel 1 Serat TKKS 30%, Resin Epoxy 70% .....	52
4.3.1.1 Hasil Pengamatan Mikrostruktur .....	52
4.3.1.2 Pembahasan Pengamatan Mikrostruktur .....	52
4.3.2 Sampel 2 Serat TKKS 40%, Resin Epoxy 60% .....	53
4.3.2.1 Hasil Pengamatan Mikrostruktur .....	53
4.3.2.2 Pembahasan Pengamatan Mikrostruktur .....	53
4.3.3 Sampel 3 Serat TKKS 50%, Resin Epoxy 50% .....	54

4.3.3.1 Hasil Pengamatan Microstruktur ..... 54

4.3.3.2 Pembahasan Pengamatan Microstruktur ..... 54

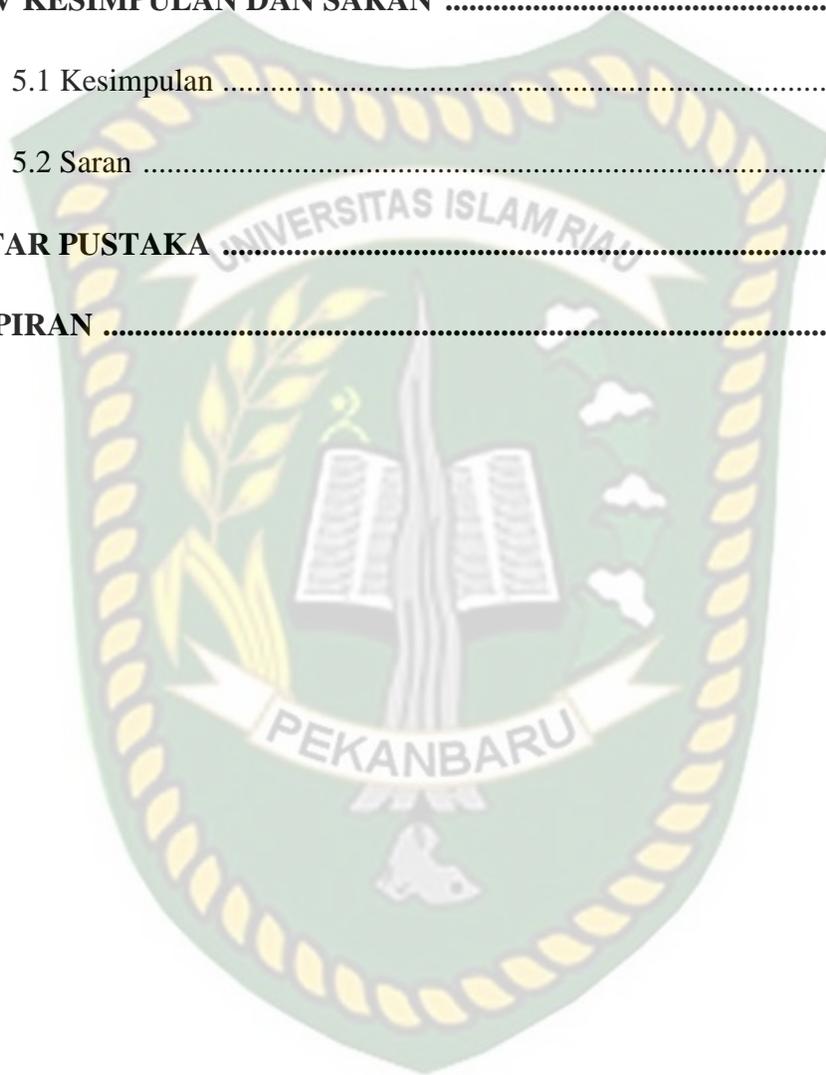
**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... 55**

5.1 Kesimpulan ..... 55

5.2 Saran ..... 56

**DAFTAR PUSTAKA ..... 57**

**LAMPIRAN ..... 59**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Tipe <i>Continuous Fiber Composite</i> .....	6
2.2 Tipe <i>Woven Fiber Composite</i> .....	6
2.3 Tipe <i>Discontinuous Fiber</i> .....	7
2.4 Tipe <i>Hybrid Fiber Composite</i> .....	8
2.5 <i>Particulate Composite</i> .....	8
2.6 <i>Laminated Composite</i> .....	9
2.7 Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	12
2.8 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	12
2.9 <i>Epoxy Resin Dan Epoxy Hardener</i> .....	15
2.10 Sepeda Air ( <i>Peddle Boat</i> ) .....	18
2.11 Pembebanan Lengkung <i>Three Point Bending</i> .....	20
2.12 Pengaruh Pembebanan lengkung terhadap bahan uji .....	20
2.13 Bentuk Spesimen Untuk Pengujian Kekuatan <i>Bending</i> .....	21
2.14 Pembebanan Lengkung <i>Four Point Bending</i> .....	22
2.15 Bentuk dan Ukuran Spesimen Pengujian <i>Impact</i> .....	24
2.16 Prinsip Pengujian <i>Impact</i> .....	25
2.17 Alat Uji <i>Mikrostruktur</i> .....	27
3.1 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	34
3.2 Spesimen Uji <i>Bending</i> .....	36
4.1 Hasil Patahan Uji Bending TKKS 30% Resin Epoxy 70% .....	43
4.2 Hasil Patahan Uji Bending TKKS 40% Resin Epoxy 60% .....	43
4.3 Hasil Patahan Uji Bending TKKS 50% Resin Epoxy 50% .....	44
4.4 Sampel pertama TKKS 30% resin epoxy 70% .....	50
4.5 Sampel kedua TKKS 40% resin epoxy 70% .....	50
4.6 Sampel ketiga TKKS 50% resin epoxy 50% .....	51
4.7 Pengamatan Mikrostruktur TKKS 30%, Resin Epoxy 70% .....	52

4.8 Pengamatan Microstruktur TKKS 40%, Resin Epoxy 60% ..... 53  
4.9 Pengamatan Microstruktur TKKS 50%, Resin Epoxy 50% ..... 54



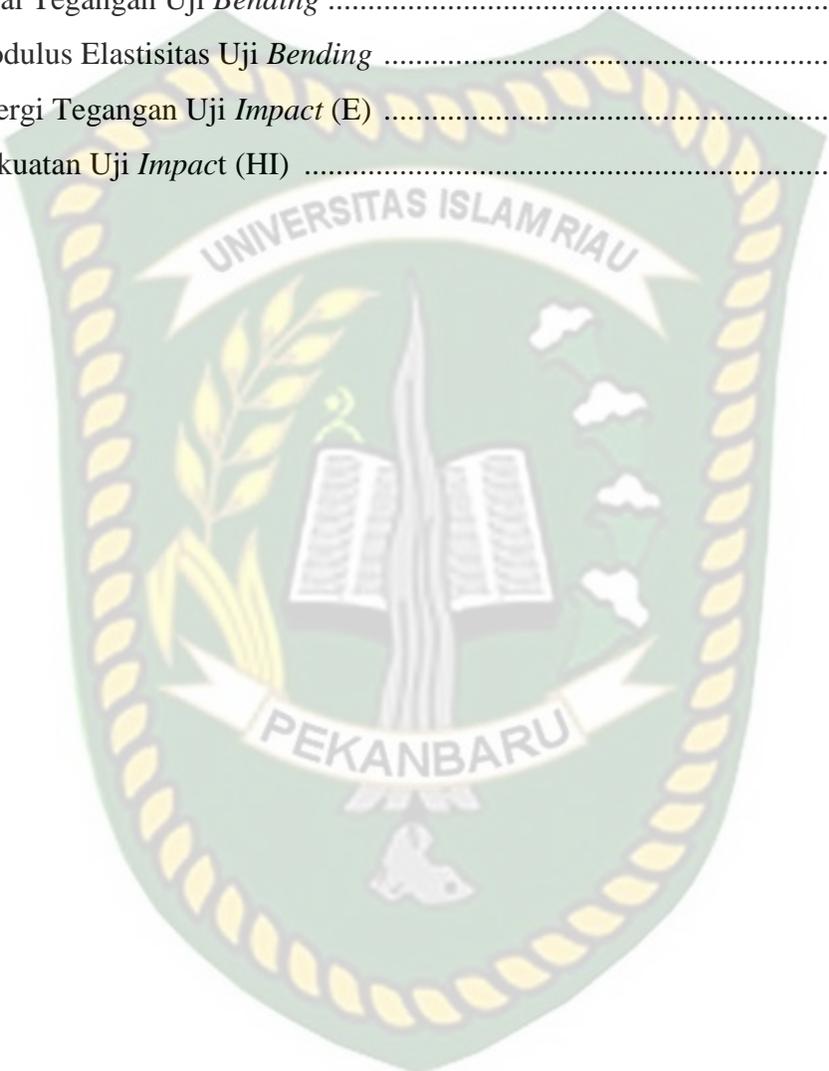
Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	10
2.2 Spesifikasi Matriks <i>Epoxy</i> .....	16
2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Resin <i>Epoxy</i> .....	16
2.4 Standar ASTM D790-03 Mengacu Pada Standar BKI .....	19
3.1 Pengujian <i>Bending</i> .....	36
3.2 Pengujian <i>Impact</i> .....	37
3.3 Jadwal Kegiatan/Kerja .....	39
4.1 Hasil Pengujian <i>Bending</i> .....	40
4.2 Hasil Pengujian <i>Impact</i> .....	46

## DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
4.1 Nilai Tegangan Uji <i>Bending</i> .....	41
4.2 Modulus Elastisitas Uji <i>Bending</i> .....	42
4.3 Energi Tegangan Uji <i>Impact</i> (E) .....	48
4.4 Kekuatan Uji <i>Impact</i> (HI) .....	49



## DAFTAR NOTASI

Simbol	Arti	Satuan
$\sigma_b$	Kekuatan bending	<i>Mpa</i>
$E_b$	Modulus elastisitas	<i>N/mm<sup>2</sup></i>
$P$	Gaya pembebanan	<i>N</i>
$b$	Lebar spesimen	<i>mm</i>
$d$	Tinggi spesimen	<i>mm</i>
$\delta$	Defleksi	<i>mm</i>
$E$	Tenaga patah	<i>joule</i>
$g$	Percepatan grafitasi	<i>m/s<sup>2</sup></i>
$r$	Jarak titik putar sampai titik berat palu	
$m$	Berat	<i>kg atau gr</i>
$\beta$	Sudut yang dibentuk palu setelah benda uji patah	
$\alpha$	Besar sudut saat palu akan dilepaskan tanpa benda uji	
$H_I$	Kekuatan patah	<i>jule/mm<sup>2</sup></i>
$A$	Luas alas	<i>mm<sup>2</sup></i>
$V$	Volume	<i>mm<sup>3</sup></i>
$V_c$	Volume cetakan	<i>mm<sup>3</sup></i>
$\rho$	Massa jenis	<i>gr/mm<sup>3</sup></i>

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari banyak pulau oleh karena itu membutuhkan sarana kapal berukuran kecil dalam jumlah banyak. Untuk sarana transportasi antar pulau-pulau kecil yang saling berdekatan, untuk sarana wisata pantai, sarana sungai, sarana danau, sarana waduk, dan sarana kolam. Kapal ikan, dan sepeda air (*peddle boat*) yang sering di jumpai di objek wisata pada umumnya terbuat dari bahan *fiberglass* (*Fiberglass Reinforced Plastics*). Karena, konstruksinya ringan, dan proses produksinya cepat (menggunakan cetakan). Dibandingkan dengan kapal berbahan aluminium yang juga ringan, teknologinya sederhana, dan tidak memerlukan kualifikasi tenaga kerja yang tinggi.

Seringnya terjadi kecelakaan kapal berbahan *fiberglass* terutama terkait dengan mutu laminasi lambung kapal yang rendah terutama jika mengalami benturan. Dari pihak Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) menjelaskan bahwa faktor kritis pada kapal berbahan *fiberglass* adalah kekuatan konstruksi lambungnya. Hasil survei beberapa galangan kapal *fiberglass* di dalam negeri pada tahun 2009 menunjukkan bahwa, disain konstruksi dan proses produksi kapal *fiberglass* umumnya belum mengacu pada persyaratan klasifikasi, khususnya pada kapal-kapal berukuran dibawah 24 meter (Ma'ruf, 2009; Marzuki, 2017). Berbeda halnya pada kapal berbahan baja dan aluminium, dimana *rules* klasifikasi/BKI diterapkan secara ketat.

Provinsi Riau umumnya mempunyai pontesi dalam pengembangan perkebunan kelapa sawit yang cukup luas dengan lahan 2.399.170 hektar. Perkembangan dalam mengeksport minyak kelapa sawit terus meningkat yang mana terlihat pada rata-rata laju perkembangan luas lahan kelapa sawit dari tahun 2004 sampai 2014 sebesar 7,67%, sedangkan produksinya meningkat rata-rata 11,09% per tahun. Peningkatan luas lahan disebabkan dengan harga CPO (*Coconut Palm Oil*) yang relatif stabil di

pasar internasional dan memberikan pendapatan produsen, khususnya petani yang cukup menguntungkan. Pada tahun 2014, luas perkebunan kelapa sawit mencapai 10,9 juta hektar dengan produksi 29,3 juta ton CPO (*Coconut Palm Oil*). (“BPS(Badan Pusat Statistik),2014). Dengan banyaknya jumlah perkebunan kelapa sawit maka banyak juga limbah dari hasil pengolahan kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit yang terdapat kandungan serat alam.

Pada penelitian ini, Penulis akan melakukan penelitian serat tandan kosong kelapa sawit dan matriks *epoxy* sebagai bahan perekatnya dalam pembuatan *specimen peddle boat* yang mana bahan sebelumnya menggunakan *fiberglass*. Dilakukannya penelitian ini untuk memanfaatkan limbah dari tandan kosong kelapa sawit. Penelitian ini nantinya akan melihat sejauh mana penerapan *rules* untuk memperoleh struktur konstruksi lambung *peddle boat* yang kuat dan mengetahui sifat mekanis sesuai dengan standarisasi yang ada.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dibuat perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy* menjadi bahan yang berguna?
2. Bagaimana mengetahui sifat mekanis tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy* untuk pembuatan *peddle boat* ?
3. Bagaimana pengaruh komposisi terhadap struktur mikro serat tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy* pada *peddle boat* ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa tujuan, sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan sifat mekanis yang optimum dari tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy* pada *peddle boat*.
2. Untuk mendapatkan struktur mikro tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy* pada *peddle boat*.

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak melebar maka perlu diadakan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Objek yang diteliti *peddle boat* dari tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy*.
2. Susunan serat tandan kosong kelapa sawit secara acak (*random*).
3. Persentase campuran :
  - a. Resin *epoxy* 70% : TKKS 30 %
  - b. Resin *epoxy* 60% : TKKS 40 %
  - c. Resin *epoxy* 50% : TKKS 50 %
4. Pengujian *bending* dan pengujian impak menggunakan standar ASTM D790 -03 dan ASTM D256 -03
5. Perbandingan hasil pengujian mengacu pada standarisasi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).
6. Pengamatan struktur mikro.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi bahan alternatif pengganti *fiberglass* untuk pembuatan *peddle boat* dari serat tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy*.
2. Mengurangi limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi *peddle boat*.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan ini bisa dijadikan sebagai tugas akhir dengan garis besar sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab pendahuluan berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan tentang tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy*.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini memberikan informasi mengenai tempat dan waktu pelaksanaan dalam penelitian, peralatan yang digunakan, tahapan, dan prosedur penelitian.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari pembahasan pada bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan dari pengujian penggunaan serat tandan kosong dan matriks *epoxy* sebagai material komposit *peddle boat*.

## **BAB V KESIMPULAN DAN PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dan saran.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Komposit

Komposit adalah hasil kombinasi dari material yang tersusun dari dua campuran atau lebih, yang bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu dari masing-masing komponennya. Menurut Robert M. Jones dalam *mechanic of composite materials* (1999), bahan komposit berarti dua atau lebih bahan yang berbeda, yang dikombinasikan atau dicampurkan secara mikroskopis menjadi bahan yang berguna. Bahan tersebut mempertahankan sifat-sifatnya dalam komposit diantaranya, saling tidak larut atau tergabung satu sama lain.

Pada umumnya komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan utamanya atau pengisi (*filler*) dan matrik sebagai bahan untuk perekatnya. Penggunaan pada serat yang menentukan karakteristik dari komposit, yang memiliki sifat kekuatan dan sifat mekanik, sedangkan dengan matrik berfungsi sebagai mengikat dan melindungi *fiber* dari gaya-gaya yang diterima oleh komposit.

Adapun klasifikasi komposit dari bentuk struktur dan sifatnya berdasarkan dengan bahan penguat, yaitu:

##### 2.1.1 Komposit *Fiber*

Komposit *fiber* yang mana menggunakan serat sebagai bahan untuk penguatnya. Biasanya serat yang di gunakan adalah serat karbon, serat gelas, serat aramid, dan serat lainnya. Bahan komposit serat ini ada dua bagian, yaitu komposit serat panjang (*long fiber composite*) dan komposit serat pendek (*short fiber composite*).

Berdasarkan pada penempatannya ada beberapa jenis serat komposit, yaitu:

### 2.1.1.1 *Continuous Fiber Composite*

*Continuous fiber composite* ini susunan seratnya panjang dan lurus, membentuk *lamina* diantara matriksnya. Kekurangannya dari *continuous fiber composite* adalah kekuatan antar lapisannya lemah, yang disebabkan oleh matriksnya itu sendiri. Dapat dilihat pada gambar 2.1.

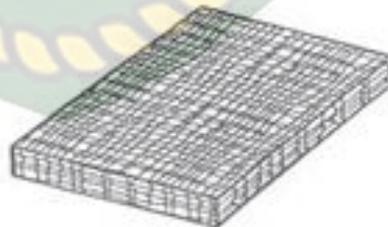


Gambar 2.1 Tipe *Continuous Fiber Composite*

Sumber: (Ronald F. Gibson, 1994)

### 2.1.1.2 *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Kompositnya tidak mudah terpengaruh oleh pemisah antar lapisan, karena seratnya memiliki susunan yang mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat yang memanjang tidak terlalu lurus yang hasilnya tidak sebagus dari tipe *continuous fiber composite*. Dapat dilihat pada gambar 2.2

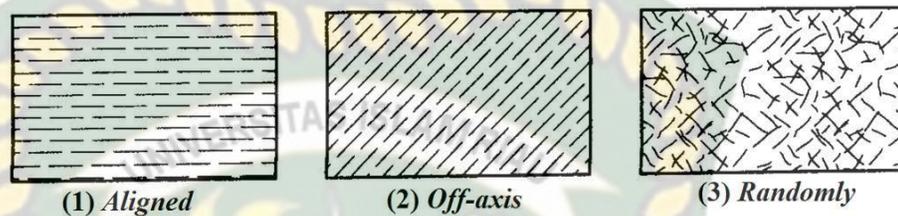


Gambar 2.2 Tipe *Woven Fiber Composite*

Sumber: (Ronald F. Gibson, 1994)

### 2.1.1.3 Discontinuous Fiber Composite (*chopped fiber composite*)

Komposit yang seratnya pendek dan di bagi menjadi tiga, yaitu *aligned discontinuous fiber*, *off-axis aligned discontinuous fiber*, dan *randomly oriented discontinuous fiber*. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



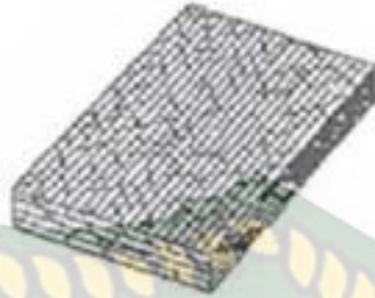
Gambar 2.3 Tipe *Discontinuous Fiber*

Sumber: (Ronald F. Gibson, 1994)

1. *Aligned discontinuous fiber* adalah serat pendek dengan serat yang searah.
2. *Off-axis aligned discontinuous fiber* adalah serat pendek dengan serat silang.
3. *Randomly oriented discontinuous fiber* adalah serat pendek dengan serat acak.

### 2.1.1.4 Hybrid Fiber Composite

*Hybrid fiber composite* adalah komposit yang seratnya hasil dari gabungan antara tipe serat lurus dengan tipe serat acak. Penggabungan ini dilakukan supaya dapat meminimalisir sifat dari kelemahannya. Dapat dilihat pada gambar 2.4.

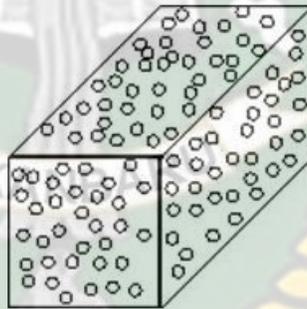


Gambar 2.4 Tipe *Hybrid Fiber Composite*

Sumber: (Ronald F. Gibson, 1994)

### 2.1.2 Komposit Partikel (*Particulate*)

Komposit partikel adalah komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yang terdapat butiran. Dapat dilihat pada gambar 2.5.

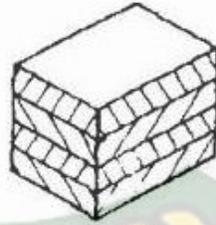


Gambar 2.5 *Particulate Composite*

Sumber: (Ronald F. Gibson, 1994)

### 2.1.3 Komposit Laminat (*Laminated*)

Komposit laminat adalah komposit yang dimana memiliki susunan lapisan dua atau lebih, masing-masing dari lapisan bisa berbeda – beda dalam bentuk, material, dan orientasi dalam penguatannya. Dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Laminated Composite*

Sumber: (Ronald F. Gibson, 1994)

## 2.2 Serat Alam

Serat alam adalah serat yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan, hewan dan proses geologis. Jenis-jenis dari serat alam yaitu:

1. Serat tumbuhan/serat pangan, serat yang tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Contoh dari serat yang dihasilkan dari tumbuhan yaitu bahan kain katun dan kain ramie, sebagai bahan pembuat kertas dan tekstil dan serat tumbuhan juga penting bagi nutrisi manusia.
2. Serat kayu, serat yang berasal dari batang tumbuhan berkayu.
3. Serat hewan, serat yang tersusun dari protein tertentu. Contoh dari serat hewan yang dimanfaatkan oleh manusia adalah serat ulat (sutra) dan bulu domba (wol).
4. Serat mineral, serat yang dibuat dari asbestos. Saat ini asbestos adalah satu-satunya mineral yang secara alami terdapat dalam bentuk serat panjang. (Anonim, 2018)

## 2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit adalah salah satu limbah dari pengolahan buah kelapa sawit yang telah diambil minyaknya (CPO) *Crude Palm Oil*. Dengan banyaknya perusahaan dalam pengolahan buah kelapa sawit maka limbah tandan kosong juga semakin meningkat. Dalam pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit

selama ini dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan *bioetanol*, bahan pupuk kompos, sebagai bahan komposit (Arif,2012).

Tabel 2.1 Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komponen	% Berat
Sellulosa	41,3-46,5
Hemisellulosa	25,3-33,8
Lignin	27,6-32,5

Sumber: (Arif,2012)

Tandan kosong kelapa sawit jika dilihat dari komposisi kandungannya terdapat tiga bagian, yaitu *sellulosa*, *hemisellulosa*, *lignin*.

### 2.3.1 *Sellulosa*

*Sellulosa* merupakan polimer linear yang dihasilkan dari tanaman. Strukturnya merupakan polisakarida dan jumlahnya sangat banyak dalam polimer alam. Selain itu, *sellulosa* juga merupakan senyawa hidrofilik, polimer kristalin dengan bobot molekul yang tinggi.

Pada tahun 1838 kimiawan Prancis Anselme Payen melaporkan bahwa hampir semua dinding sel tanaman tersusun atas substansi yang sama yang disebut *cellules*. Sponsler dan Dore pada tahun 1926 mengemukakan gagasan bahwa *sellulosa* tersusun atas rantai paralel yang panjang yang terdiri dari unit *glukopiranos* yang dideteksi dengan diagram xray. Dalam satu molekul *sellulosa* terdiri atas 14.000 monomer *D-glulosa* (Fessenden, Ralph J, 1986).

### 2.3.2 *Hemisellulosa*

*Hemisellulosa* merupakan polimer dari pentosa (*Xylosa*, *arabinosa*), heksosa (*manosa*, *glukosa*, *galaktosa*), dan gula. Tidak seperti *sellulosa*, hemiselulosa tidak homogen secara kimia. *Hemisellulosa hardwood* mengandung paling banyak *xylan*, sedangkan *hemiselulosa softwood*

mengandung paling banyak glukomanan. *Xylan* merupakan *heteropolisakarida* yang memiliki kerangka rantai *homopolimerik* dengan ikatan 1,4- $\beta$ -D unit *xylopiranosa*.

### 2.3.3 *Lignin*

*Lignin* merupakan salah satu dari tiga komponen polimer utama yang ditemukan pada dinding sel tumbuhan yang tingkatannya tinggi. *Lignin* memiliki sistem komposit dengan efisiensi yang tinggi, dimana perpaduan dari karbon, oksigen, hidrogen, dan energi matahari. *Lignin* juga memiliki fungsi biologi yang membantu melindungi tanaman dari serangan biologi dan membantu transportasi air dengan cara menutup dinding sel tanaman untuk mencegah kebocoran air.

Secara umum, tumbuhan tingkat tinggi dibagi menjadi dua, yaitu *softwood* (*angiospermae*) dan *hardwood* (*gymnospermae*). *Lignin* pada *softwood* tersusun lebih dari 90 % koniferil alkohol dan selebihnya p-kumaril alkohol. Sedangkan *lignin* pada *hardwood* tersusun atas campuran koniferil dan sinapil alkohol. Pelarut yang dapat melarutkan *lignin* secara signifikan terdiri dari alkohol dengan molekul kecil, dioksan, aseton, piridin dan dimetil sulfoksida. Selain itu, telah diteliti bahwa dengan kenaikan suhu, terjadi pelunakan termal *lignin*, yang mengikuti reaksi depolimerisasi asam (Harmsen. Dkk, 2010).



Gambar 2.7 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sumber: (Asian Agri,2018)



Gambar 2.8 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sumber: (Asian Agri,2018).

## 2.4 Resin

Resin merupakan senyawa polimer rantai karbon. Polymer berasal dari kata *-poly* (banyak) dan *-mer* (ikatan). Senyawa polimer rantai karbon dapat didefinisikan sebagai senyawa yang mempunyai banyak ikatan rantai karbon. Resin merupakan bahan pelapis, perekat dan material komposit seperti yang menggunakan serat karbon, serta pembuat *fiberglass*. Resin terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. *Epoxy* bersifat adhesi dan tahan panas, sifat mekanik, dan sifat isolasi listrik.

### 2.4.1 Resin *Thermoplastic*

Resin *thermoplastic* merupakan bahan yang dapat lunak apabila dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Jika dipanaskan akan menjadi lunak dan dapat kembali ke bentuk semula karena molekul-molekulnya tidak mengalami ikat silang (*cross linking*) (Diharjo, 2003).

#### 2.4.1.1 *Poly Propylene* (PP)

Merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. PP mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia yang tinggi, namun ketahanan pukul (*impact*)-nya rendah. Contoh produk: Peralatan yang berhubungan dengan bahan-bahan kimia.

#### 2.4.1.2 *Polyamide* (PI)

*Nylon* merupakan istilah yang digunakan terhadap *polyamide* yang mempunyai sifat-sifat dapat dibentuk serat, film dan plastik. Contoh produk: speedometer, gear, dan pelampung tangki bahan bakar.

#### 2.4.1.3 *Poly Ethylene* (PE)

Merupakan keluarga polyester seperti PC. Mempunyai sifat-sifat: kekuatannya tinggi, kaku, dimensinya stabil, tahan bahan kimi dan

panas, serta mempunyai sifat elektrik yang baik. Contoh produk: botol air mineral, kemasan minyak makan dan kemasan *soft drink*.

#### **2.4.1.4 Poly Vinyl Chlorida (PVC)**

Merupakan hasil polimerisasi monomer vinil klorida dengan bantuan katalis. Pemilihan katalis tergantung pada jenis proses polimerisasi yang digunakan. Contoh produk: Isolasi kabel listrik, pipa, dan tube.

#### **2.4.1.5 Poly Styrene (PS)**

Adalah hasil polimerisasi dari monomer-monomer stirena, dimana monomer stirena-nya didapat dari hasil proses dehidrogenisasi dari etil benzene (dengan bantuan katalis). Contoh produk: koil, pelindung kapasitor, dan keperluan radar (Mujiarto, 2005).

### **2.4.2 Resin Thermosetting**

Resin *thermosetting* merupakan bahan yang tidak dapat mencair atau lunak kembali apabila dipanaskan. Resin *thermosetting* tidak dapat didaur ulang karena telah membentuk ikatan silang antara rantai rantai molekulnya. Sifat mekanisnya bergantung pada unsur molekuler yang membentuk jaringan, rapat serta panjang jaringan silang (Humaidi, 1998).

#### **2.4.2.1 Epoxy**

Resin *epoxy* adalah campuran dari dua bahan kimia yang berbeda, bahannya berupa resin (*epoxy resin*) dan pengeras (*epoxy hardener*). Resin dihasilkan dari reaksi antara *epiklorohidrin* dan *bisphenol-A*, sedangkan pengeras dari *monomer polyamine* seperti *Triethylenetetramine* (Teta). Setelah senyawa ini dicampurkan maka *amina* akan bereaksi dengan *epoksida* untuk membentuk ikatan *kovalen*.

Dari campuran kedua bahan ini akan menghasilkan bahan yang kaku dan kuat. Proses *polimerisasi* disebut dengan "*curing*" yang dapat dikontrol melalui suhu dan waktu.

Resin *epoxy* dalam penggunaannya sangat luas dari sebagai perekat, sebagai pelapis, serta sebagai bahan pembuatan komposit. Resin *epoxy* memiliki sifat fisik yang *isolator* dan *konduktor* panas yang buruk, kecuali dicampur dengan logam dan karbon lainnya. Sedangkan sifat mekaniknya adalah getas dan keras. Jika ingin merubah dari sifat mekaniknya bisa dengan cara menambahkan beberapa campuran bahan lainnya.



Gambar 2.9 *Epoxy Resin Dan Epoxy Hardener*

Sumber: (Surdia, 2000)

Pada table 2.2 ditunjukkan spesifikasi matriks *epoxy*, sebagai berikut:

Tabel 2.2 Spesifikasi Matriks *Epoxy*

Sifat	Satuan	Nilai Tipikal
Massa Jenis	Gram/cm <sup>3</sup>	1,17
Penyerapan air (suhu ruang)	°C	0,2
Kekuatan tarik	Kgf/mm <sup>2</sup>	5,95
Kekuatan tekan	Kgf/mm <sup>2</sup>	14
Kekuatan lentur	Kgf/mm <sup>2</sup>	12
Temperatur pencetakan	°C	90

Sumber: (Surdia, 2000)

Adapun kelebihan dan kekurangan dari resin *epoxy*, sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Resin *Epoxy*

Kelebihan	Kekurangan
Ringan, sehingga dapat menurunkan biaya instalasi	Mudah mengalami proses penuaan dan degradasi pada permukaan akibat adanya stress listrik dan termal.
Tahan polusi	Proses pembuatan lebih mahal dibandingkan dengan isolator keramik dan gelas
Bersifat hidrofobik	Bersifat getas
Mebutuhkan waktu yang singkat dalam proses pembuatan	
Memiliki kekuatan dielektrik yang baik.	

Sumber: (Surdia, 2000)

#### **2.4.2.2 Polyester**

*Polyester* paling banyak digunakan, terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya pun murah. Resin ini mempunyai karakteristik yang khas, yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79°C atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya.

#### **2.4.2.3 Vinyl Ester**

Dikembangkan untuk menggabungkan kelebihan dari resin *epoxy*. *Vinyl Ester* mempunyai ketangguhan mekanik dan ketahanan korosi yang sangat baik. Contoh produk: pembuatan chip elektronik, fasilitas pengolahan kimia dan pabrik pengolahan air.

#### **2.4.2.4 Resin Furan**

Bisaanya digunakan untuk pembuatan material campuran. Pembuatannya dengan menggunakan proses pemanasan dan dapat dipercepat dengan penambahan katalis asam. Mempunyai ketahanan terhadap bahan-bahan kimia dan korosi yang baik. Contoh produk: pelapis struktur beton pada pabrik kimia, peralatan kimia, dan peralatan pada industri kertas.

#### **2.4.2.5 Resin Amino**

Terbuat dari campuran amino yang di kondensasikan. Bisa disebut dengan *amino-plastic*. Contoh produk: bahan perekat, pelapis pada kertas dan industri tekstil.

## 2.5 Sepeda Air (*Peddle Boat*)

Permainan *peddle boat* merupakan salah satu permainan yang sering di jumpai didaerah tempat wisata taman air (*water park*), seperti wisata danau, wisata waduk, dan wisata kolam buatan. Wahana permainan air ini memang menjadi wahana favorit bagi para pengunjung yang ingin menyusuri danau, waduk ataupun kolam buatan. Wahana sepeda air mempunyai berbagai macam model dan bentuk diantaranya seperti sepeda air angsa, sepeda air boat, sepeda air bebek, sepeda air burung pelikan, sepeda air naga serta masih banyak model lainnya (Yuwono. B. Pratiknyo dkk,2011).

Sedangkan spesifikasi dan target keinginan konsumen dari hasil survey dan identifikasi kebutuhan konsumen dengan juga melihat produk pesaing adalah sebagai berikut:

1. Dimensi 2000 x 1250 x 1000 mm, dengan daya tampung Sepeda air adalah 2 orang (sekitar 300 Kg), kecepatan maksimum 3 m/s.
2. Sepeda air yang hemat energi (tenaga mengayuh perahu rendah).
3. Memiliki sistem yang dapat mempermudah pengawas budidaya ikan dalam melakukan aktifitas lain diatas perahu.
4. Memiliki alat pelindung dari hujan dan harga yang kompetiti (Yuwono B Pratiknyo dkk,2011).



Gambar 2.10 Sepeda Air (*Peddle Boat*)

Sumber: (Yuwono B Pratiknyo dkk,2011)

## 2.6 Uji *Bending*

Uji *bending* adalah alat yang digunakan untuk mengetahui kekuatan lengkung pada suatu bahan atau material. Dengan pengujian *bending*, bagian atas spesimen akan mengalami tekanan, dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Kegagalan yang akan terjadi dari pengujian *bending*, yaitu komposit akan mengalami kerusakan secara fisik.

Pengujian kekuatan *bending* dapat dilakukan dengan *metode three point bending* atau *metode four point bending* menurut kondisi dari benda uji yang dipergunakan. Biasanya pada benda uji dengan kerataan yang kurang begitu sempurna dilakukan dengan *metode three point bending*, akan tetapi dengan hasil yang kurang maksimal apabila dipergunakan *metode four point bending*. Hal ini disebabkan terjadi konsentrasi pembebanan pada *metode three point bending*.

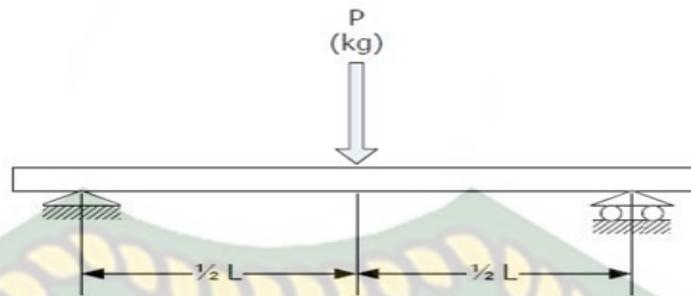
### 2.6.1 Metode *Three Point Bending*

Pada *three point bending*, spesimen atau benda dikenai beban pada satu titik yaitu tepat pada bagian tengah batang ( $\frac{1}{2} L$ ). Pada metode ini material harus tepat berada di  $\frac{1}{2} L$ , agar mendapatkan momen maksimum saat mencari  $\sigma$  (kekuatan atau tegangan *bending*). Pengujian dengan standar ASTM D790-03 dengan perbandingan hasil pengujian yang mengacu pada standar BKI, dengan panjang 120 mm, lebar 15 mm, dan tebal 7 mm.

Tabel 2.4 Standar ASTM D790-03 Mengacu Pada Standar BKI

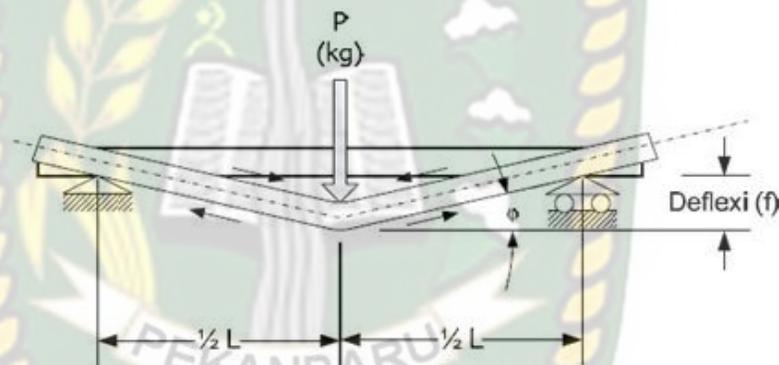
NO	Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)	$N/mm^2$
1	Kekuatan Bending ( $\sigma_b$ )	150
2	Modulus Elastisitas (Eb)	6860

Berikut ini adalah ilustrasi dari pengujian kekuatan *bending* dengan metode *three point bending*.



Gambar 2.11 Pembebanan Lengkung *Three Point Bending*

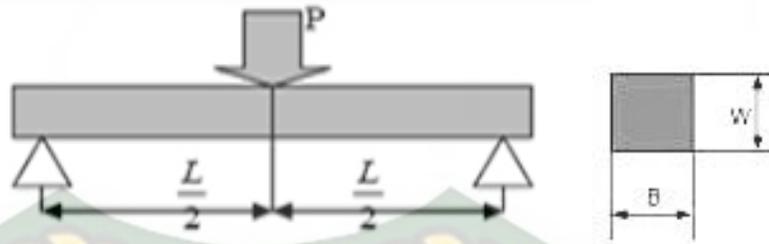
Sumber: (Riski Prayoga, 2012)



Gambar 2.12 Pengaruh pembebanan lengkung terhadap bahan uji

Sumber: (Riski Prayoga, 2012)

Sebagaimana perilaku bahan terhadap pembebanan, semua bahan akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastis menjadi plastis hingga akhirnya mengalami kerusakan (patah). Dalam proses pembebanan lengkung dimana dua gaya bekerja dengan jarak tertentu ( $1/2L$ ) serta arah yang berlawanan bekerja secara bersamaan (lihat gambar 2.13), maka momen lengkung ( $M_b$ ) itu akan bekerja dan ditahan oleh sumbu batang tersebut atau sebagai momen tahanan lengkung ( $W_b$ ).



Gambar 2.13 Bentuk Spesimen Untuk Pengujian Kekuatan *Bending*

Sumber: (Riski Prayoga, 2012)

Setelah dilakukan uji *bending*, untuk mendapatkan angka kekuatan *bending* ( $\sigma_b$ ) digunakan persamaan, sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2BW^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

P = Gaya pembebanan (N)

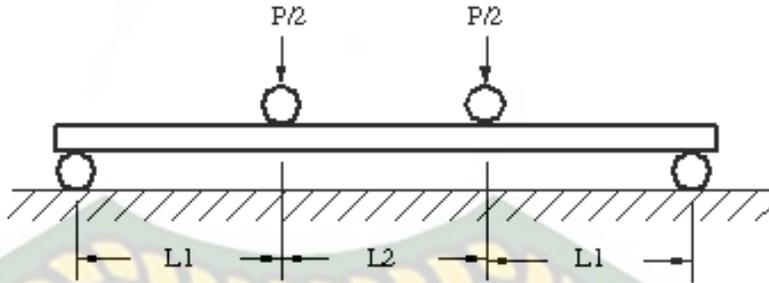
L = Jarak antar tumpuan (mm)

B = Lebar spesimen (mm)

W = Tinggi spesimen (mm)

### 2.6.2 Metode *Four Point Bending*

Pada *four point bending*, benda kerja diberikan beban pada dua titik, yaitu pada  $\frac{1}{3}L$  dan  $\frac{2}{3}L$ . Pembebanan menggunakan *four point bending* lebih baik dari pada menggunakan *three point bending*, hal ini dikarenakan adanya rentang pada spesimen yang menyebabkan tegangan geser = 0.



Gambar 2.14 Pembebanan Lengkung *Four Point Bending*

Sumber: (Carli, dkk. 2012)

Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat dari pengujian *bending* ini, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatannya tarikannya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah (Carli, dkk. 2012).

Pada perhitungan kekuatan metode *four point bending*, digunakan persamaan:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{4bd^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- $\sigma_b$  = Tegangan bending (MPa)
- P = Beban (N)
- L = Jarak tumpuan (mm)
- b = Lebar spesimen (mm)
- d = Tebal spesimen (mm)

Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas *bending* menggunakan rumus :

$$E_b = \frac{PL^3}{4bd^3\delta} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$E_b$  = Modulus elastisitas (MPa)

$P$  = Beban (N)

$L$  = Jarak tumpuan (mm)

$b$  = Lebar spesimen (mm)

$d$  = Tebal spesimen (mm)

$\delta$  = Defleksi (mm)

Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu:

1. Kekakuan batang

Semakin kaku suatu batang maka lendutan batang yang akan terjadi pada batang akan semakin kecil.

2. Besarnya kecil gaya yang diberikan

Besar kecilnya gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi. Dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadi pun semakin kecil.

3. Jenis tumpuan yang diberikan

Jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda. Jika karena itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (pasak) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit.

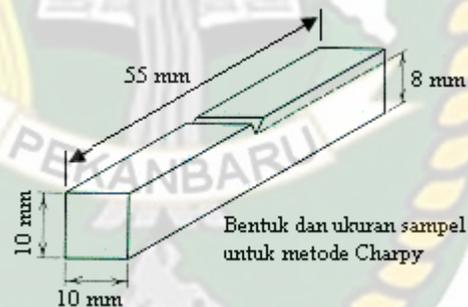
4. Jenis beban yang terjadi pada batang

Beban terdistribusi merata dengan beban titik, karena keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi

merata slope yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari slope titik, karena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja (Binsar Hariandja, 1996).

## 2.7 Pengujian *Impact*

Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui dari kekuatan kekerasan, serta keuletan material. Pengujian ini memerlukan tenaga untuk mematahkan benda uji dalam sekali hantam, alat yang digunakan berupa palu dengan berat tertentu yang dijatuhkan dengan melepaskan dari sudut  $150^\circ$  ( $\alpha$ ) menghantam benda uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran spesimen ASTM D 256-03 panjang 55 mm, lebar 10 mm, dan tebal 10 mm. Benda uji diberi takik ditengah dengan kedalaman 2 mm yang bersudut  $45^\circ$ .

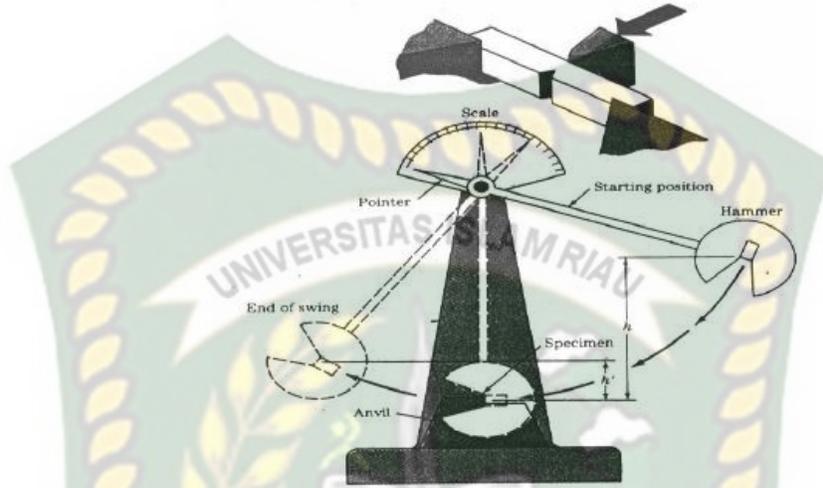


Gambar 2.15 Bentuk dan Ukuran Spesimen

Sumber: (Lukas Prabowo, 2007)

Prinsip dasar pada pengujian *impact* adalah ayunan beban yang dikenakan pada spesimen yang akan di uji. Energi yang di butuhkan untuk mematahkan spesimen dihitung langsung dari perbedaan energi potensial pandulum pada awal dijatuhkan dan akhir setelah menabrak spesimen. Untuk memastikan spesimen yang patah, perlu membuat takikan pada spesimen. Pada pengujian ini menggunakan metode *impact*

*charpy* untuk mengukur ketahanan pada spesimen yang mana alat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 2.16 Prinsip Pengujian *Impact*

Sumber: (Lukas Prabowo, 2007)

Berikut ini cara untuk mencari harga tenaga patah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = m \cdot g \cdot r (\cos\beta - \cos\alpha) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- $E$  = Tenaga patah. (joule)
- $g$  = Percepatan gravitasi. ( $m/s^2$ )
- $r$  = Jarak titik putar sampai titik berat palu.
- $m$  = Berat palu.
- $\beta$  = Sudut yang dibentuk palu setelah benda uji patah.
- $\alpha$  = Besar sudut saat palu akan dilepaskan tanpa benda uji.

Cara untuk mencari harga ketahanan patah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

$E$  = Tenaga patah (joule)

$A$  = Luas patahan benda uji ( $\text{mm}^2$ )

(Lukas Prabowo, 2007)

## 2.8 Pengujian Struktur Mikro

*Mikrostruktur* adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik *metalografi*. *Mikrostruktur* pada komposit dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop, permukaan spesimen komposit harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksikan dengan *reagen* kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan *etching*.

Untuk mengetahui sifat dari suatu material, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap material dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, kita dapat melihat struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi campuran resin *epoxy* dengan tandan kosong kelapa sawit dari persentase yang berbeda-beda. Dan dari struktur mikro kita dapat melihat ukuran dan bentuk butir, dari struktur mikro kita juga dapat memprediksi sifat mekanik dari suatu material sesuai dengan yang kita inginkan. Mesin pengamatan mikrostruktur dapat dilihat pada Gambar 2.16.

Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.17 Alat Uji Mikrostruktur

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat di lihat dengan diagram alir.



### 3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Mulai dari pemotongan serat tandan kosong kelapa sawit, persiapan bahan dan alat uji coba. Adapun proses pengambilan data dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan Laboratorium Politeknik Kampar.

### 3.3 Alat Dan Bahan

Peralatan dan bahan merupakan unsur utama dalam melakukan penelitian, dimana alat yang digunakan sebagai penunjang utama untuk memperoleh hasil penelitian. Sedangkan bahan berguna sebagai bantuan untuk memperoleh hasil pengujian secara maksimal. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada proses penelitian ini adalah:

1. Gunting, sebagai alat pemotong serat tandan kosong kelapa sawit.
2. Sarung tangan, untuk melindungi tangan agar tidak kontak langsung dengan zat kimia (NaOH).
3. Gergaji, sebagai alat pemotong sampel uji.
4. Penggaris dan mikrometer, untuk mengukur sampel uji.
5. Gelas ukur, untuk mengukur takaran resin *epoxy*.
6. Timbangan neraca, untuk menimbang serat tandan kosong kelapa sawit dengan ketelitian 0.01 gr.
7. Cetakan dan wadah, sebagai tempat untuk sampel uji.
8. Alat uji *bending*, sebagai alat untuk mengetahui kekuatan lengkung dari sampel uji.
9. Alat uji *impact*, sebagai alat untuk mengetahui kekuatan beban kejut dari sampel uji.

10. Alat uji *mikrostruktur*, sebagai alat untuk mengetahui struktur dari sampel uji.

### 3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada proses penelitian ini adalah:

1. Serat tandan kosong kelapa sawit
2. NaOH
3. Resin *epoxy*
4. Margarin

### 3.4 Prosedur Penelitian

Berikut ini prosedur yang dilakukan pada penelitian adalah:

#### 3.4.1 Pengambilan Serat

1. Memisahkan serat yang terbungkus oleh kulit tandan kosong kelapa sawit.
2. Serat yang sudah terpisah di cuci menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH) kemudian dijemur dibawah sinar matahari hingga kering.

#### 3.4.2 Langkah Pembuatan

Langkah-langkah dalam pembuatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Membuat cetakan dari kaca dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 150 mm dan tinggi 12 mm. Untuk mengetahui volume cetakan ( $V_c$ ) maka menggunakan rumus volume balok, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}V_c &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \\ &= 270.000 \text{ mm}^3 \text{ (270 cm}^3\text{)}\end{aligned}$$

Untuk menghitung massa jenis serat tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy* dapat dihitung dengan menggunakan rumus Archimedes sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

$\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup>) atau (gr/cm<sup>3</sup>)

m = massa (kg atau gr)

V = Volume (m<sup>3</sup> atau cm<sup>3</sup>)

Untuk menghitung persentase dari berat serat tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy* yang perlu diketahui adalah volume cetakan, yang mana besar volume dari cetakan (V<sub>c</sub>) 270 cm<sup>3</sup>. Massa jenis ( $\rho$ ) ada massa jenis serat tandan kelapa sawit ( $\rho_{\text{serat}}$ ) dan untuk massa jenis resin *epoxy* ( $\rho_{\text{matriks}}$ ).

Untuk menghitung fraksi volume serat parameter yang perlu diketahui adalah berat jenis serat, berat jenis matriks, berat komposit, dan berat serat.

Berat serat tanpa resin *epoxy* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$m_{\text{serat}} = V_{\text{cetakan}} \times \rho_{\text{serat}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

$$V_{\text{cetakan}} = \text{volume cetakan (cm}^3\text{)}$$
$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$\rho_{\text{serat}} = \text{massa jenis serat (gr/cm}^3\text{)}$$

$$m_{\text{serat}} = V_{\text{cetakan}} \times \rho_{\text{serat}}$$
$$= 270 \text{ cm}^3 \times 0,6 \text{ gr/cm}^3$$
$$= 162 \text{ gr}$$

Menghitung persentase dari serat TKKS

Sampel pertama serat TKKS 30%

$$30\% \times 162 \text{ gr} = 48,6 \text{ gr}$$

Sampel kedua serat TKKS 40%

$$40\% \times 162 \text{ gr} = 64,8 \text{ gr}$$

Sampel ketiga serat TKKS 50%

$$50\% \times 162 \text{ gr} = 81 \text{ gr}$$

Jumlah berat serat TKKS yang di gunakan untuk pembuatan sampel uji adalah 194,4 gr.

Berat resin *epoxy* tanpa serat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$m_{\text{matriks}} = V_{\text{cetakan}} \times \rho_{\text{matriks}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

$$V_{\text{cetakan}} = \text{volume cetakan (cm}^3\text{)}$$
$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$\rho_{\text{matriks}} = \text{massa jenis matriks (gr/cm}^3\text{)}$$

$$m_{\text{matriks}} = V_{\text{cetakan}} \times \rho_{\text{matriks}}$$
$$= 270 \text{ cm}^3 \times 1,17 \text{ gr/cm}^3$$
$$= 315,9 \text{ gr}$$

Menghitung persentase dari resin epoxy

Sampel pertama resin epoxy 70%

$$70\% \times 315,9 \text{ gr} = 221,13 \text{ gr}$$

Sampel kedua resin epoxy 60%

$$60\% \times 315,9 \text{ gr} = 189,54 \text{ gr}$$

Sampel ketiga resin epoxy 50%

$$50\% \times 315,9 \text{ gr} = 157,95 \text{ gr}$$

Jumlah berat resin epoxy yang di gunakan untuk pembuatan sampel uji adalah 568,62 gr.

Volume komposit dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$V_{\text{komposit}} = (\% \text{ serat} \times m_{\text{serat}}) + (\% \text{ matriks} \times m_{\text{matriks}}) \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

$\% \text{ serat}$  = persentasi serat

$m_{\text{serat}}$  = massa serat (gr)

$\% \text{ matriks}$  = persentasi matriks

$m_{\text{matriks}}$  = massa matriks (gr)

2. Mempersiapkan bahan serat tandan kosong kelapa sawit.

Serat tandan kosong kelapa sawit yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

3. Memotong serat secara acak pada tandan kosong kelapa sawit yang sudah dikeringkan menggunakan gunting.
4. Perbandingan variasi dari komposisi bahan adalah:
  - 1) Matriks resin *epoxy* dengan komposisi 70%, sedangkan serat tandan kosong kelapa sawit dengan komposisi 30%.
  - 2) Matriks resin *epoxy* dengan komposisi 60%, sedangkan serat tandan kosong kelapa sawit dengan komposisi 40%.

- 3) Matriks resin *epoxy* dengan komposisi 50%, sedangkan serat tandan kosong kelapa sawit dengan komposisi 50%.
5. Mempersiapkan bahan resin *epoxy*.  
Resin *epoxy* dicampur dengan pengeras *hardener* dan di aduk sampai merata didalam wadah.
6. Masukkan serat TKKS kedalam wadah yang telah di isi dengan resin epoxy dengan takaran variasi persentase kemudian diaduk kembali hingga tercampur dengan merata.
7. Cetakan diberi margarin berfungsi sebagai pelumas agar mudah melepaskan sampel uji.
8. Tuang perbandingan variasi sampel uji kedalam cetakan sambil di tekan-tekan seratnya supaya tidak ada udara yang terjebak (*void*).
9. Tunggu sampel uji hingga benar-benar mengeras.
10. Sampel uji yang sudah mengeras atau kering dipotong menggunakan gergaji sesuai dengan standar ASTM yang digunakan.

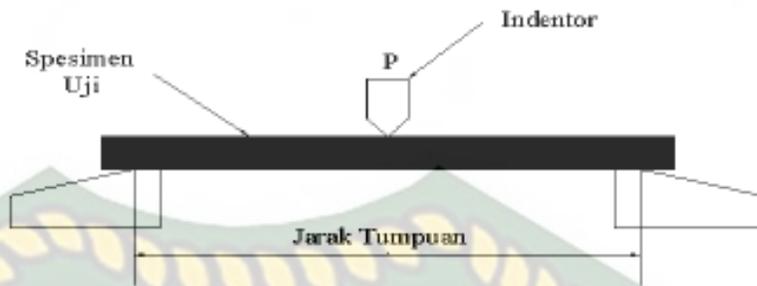
### 3.5 Prosedur Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

#### 3.5.1 Uji *Bending*

Uji *bending* digunakan untuk mengetahui kekuatan lengkung pada suatu bahan atau material sampel uji. Langkah-langkah pengujian sampel uji pada *bending* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan spesimen dengan ASTM D790-03 panjang 120 mm, lebar 15 mm, dan tebal 7 mm.
2. Benda uji diletakkan pada dua tumpuan.

Gambar 3.2 Spesimen uji *bending*

Sumber: (Carli, dkk. 2012)

3. Memberikan beban pada benda uji dengan pembeban secara konstan.
4. Menurunkan beban sampai menyentuh ke permukaan benda uji.
5. Menjalankan mesin *bending* menekan benda uji sampai patah.
6. Diperoleh angka di monitor alat uji *bending*.

Tabel 3.1 Pengujian *Bending*

NO	Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	Max. Force (N)	Bending Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Defleksi (mm)	Modulus Elastisitas (N/mm <sup>2</sup> )
1	S 30% R 70%					
2	S 40% R 60%					
3	S 50% R 50%					

### 3.5.2 Uji *Impact*

Uji *impact* merupakan salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Pada penelitian ini perlu dilakukan pengujian tersebut untuk mengetahui seberapa besar kekuatan material dalam menahan beban kejut yang diberikan.

Langkah-langkah pengujian *impact* :

- a. Membuat komposit sesuai dengan specimen uji *impact* tipe *charpy* (menggunakan takikan tipe V)
- b. Mengukur dimensi specimen
- c. Melakukan pengujian *impact*
  1. Bandul ditempatkan pada posisi awal
  2. Jarum penunjuk diatur pada posisi 0
  3. Spesimen diletakkan pada tempatnya (alat *impact*) secara tepat
  4. Pin pengunci beban ditekan, sehingga bandul meluncur menimpa specimen
  5. Rem ditekan ketika bandul hendak mengayun untuk yang kedua kalinya.
  6. Mengamati dan mencatat besarnya sudut dan besarnya energi yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk
  7. Langkah tersebut diulangi untuk semua specimen
  8. Analisa data.

Tabel 3.2 Pengujian *Impact*

NO	Spesimen	A (mm)	B (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Alfa	Beta	E (jule)	HI (jule/mm <sup>2</sup> )	Bentuk Patahan
1	S 30% R 70%								
2	S 40% R 60%								
3	S 50% R 50%								

Keterangan :

E = Energi impek

a = Panjang  
b = Tebal - takikan  
A = Alas  
 $\alpha$  = sudut awal piso  
 $\beta$  = sudut akhir piso  
HI= Kekuatan patah

### 3.5.3 Uji Mikrostruktur

Pengujian *mikrostruktur* dilakukan untuk mengetahui struktur pada spesimen uji. Pada pengujian mikrostruktur ada langkah-langkah yang harus dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Mempersiapkan spesimen yang akan di uji.
2. Melakukan pengujian dengan menggunakan mikroskop optik untuk mengetahui struktur benda uji.
3. Diperoleh foto pembesaran pada benda uji.

### 3.6 Jadwal Kegiatan/Kerja

Pada rencana dalam melakukan kegiatan untuk menyelesaikan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jadwal Kegiatan/Kerja

No	Kegiatan	2019					2020												2021					
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
1	Studi Literatur																							
2	Proposal																							
3	Pengumpulan data																							
4	Pengujian Spesimen																							
5	Revisi																							

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian *Bending*

Penelitian pada pengujian *bending* memiliki tujuan untuk mengetahui beberapa sifat mekanis komposit dari serat tandan kosong kelapa sawit dan resin epoxy sebagai pengikatnya. Pada pengujian *bending* ini dilaksanakan di Laboratorium Quality Control Politeknik Kampar dengan menggunakan jenis alat uji HUNG TA HT-8503 dengan standar ASTM D\_790-03 dengan jumlah sampel yang di uji ada 3 spesimen dengan variasi, sampel pertama 30% TKKS 70% resin epoxy, sampel kedua 40% TKKS 60% resin epoxy, dan sampel ketiga 50% TKKS 50% resin epoxy. Berikut ini adalah hasil dan pembahasan pada pengujian *bending*.

##### 4.1.1 Hasil Pengujian *Bending*

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Bending*

NO	Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	Max. Force (N)	Bending Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Defleksi (mm)	Modulus Elastisitas (N/mm <sup>2</sup> )
1	S 30% R 70%	105,600	111,0	15,29	2,26	2.386,54
2	S 40% R 60%	99,600	101,4	15,27	2,94	2.180,13
3	S 50% R 50%	107,200	70,8	9,91	2,08	1.522,27

Untuk mencari perhitungan modulus elastisitas *bending* menggunakan rumus (2.3).

Modulus elastisitas *bending* ( $E_b$ )

Sampel pertama, serat TKKS 30% resin epoxy 70%

$$\begin{aligned} E_b &= \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} \\ &= \frac{100^3 \text{mm} \times 111,0 \text{ N}}{4 \times 15 \times 7^3 \times 2,26} \end{aligned}$$

$$= 2.386,54 \text{ N/mm}^2$$

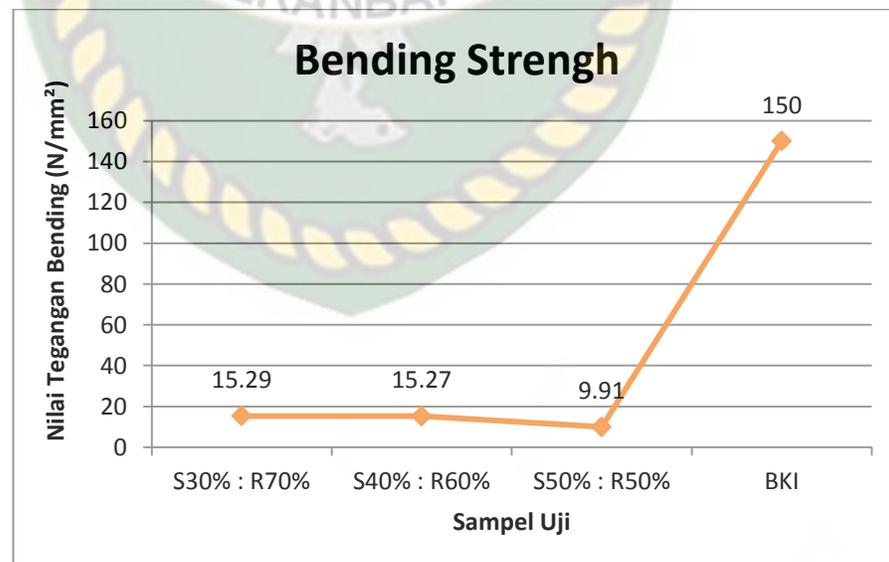
Sampel pertama, serat TKKS 40% resin epoxy 60%

$$\begin{aligned} E_b &= \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} \\ &= \frac{100^3 \text{ mm} \times 101,4 \text{ N}}{4 \times 15 \times 7^3 \times 2,94} \\ &= 2.180,13 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

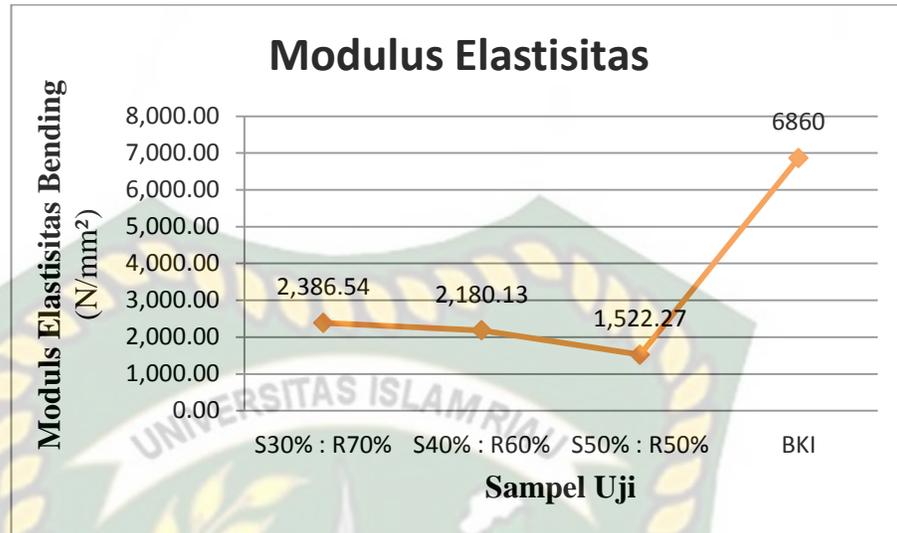
Sampel pertama, serat TKKS 50% resin epoxy 50%

$$\begin{aligned} E_b &= \frac{L^3 P}{4bd^3 \delta} \\ &= \frac{100^3 \text{ mm} \times 70,8 \text{ N}}{4 \times 15 \times 7^3 \times 2,08} \\ &= 1.522,27 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dari tabel 4.1 hasil pengujian bending untuk nilai tegangan bending, dan modulus elastisitas dari material komposit serat TKKS dan resin epoxy. Sedangkan untuk standar ASTM D790-03 mengacu pada standar BKI terdapat pada tabel 2.4, sebagai berikut dapat ditampilkan dengan grafik tegangan bending dan modlus elastisitas:



Grafik 4.1 Nilai Tegangan Bending



Grafik 4.2 Modulus Elastisitas Bending

#### 4.1.2 Pembahasan Pengujian *Bending*

Dari hasil pengujian bending pada tiga spesimen diketahui bahwa gaya maksimalnya yang di terima 111,0 newton, 101,4 newton, dan 70,8 newton. Sedangkan untuk nilai dari kekuatan bendingnya didapat dari pengujian 15,29  $N/mm^2$ , 15,27  $N/mm^2$ , dan 9,91  $N/mm^2$ . Untuk nilai dari defleksi dari pengujian bending ketiga sampel nilainya adalah 2,26 mm, 2,94 mm, 2,08 mm. Selanjutnya untuk mencari modulus elastisitasnya menggunakan persamaan  $E_b = L^3 P / 4bd^3 \delta$ .

Data dari tabel 4.1 dapat di simpulkan bahwa sampel yang komposisi seratnya paling sedikit dan komposisi resinnya paling banyak maka kekuatan bendingnya jadi lebih besar, sedangkan untuk komposisi serat semakin banyak maka nilai kekuatan bendingnya semakin rendah.



Gambar 4.1 Hasil Patahan Uji Bending TKKS 30% Resin Epoxy 70%



Gambar 4.2 Hasil Patahan Uji Bending TKKS 40% Resin Epoxy 60%



Gambar 4.3 Hasil Patahan Uji Bending TKKS 50% Resin Epoxy 50%

#### 4.1.3 Perbandingan Hasil Uji Bending Dengan Regulasi BKI

Pada *Rules Of Fiberglass Reinforced Plastic 2016*, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), section 1.C.4 Menyatakan bahwa untuk kapal FRP dengan bahan penguat fiberglass yang diisi oleh serat penguat baik itu dengan proses *hand lay up* dan lainnya harus mempunyai standar kekuatan tekan  $150 \text{ N/mm}^2$  dan untuk modulus elastisitasnya  $6860 \text{ N/mm}^2$ .

Perbandingan nilai dari kekuatan tegangan patah uji bending Pada komposisi serat TKKS dan resin epoxy dengan persyaratan standar BKI sebagai berikut:

1. Untuk serat TKKS 30% dan resin epoxy 70% adalah  $15,29 \text{ N/mm}^2$  maka selisih 89,8% dengan standar BKI.
2. Untuk serat TKKS 40% dan resin epoxy 60% adalah  $15,27 \text{ N/mm}^2$  maka selisih 89,8% dengan standar BKI.
3. Untuk serat TKKS 50% dan resin epoxy 50% adalah  $9,91 \text{ N/mm}^2$  maka selisih 93,3% dengan standar BKI.

Perbandingan nilai dari modulus elastisitas pada uji bending Pada komposisi serat TKKS dan resin epoxy dengan persyaratan standar BKI sebagai berikut:

1. Untuk serat TKKS 30% dan resin epoxy 70% adalah  $2.386,54 \text{ N/mm}^2$  maka selisih 65,2% dengan standar BKI.
2. Untuk serat TKKS 40% dan resin epoxy 60% adalah  $2.180,13 \text{ N/mm}^2$  maka selisih 68,2% dengan standar BKI.
3. Untuk serat TKKS 50% dan resin epoxy 50% adalah  $1.522,27 \text{ N/mm}^2$  maka selisih 77,8% dengan standar BKI.

Beberapa faktor yang mengakibatkan pengujian bending tidak mencapai standar BKI yaitu:

1. Fator pada serat, dimana ukuran serat sangat mempengaruhi dalam keuletan benda uji yang mengaibatkan kurang maksimal mengikat antara serat dengan serat yang lain.
2. Faktor pada variasi campuran serat dengan matrik juga mempengaruhi kekuatan dan keuletan pada pengujian bending.
3. Proses dalam pencampuran kurang maksimal, sehingga terjadi void pada spesimen uji.

#### **4.2 Pengujian *Impect***

Penelitian pada pengujian impact memiliki tujuan untuk mengetahui beberapa sifat mekanis komposit dari serat tandan kosong kelapa sawit dan resin epoxy sebagai pengikatnya. Pada pengujian impact ini dilaksanakan di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Riau dengan jumlah sampel yang di uji ada 3 spesimen dengan variasi, sampel pertama 30% TKKS 70% resin epoxy, sampel kedua 40% TKKS 60% resin epoxy, dan sampel ketiga 50% TKKS 50% resin epoxy. Berikut ini adalah hasil dan pembahasan pada pengujian impact.

#### 4.2.1 Hasil Pengujian *Impact*

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Impact*

NO	Spesimen	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Alfa	Beta	W (jule)	HI (jule/mm <sup>2</sup> )	Bentuk Patahan
1	S 30% R 70%	10	8	80	150	123	51,3	0,64	Getas ( <i>Brittle</i> )
2	S 40% R 60%	10	8	80	150	127	41,5	0,51	Kombinasi Patahan Getas dan Patahan Sikat
3	S 50% R 50%	10	8	80	150	125	46,5	0,58	Kombinasi Patahan Getas dan Patahan Sikat

Untuk menghitung energi tenaga patah serta mengetahui kekuatan *impact* dari benda uji maka menggunakan rumus persamaan pada 2.4 dan 2.5

##### 1) Energi tegangan patah (*E*)

Sampel pertama, serat TKKS 30% resin epoxy 70%

$$\begin{aligned}
 E &= mgr(\cos\beta - \cos\alpha) \\
 &= 21,8 \times 9,81 \times 0,75 (\cos 123^\circ - \cos 150^\circ) \\
 &= 160,39 \times (-0,54 - (-0,86)) \\
 &= 160,39 \times 0,32 \\
 &= 51,3 \text{ jule}
 \end{aligned}$$

Sampel kedua, serat TKKS 40% resin epoxy 60%

$$\begin{aligned}
 E &= mgr(\cos\beta - \cos\alpha) \\
 &= 21,8 \times 9,81 \times 0,75 (\cos 127^\circ - \cos 150^\circ) \\
 &= 160,39 \times (-0,601 - (-0,86))
 \end{aligned}$$

$$= 160,39 \times 0,259$$

$$= 41,5 \text{ jule}$$

Sampel ketiga, serat TKKS 50% resin epoxy 50%

$$E = mgr(\cos\beta - \cos\alpha)$$

$$= 21,8 \times 9,81 \times 0,75 (\cos 125^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 160,39 \times (-0,57 - (-0,86))$$

$$= 160,39 \times 0,29$$

$$= 46,51 \text{ jule}$$

2) Kekuatan patah (*HI*)

Sampel pertama, serat TKKS 30% resin epoxy 70%

$$HI = \frac{E}{A}$$

$$= \frac{51,3 \text{ jule}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,64$$

Sampel kedua, serat TKKS 40% resin epoxy 60%

$$HI = \frac{E}{A}$$

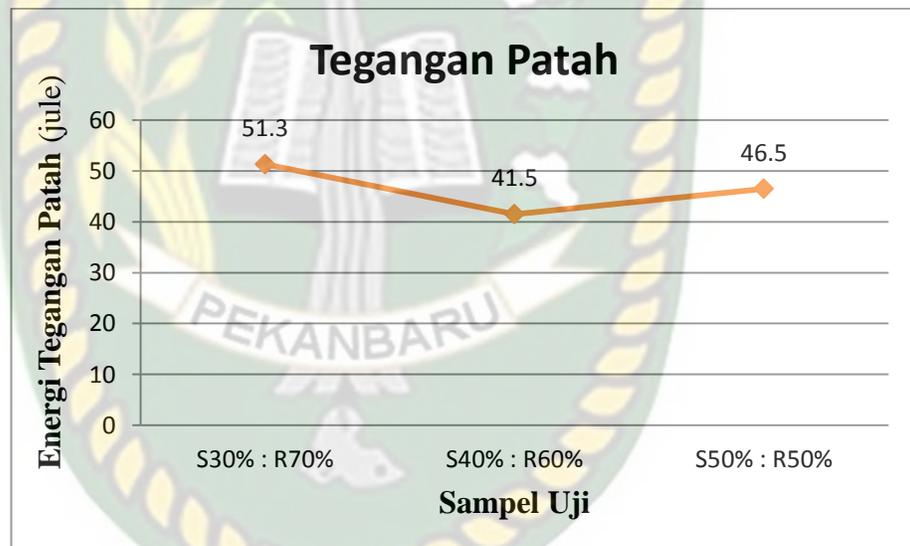
$$= \frac{41,5 \text{ jule}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,51$$

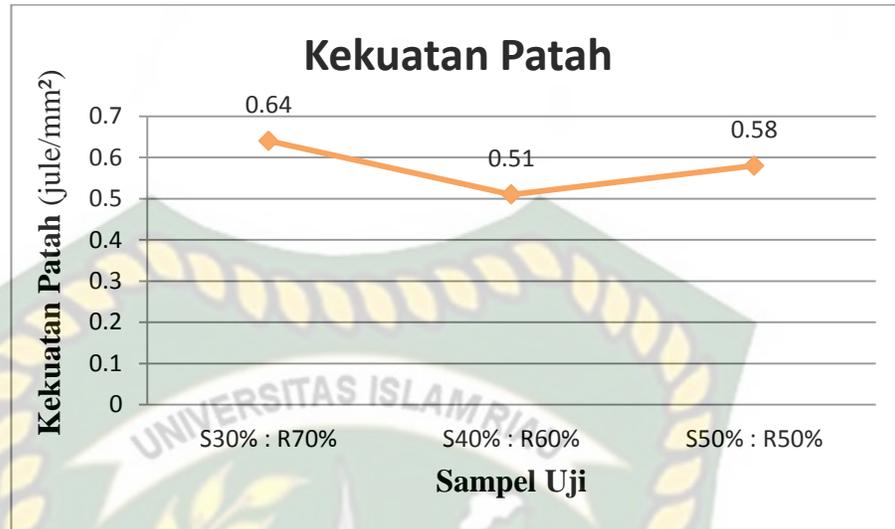
Sampel ketiga, serat TKKS 50% resin epoxy 50%

$$HI = \frac{E}{A}$$
$$= \frac{46,51 \text{ jule}}{80 \text{ mm}^2}$$
$$= 0,58$$

Dari tabel 4.2 hasil pengujian impact untuk nilai energi tegangan patah dan kekuatan patah dari material komposit serat TKKS dan resin epoxy dapat ditampilkan dengan grafik energi tegangan patah dan kekuatan patah sebagai berikut:



Grafik 4.3 Energi Tegangan Uji Impact (E)



Grafik 4.4 Kekuatan Uji Impact (HI)

#### 4.2.2 Pembahasan Pengujian Impact

Dari hasil pengujian Impact pada tiga specimen diketahui bahwa energi uji impact yang diterima yaitu 51,3 joule, 41,5 joule, 46,5 joule. Kemudian besar energi yang diserap oleh spesimen komposit akan menunjukkan kekuatan impact benda uji yang dapat dihitung dengan persamaan  $HI = E/A$ .

Sampel yang komposisi seratnya paling sedikit memiliki energi serapan specimen yg besar yaitu 51,3 Joule dan nilai kekuatan patahnya juga menunjukkan paling tinggi yaitu 0,64 jule/mm<sup>2</sup> dibanding 2 specimen lainnya yang komposisi seratnya lebih banyak dari specimen 1. Faktor komposisi resin juga mempengaruhi kegetasan sampel, dimana sampel yg komposisi resin tinggi akan membuat Energi (E) serapan rendah dan kekuatan patahnya (HI) juga rendah.

Secara pengamatan visual pada sampel pertama TKKS 30% resin epoxy 70% patahan komposit pada orientasi serat discontinuous menunjukkan pola patahan getas (brittle fracture) yaitu pola patahan segaris, sama rata dan mengkilap. Sifat matrik yang getas ini memungkinkan sifat elastisitas

komposit menjadi menurun, akan tetapi komposit mengalami putus baik patahan matrik pada satu titik dan terjadi pada daerah beban. Hal ini mengindikasikan bahwa matrik masih mampu bekerja sama menerima beban tarik, bukti lain sepanjang permukaan tidak mengalami retak.



(1) Tampak atas

(2) Tampak samping

Gambar 4.4 Sampel pertama TKKS 30% resin epoxy 70%

Pada sampel kedua dan sampel ketiga orientasi serat *hybrid*, kondisi patahan menunjukkan mekanisme kondisi serat tercabut. Komposit mengalami putus yg buruk karena terjadi retakan pada permukaan. Serat yg terjadi merupakan kombinasi antara patahan getas dan patah sikat.



Gambar 4.5 Sampel kedua TKKS 40% resin epoxy 70%



Gambar 4.6 Sampel ketiga TKKS 50% resin epoxy 50%

#### **4.2.3 Perbandingan Hasil Pengujian *Impact* Dengan Regulasi BKI**

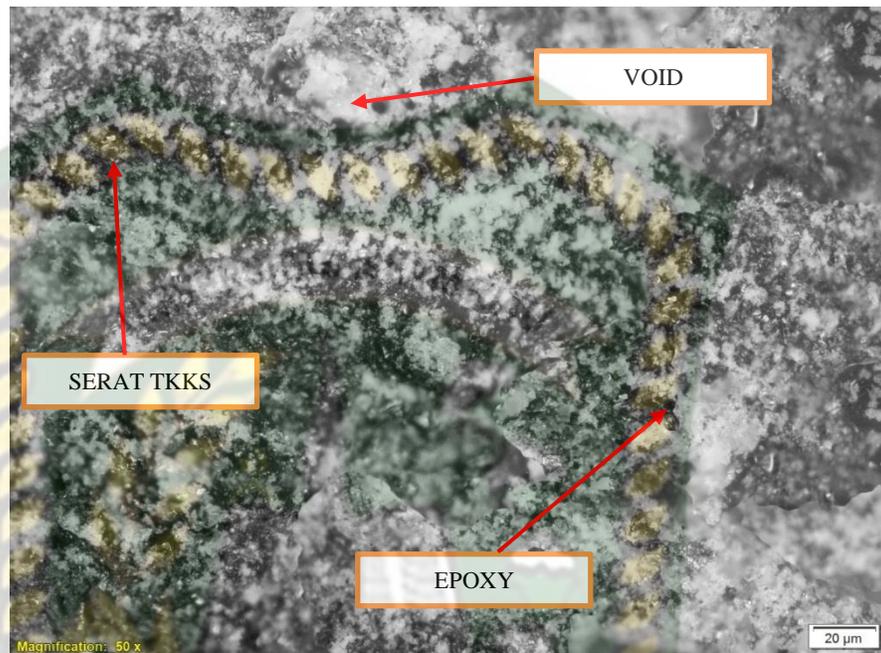
Dalam aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) hanya menentukan persyaratan material komposit berdasarkan pengujian bending, sehingga untuk pengujian impact hanya memberikan info tentang kekuatan energi dan keuletan sampel uji terhadap pengujian impact.

#### **4.3 Pengamatan Mikrostruktur**

Penelitian pada pengamatan mikrostruktur memiliki tujuan untuk mengetahui beberapa sifat mekanis komposit dari serat tandan kosong kelapa sawit dan resin epoxy sebagai pengikatnya. Pada pengamatan mikrostruktur ini dilaksanakan di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Riau dengan jumlah sampel yang di uji ada 3 spesimen dengan variasi, sampel pertama 30% TKKS 70% resin epoxy, sampel kedua 40% TKKS 60% resin epoxy, dan sampel ketiga 50% TKKS 50% resin epoxy. Berikut ini adalah hasil dan pembahasan pengamatan mikrostruktur.

### 4.3.1 Sampel 1 Serat TKKS 30%, Resin Epoxy 70%

#### 4.3.1.1 Hasil Pengamatan Microstruktur



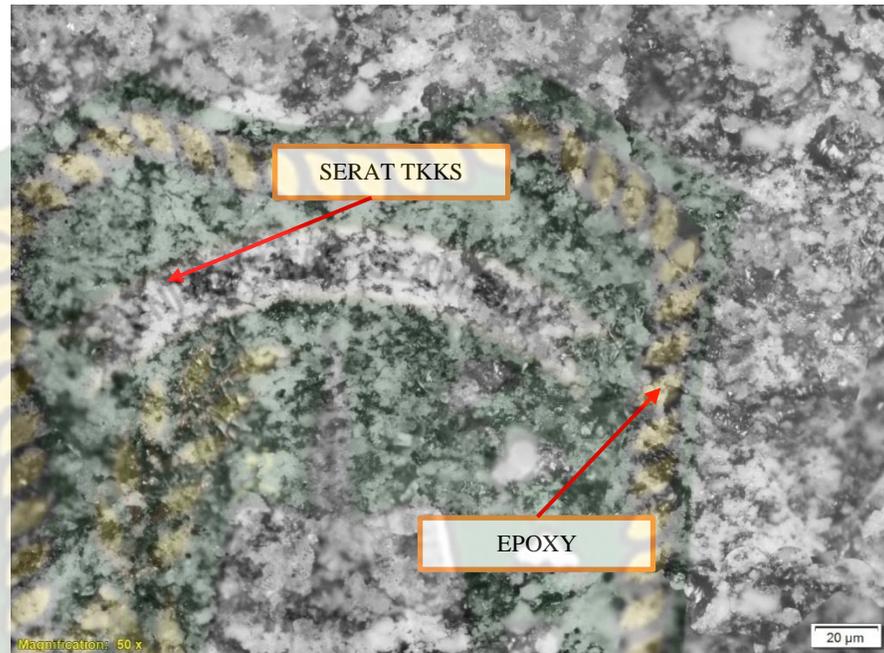
Gambar 4.7 Pengamatan Microstruktur TKKS 30%, Resin Epoxy 70%

#### 4.3.1.2 Pembahasan Pengamatan Microstruktur

Pada Sampel pertama serat TKKS yang berjumlah 30% berwarna gelap namun tidak tercampur merata dengan epoxy berwarna terang yang berjumlah 70%. Terlihat satu void pada permukaan sampel yang diamati. Ini menandakan bahwa komposit tidak homogen secara maksimal. Material sampel 1 ini memiliki jenis patahan getas saat diuji impact.

## 4.3.2 Sampel 2 Serat TKKS 40%, Resin Epoxy 60%

### 4.3.2.1 Hasil Pengamatan Microstruktur



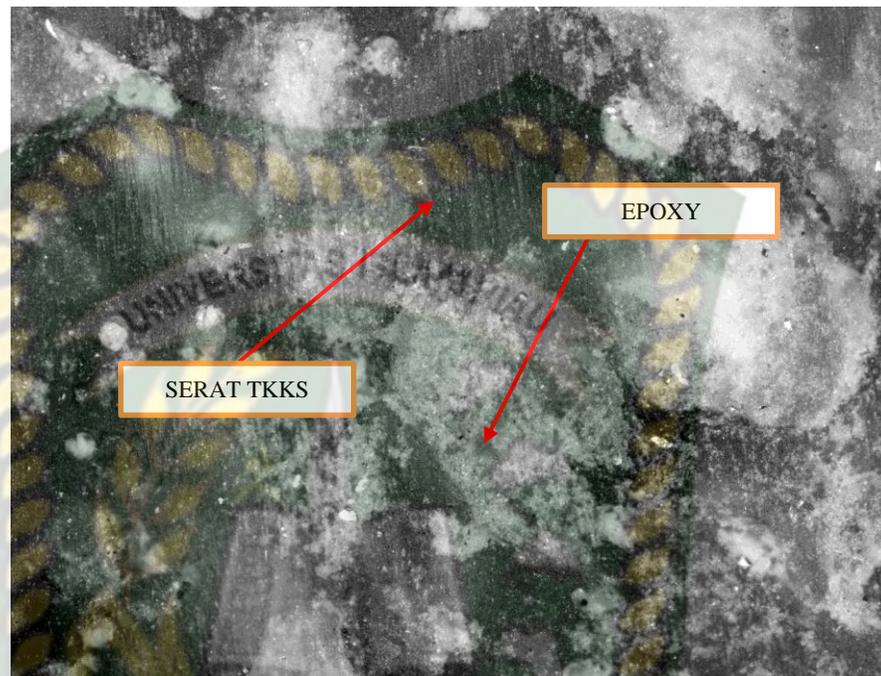
Gambar 4.8 Pengamatan Microstruktur TKKS 40%, Resin Epoxy 60%

### 4.3.2.2 Pembahasan Pengamatan Microstruktur

Pada sampel kedua serat TKKS yang berjumlah 40% berwarna gelap sudah mulai tercampur merata dengan epoxy berwarna terang yg berjumlah 60%. Tidak terlihat lagi adanya void pada permukaan sampel yang diamati. Ini menandakan bahwa komposit sudah mulai homogen secara maksimal. Material sampel 2 ini memiliki hasil patahan berserabut saat diuji impact.

### 4.3.3 Sampel 3 Serat TKKS 50%, Resin Epoxy 50%

#### 4.3.3.1 Hasil Pengamatan Microstruktur



Gambar 4.9 Pengamatan Microstruktur TKKS 50%, Resin Epoxy 50%

#### 4.3.3.2 Pembahasan Pengamatan Microstruktur

Pada sampel ketiga serat TKKS yang berjumlah 50% berwarna gelap sudah tercampur merata dengan epoxy berwarna terang yang berjumlah sama dengan komposisi resin epoxy 50%. Terlihat gumpalan - gumpalan besar pada permukaan sampel yang diamati. Ini menandakan bahwa komposit sudah homogen secara maksimal. Material sampel 3 ini memiliki hasil patahan serat hybrid saat diuji impact.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan penulis yang berjudul “Penggunaan Serat Susunan Acak (*Random*) Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Matriks *Epoxy* Sebagai Material Komposit Sepeda Air (*Peddle Boat*)”, maka dapat diambil kesimpulan pada akhir penulisan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian bending dengan variasi komposisi serat tandan kosong kelapa sawit dengan resin *epoxy* perbandingan nilai kekuatan tegangan patah uji bending pada persyaratan standar BKI sebesar  $150 \text{ N/mm}^2$  hasil yang tertinggi TKKS 30% dan resin *epoxy* 70% yaitu  $15,29 \text{ N/mm}^2$ . Sedangkan untuk modulus elastisitas standar BKI sebesar  $6860 \text{ N/mm}^2$  dan hasil yang tertinggi TKKS 30% dan resin *epoxy* 70% yaitu  $2.386,54 \text{ N/mm}^2$ , maka dapat disimpulkan bahwa dari variasi yang di uji masih belum memenuhi standar BKI baik itu untuk kekuatan bending maupun modulus elastisitasnya. Hal ini disebabkan pada proses pembuatan spesimen yang mengalami cacat dalam pengerjaan.
2. Dari hasil pengujian impct pada tiga specimen diketahui bahwa energi uji impact yang diterima yaitu 51,3 joule, 41,5 joule, 46,5 joule. Sampel yang komposisi seratnya paling sedikit memiliki energi serapan spesimen yg besar yaitu 51,3 Joule dan nilai kekuatan patahnya juga menunjukkan paling tinggi yaitu  $0,64 \text{ jule/mm}^2$ , semakin banyak campuran resin maka sifat dari spesimen akan menjadi getas.
3. Pada sampel serat TKKS yang berjumlah 50% dan resin epoxy 50% berwarna gelap sudah tercampur tercampur merata dengan epoxy berwarna terang. Terlihat gumpalan - gumpalan besar pada permukaan sampel yang

diamati. Sampel uji menandakan bahwa komposit sudah homogen secara maksimal dan tidak ditemukan adanya void. Material sampel uji ini memiliki hasil patahan serat hybrid.

## 5.2 Saran

Tugas akhir yang disusun oleh penulis masih memiliki keterbatasan dan kekurangan baik yang disebabkan oleh keterbatasan peralatan, bahan, waktu, dan biaya. Oleh sebab itu penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi dengan kajian yang mendalam dan lebih lengkap. Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan hal – hal berikut:

1. Serat yang akan digunakan sebaiknya sebersih mungkin yang tidak mengandung unsur minyak, air, dan pengotor lainnya.
2. Pengeringan pada serat yang gunakan di pastikan benar – benar kering.
3. Bahan – bahan diukur dengan sesuai kakuratan yang digunakan dan saat pencampuran serat dengan resin epoxy diusahakan agar benar merata.
4. Pada saat pemotongan sampel yang akan di uji dengan cara hati- hati agar tidak mengalami keretakan dan sampel di bentuk sesuai dengan akurasi standar
5. Disarankan untuk dilakukan variasi campuran lainya dan variasi susunan serat agar penelitian selanjutnya memperoleh standar yang di inginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif. (2012). TBS (Tandan Kosong Kelapa Sawit)
- Badan Pusat Statistik(BPS). (2014). Statistik Kelapa Sawit Indonesia. Katalog BPS.5504003. Hal.7
- BKI. (2006). Fibreglass Reinforced Plastics Ships. Rules and Regulation for the Classification and Construction of Ships. Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta
- Carli., Widyanto, S, A., Haryanto, I. (2012). Analisis Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Serat Gelas Jenis Woven dengan Matriks Epoxy dan Polyester Berlapis Simetri dengan Metoda Manufaktur Hand Lay-Up. Teknis. Vol.7. No.1.Hal.22-26
- Diharjo, K., Triyono, T. (2003). Buku Pegangan Kuliah Material Teknik
- Gibson, Ronald, F. (1994). Principle Of Composite Materials Mechanic. New York: Mc Graw Hill, Inc
- Harmsen, P., Huijgen, W., Bermudez, L., Bakker, R. (2010). Literature Review Of Physical and Chemical Pretreatment Processes For Lignocellulosic Biomass. Wageningen UR Food & Biobased Research. 1184
- Hariandja, Binsar. (1996). Mekanika Teknik. Statika Dalam Analisis Struktur Berbentuk Rangka. Jakarta
- Humaidi, S. (1998). Bahan Polimer Komposit
- International Organization for Standardization. (1998). ISO 14125. International Standard. Fibre-reinforced Plastic Composites Determination of Flexural Properties
- Jones, Robert, M. (1999). Mechanic Of Composite Materials Second Edition. Hal.160

- Marzuki., Ismail. (2017). Kajian Standarisasi Laminasi Struktur Konstruksi Lambung Kapal Ikan Fiberglass 3 GT. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Hal.1
- Mujiarto., Imam. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif
- Prabowo., Lukas. (2007). Pengaruh Perlakuan Kimia Pada Serat Kelapa (*Coir Fiber*) Terhadap Sifat Mekanis Komposit Serat Dengan Matrik Polyster.
- Pratiknyo. Yuwono, B., Susila Candra., Michael Lawrence Tanujaya. (2011). Rancang Bangun Water Bike Sebagai Sarana Wisata Dan Pengontrol Karambah Waduk Tanjungan Mojokerto. Hal.131-132
- Ralp J. Fessenden (1986). Kimia Organic
- Riski, Prayoga. (2012). Pengujian Lengkung (*Bending Test*)
- Surdia, T., Saito, S. (2000). Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan ke3
- Tectona Sidha, Dicky. (2019). Analisa Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon dan Anyaman Kawat Dengan Metode Ftir dan Struktur Micro Makro. Skripsi. Institut Teknologi Nasional Malang. Hal.27