

**ANALISIS KEKUATAN *IMPACT* DAN LENGKUNG PADA SERAT
KULIT AKASIA DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
MENGUNAKAN RESIN *EPOXY* SEBAGAI
PENGUAT PADA BIOKOMPOSIT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada

Program S-1 Program Studi S-1 Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Islam Riau



Oleh : **KHAIRI TRY NALDI**

NPM: 15.331.0622

PEKANBARU

2020

Analisis Kekuatan *Impact* Dan Lengkung Pada Serat Kulit Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Resin *Epoxy* Sebagai Penguat Pada Biokomposit

Khairi Try Naldi dan Syawaldi

*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
Jln. Kharuddin Nasution No.133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru*

E-mail : khairi@student.uir.ac.id

Abstrak

Biokomposit adalah gabungan dari suatu bahan yang terdiri dari dua bagian atau lebih dan digabungkan menjadi suatu bahan yang baru dan mempunyai sifat yang berbeda dengan bahan pembentukannya. dalam kasus ini pembuatan komposit menggunakan serat kulit akasia dan serat tandan kosong kelapa sawit sebagai penguat dan resin epoxy sebagai pengikat dalam pembuatan biokomposit. Dimana serat kulit akasia dan serat tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah yang banyak dibuang dan tidak terpakai Sehingga limbah ini dapat dimanfaatkan untuk pembuatan komposit. Untuk mengetahui sifat mekanik dari bahan biokomposit dari serat kulit akasia dan tandan kosong kelapa sawit maka diperlukan pengujian pada bahan komposit terhadap ketangguhan bending dan kekuatan impact. Dengan variasi resin 60% resin dan 40% serat yang digunakan sebagai membuat spesimen dengan variasi serat dari kulit akasia dan tandan kosong kelapa sawit. Dengan tujuan untuk mendapatkan komposisi yang tepat dan meningkatkan kegunaan limbah dari pohon akasia dan kelapa sawit menjadi suatu material yang baru. Tahapan ini dimulai dengan pemilihan serat dan pencampuran resin epoxy. Pembuatan spesimen dan prosedur pengujian mengacu pada ASTM D790 untuk bending dan ASTM D6110-02 untuk impact. Hasil dari pengujian bending dan impact menunjukkan kekuatan dari uji bending yang terbesar adalah 35.69 N/mm² dengan fraksi volume 60% resin+30%serat akasia+10%tkks sedangkan kekuatan terendah untuk uji bending adalah 23.14 N/mm² dengan fraksi volume 60%resin+40% tkks .dan ketangguhan impact yang terbesar adalah 42.666×10⁻³ J/mm² untuk fraksi 60% resin+30%serat akasia+10%tkks sedangkan kekuatan terendah untuk uji impact adalah 24.211×10⁻³ J/mm² untuk fraksi volume 60%resin+40%. Dapat disimpulkan jika makin banyak fraksi serat akasia untuk membuat spesimen maka akan memiliki kekuatan dan ketangguhan yang lebih baik.

Kata kunci : komposit, serat, material, bending, impact, epoxy.

Analysis of the Strength of Impact and Curves on Acacia Bark and Empty Bunches of Palm Oil Using Epoxy Resin as Reinforcement in Biocomposites

Khairi Try Naldi dan Syawaldi

**Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau. Jln.
Kharuddin Nasution No.133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru**

E-mail : khairi@student.uir.ac.id

Abstract

Biocomposite is a combination of a material consisting of two or more parts and combined into a new material and has different properties from the forming material. In this case, the composite fabrication uses acacia bark sera and palm oil empty fiber as reinforcement and epoxy resin as reinforcement. binders in the manufacture of biocomposites. Where acacia bark fibers and empty palm oil bunches are waste that is widely thrown away and unused so that this waste can be used for making composites. To determine the mechanical properties of the biocomposite material from acacia bark fibers and oil palm empty bunches, it is necessary to test the composite material for bending toughness and impact strength. With resin variations of 60% resin and 40% fiber used to make specimens with a variety of fibers from acacia skin and oil palm empty bunches. With the aim of getting the right composition and increasing the use of waste from acacia and oil palm trees into new materials. This stage begins with the selection of fibers and mixing the epoxy resin. Specimen manufacturing and testing procedures refer to ASTM D790 for bending and ASTM D6110-02 for impact. The results of the bending and impact tests showed that the greatest strength of the bending test was 35.69 N / mm² with a volume fraction of 60% resin + 30% acacia fiber + 10% tkks while the lowest strength for the bending test was 23.14 N / mm² with a volume fraction of 60% resin. + 40% tkks and the greatest impact toughness was 42.666 × 10⁻³ J / mm² for the fraction 60% resin + 30% acacia fiber + 10% tkks while the lowest strength for the impact test was 24,211 × 10⁻³ J / mm² for fraction volume 60% resin + 40%. It can be concluded that if there are more acacia fiber fractions to make specimens, the strength and toughness will be better.

Keywords : composite, fiber, material, bending, impact, epoxy

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji serta syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunian-nya dan atas izin-Nya pula saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini merupakan salah satu tugas yang wajib diselesaikan oleh Mahasiswa Teknik Mesin dan juga merupakan persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Skripsi ini yang berjudul “**Analisis Kekuatan *impact* dan Lengkung pada Serat Kulit Akasia dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Resin *Epoxy* Sebagai Penguat pada Biokomposit**” bertujuan supaya mahasiswa bisa menganalisa dan menghitung kekuatan komposit untuk menjadi material baru di industri.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak khususnya dalam bidang teknik.

Wa'alaikum salam warahmatullahi wabarakatu

Pekanbaru, juni 2020

KHAIRI TRY NALDI

15.331.0622

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latarbelakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Dan Sifat-Sifat Material	4
2.1.1 Logam	4
2.1.2 Non Logam	5
2.2 Pengertian Komposit	6
2.2.1 Jenis Bahan Komposit	7
2.2.2 Sifat-Sifat Material Komposit	9
2.2.3 Klasifikasi Komposit.....	9
2.2.4 Bahan Penyusun Komposit	10
2.3 Serat Alami.....	11
2.4 Akasia.....	11
2.4.1 Penyebaran Pertumbuhan Akasia.....	12
2.4.2 Karakteristik Kayu	12
2.4.3 Kegunaan Kayu Akasia.....	14
2.5 Kelapa Sawit	14
2.5.1 Tanda Kosong Kelapa Sawat	14
2.6 Resin.....	15
2.6.1 Jenis-Jenis Resin	15

2.7 Uji <i>Impact</i>	17
2.7.1 Jenis-Jenis Metode Uji <i>Impact</i>	17
2.8. Uji Bending	20
2.8.1 Tekanan.....	21
2.8.2 Benda Uji	22
2.8.3 Point Bending.....	22
2.9 Persamaan Dan Komposisi Serat Komposisi	24

BAB III METODOLOGI MENELITIAN

3.1 Diagram Alir	26
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian	27
3.3 Tahapan Penelitian	27
3.3.1 Pengambilan Serat.....	27
3.3.2 Pembuatan Komposit	27
3.4 Alat Dan Bahan Pengujian	28
3.4.1 Alat.....	28
3.4.2 Bahan	30
3.4.3 Alat Pengujian	31
3.5 Prosedur Pengujian Penelitian.....	32
3.5.1 Fraksi Volume Cetakan	32
3.5.2 Prosedur Pengujian	33
3.6 Tabel Data Penelitian	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Terhadap Volume	37
4.2 Data Fraksi Volume Komposisi Komposit.....	38
4.2.1 Massa Jenis Serat Akasia ($\rho_{s,a}$).....	38
4.2.2 Massa Jenis Serat Tkks ($\rho_{s,t}$).....	39
4.2.3 Massa Serat Tanpa Resin (m_{str}).....	40
4.2.4 Massa Resin Tanpa Serat (m_{sts})	41
4.3 Menghitung Persentase Spesimen	42
4.4 Analisa Data Uji Bending.....	46
4.4.1 Hasil Data Uji Bending	46
4.5 Analisa Data Uji <i>Impact</i>	49

4.5.1 Hasil Dari Uji *Impact*..... 49

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan..... 52
5.2 Saran..... 52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Logam Ferro	4
Gambar 2.2. Polimer Pada Pipa Pvc.....	6
Gambar 2.3. Komposit Serat	7
Gambar 2.4. Laminar Composites	8
Gambar 2.5. Komposit Partikel (Particulate Composites)	8
Gambar 2.6. Komposit Serpih (Flake Composites).....	9
Gambar 2.7. Filled (Skeletal) Composites	9
Gambar 2.8. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk Dan Matriknya	10
Gambar 2.9. Uji <i>Impact</i>	17
Gambar 2.10. Posisi Spesimen Pada Uji Impact Metode Charpy	18
Gambar 2.11. Posisi Spesimen Pada Uji Impact Metode Izod	19
Gambar 2.12. <i>Three Point Bending</i>	23
Gambar 2.13. <i>Four Point Bending</i>	24
Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian	26
Gambar 3.2. Timbangan Digital.....	29
Gambar 3.3. Wadah Pembersih.....	29
Gambar 3.4. Penggaris Dan Jangka Soorong	29
Gambar 3.5. Gergaji	30
Gambar 3.6. Kertas Amplas	30
Gambar 3.7. Resin Epoxy.....	31
Gambar 3.8. Larutan Naoh	31
Gambar 3.9. Ukuran Spesimen Uji Bending Standar Astm-D 790	34
Gambar 3.10. Ukuran Spesimen Uji Impact Standar Astm-D 6110-02	35
Gambar 4.1. Dimensi Cetakan.....	37
Gambar 4.2. Grafik Hasil Uji Bending.....	47
Gambar 4.3. Specimen Sebelum Di Uji Bending.....	48
Gambar 4.4. Patahan Spesimen Setelah Di Uji Bending.....	49
Gambar 4.5. Grafik Hasil Uji <i>Impact</i>	50
Gambar 4.6. Specimen Sebelum Di Uji <i>impact</i>	51
Gambar 4.7. Patahan Spesimen Setelah Di Uji <i>Impact</i>	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Rata-Rata Pengujian Fisik Dan Kekuatan Mekanik Kayu Akasia (<i>Acacia Mangium</i>)	13
Tabel 2.2. Ketahanan Kayu Akasia	13
Tabel 2.3. Kelas Awet Dan Keterawetan Kayu Akasia Menurut Pohon.....	14
Tabel 2.4. Sifat Mekanik <i>Epoxy</i>	16
Tabel 2.5. Sifat Mekanik <i>Polyester</i>	17
Tabel 2.6. Kelebihan Dan Kekurangan <i>Three Point</i> Dan <i>Four Point</i>	22
Tabel 3.1. Data Persen Pembuatan Spesimen	35
Tabel 3.2. Data Pengujian Bending.....	36
Tabel 3.3. Data Pengujian Impact	36
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Bending.....	46
Tabel 4.2. Hasil Pengujian <i>Impact</i>	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman Akasia adalah genus dari semak-semak dan pohon *subfamily mimosoideae* dan *family fabaceae*, pertama kali diidentifikasi di Afrika oleh ahli *botani* Swedia Carl Linneaus pada 1773. Akasia adalah tumbuhan polong dengan getah dan daunnya mempunyai bantalan dalam jumlah besar. Akasia memiliki duri yang tersebar di seluruh cabang untuk beradaptasi dan tumbuh di iklim kering dan panas (iklim tropis). Akasia banyak tumbuh di Riau dan dimanfaatkan untuk pembuatan kertas. Namun, industri *pulp* tidak mengambil seluruh bagian dari pohon akasia untuk dijadikan *pulp*. Contohnya kulit kayu akasia, kulit ini hanya di biarkan menjadi limbah dan sebagiannya untuk pembakaran boiler.

Kelapa sawit berasal dari kata Yunani *Elaesi* (minyak) adalah *genus arecaceae* disebut sebagai kelapa sawit yang memiliki dua spesies yakni *elaeis guineensis* dan *elaeis oleifera*. Tumbuhan ini digunakan untuk usaha pertanian komersial dalam produksi minyak sawit. Secara umum kelapa sawit terdiri atas beberapa bagian yaitu akar, batang, daun, bunga dan buah. Bagian kelapa sawit yang di olah menjadi minyak adalah buah, kelapa sawit banyak menghasilkan limbah cair, gas, dan padat. Limbah padat merupakan yang paling banyak yakni sekitar 35-40% dalam bentuk cangkang, abu bakar dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS merupakan salah satu limbah hasil perkebunan yang ketersediaanya berlimpah dan dan belum optimal dimanfaatkan.

Limbah dari akasia (kulit kayu akasia) dan kelapa sawit (tandan kosong kelapa sawit) dapat dibuat untuk bahan berguna seperti bahan komposit. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentukannya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya (Muhamad Muhajir dkk, 2016). Bahan komposit pada umumnya terdiri atas dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan matriks sebagai bahan pengikat serat. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentukannya. Pengembangan industri komposit di Indonesia harus dilakukan dengan mencari bahan alternatif salah satunya pada serat kulit kayu akasia dan tandan kosong kelapa sawit sebagai penguat biokomposit. Biokomposit adalah kombinasi komponen dari serat alami seperti serat kayu (kayu keras atau kayu lunak) atau serat selain kayu (serat gandum, kenaf, rami, dan *flax*) untuk penguat sedangkan matriks yang biasanya terbuat dari polimer

berperan sebagai pengikat. Berdasarkan pengertian tersebut, serat alami merupakan komponen dari material biokomposit. Komposit alami atau biokomposit saat ini berperan sebagai material alternatif dari komposit serat gelas (*glass fiber composite*) (Syawaldi.2016).

Permasalahan yang terjadi adalah belum banyaknya limbah dari tanaman tersebut yang digunakan menjadi bahan yang berguna dalam bidang teknik (material komposit). sehingga limbah serat kulit akasia dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat dimanfaatkan sebagai karakteristik untuk dilakukan penelitian Tugas Akhir. Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis mengambil judul **Analisis Kekuatan *Impact* dan Lengkung pada Serat Kulit Akasia dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Resin *Epoxy* sebagai Penguat pada Biokomposit.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang ditentukan adalah:

1. Bagaimana membuat bahan komposit dari serat kulit akasia dan tandan kosong kelapa sawit.
2. Bagaimana menentukan kekuatan dan lengkung pada komposit berbahan serat kulit akasia dan tandan kosong kelapa sawit.
3. Bagaimana cara mencari variasi terbaik dari serat kulit akasia dan tandan kosong kelapa sawit.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan nilai optimum dari bahan campuran serat akasia dan tandan serat kosong kelapa sawit.
2. Untuk mendapatkan kekuatan maksimum dari campuran serat kulit akasia dan serat tandan kosong kelapa sawit dengan melakukan pengujian *impact* dan pengujian *bending*.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Penggunaan bahan: serat kulit akasia + serat tandan kosong kelapa sawit + resin *epoxy*;

2. Menentukan komposisi yang tepat 60% resin + 40% serat akasia dan TKKS. Dengan pembagian serat (40% akasia), (10% akasia + 30% TKKS), (20% akasia + 20% TKKS), (30% akasia + 10% TKKS), (40% TKKS);
3. Melakukan pengujian dengan uji bending dan uji *impact*.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, pembahasan dan penganalisaannya di klasifikasikan dalam 5 BAB yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulisan mengemukakan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batas masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori yang diperoleh dari literatur untuk melandasi dan mendukung penelitian ini memberikan pemahaman singkat umum, uraian pengertian dan teori.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, serta prosedur dalam pembuatan pengujian untuk menganalisis data yang diperoleh.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHAN

Pada bab ini berisikan hasil penelitian dan pembahsan serta analisa dari hasil data yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas kesimpulan dan saran yag berisikan simpulan hasil penelitian dan saran-saran yang dapat mendukung pengembangan dalam penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUTAKA

2.1 Klasifikasi Dan Sifat-Sifat Material

Material teknik adalah jenis material yang banyak dipakai dalam proses rekayasa dalam industri. Secara garis besar material teknik dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- a. logam
- b. non – logam
- c. komposit

2.1.1 Logam

Logam dapat di artikan sebuah unsur kimia yang memiliki sifat keras, tak tembus cahaya, yang dapat menghantarkan panas dan penghantar listrik, serta mempunyai titik lebur tinggi. Logam dapat kita bedakan menjadi dua bagian, yaitu:

1. Ferro

Besi merupakan logam yang paling penting dalam bidang teknik, tetapi besi murni terlalu rapuh atau lunak untuk bahan kerja, dan sebagai bahan konstruksi. Oleh karena itu besi selalu di campur dengan unsur-unsur lainnya, terutama zat arang/karbon (C). Logam ferro meliputi: besi (*iron*), baja (*steel*), dan besi cor (*cast iron*). Logam ferro juga disebut besi karbon atau baja karbon. Bahan dasarnya adalah unsur besi (Fe) dan karbon (C), tetapi sebenarnya banyak mengandung unsur lain seperti: silisium, mangan, fosfor, belerang, dan sebagainya yang kadarnya relative rendah.



Gambar: 2.1. Logam Ferro
(Sumber: Adhi Kusumastuti. 2009)

Unsur-unsur dalam campuran itulah yang mempengaruhi sifat-sifat besi atau baja pada umumnya, tetapi zat arang (karbon) yang paling besar pengaruhnya terhadap besi atau baja terutama kekerasannya.

2. Non-Ferro

Logam non ferro atau logam bukan besi adalah logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam non ferro murni kebanyakan tidak digunakan begitu saja tanpa dipadukan dengan logam lain, karena biasanya sifat-sifatnya belum memenuhi syarat yang kita inginkan. Kecuali logam non ferro murni, platina, emas, dan perak tidak dipadukan karena sudah memiliki sifat yang baik, misalnya ketahanan kimia dan daya hantar listrik yang baik serta cukup kuat, sehingga dapat digunakan dalam keadaan murni. Tetapi karena harganya mahal, ketiga jenis logam ini hanya digunakan untuk keperluan khusus. Contohnya dapat kita lihat dalam teknik proses dan laboratorium disamping keperluan tertentu seperti perhiasan dan sejenisnya. Logam non ferro juga digunakan untuk campuran besi atau baja dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat baja. Dari jenis logam non ferro berat yang sering digunakan untuk paduan baja antara lain *Nikel Kromium*, *Molibdenum*, *Wolfram* dan sebagainya. Sedangkan dari Logam non ferro ringan antara lain: *Magnesium*, *Titanium*, *Kalsium* dan sebagainya.

2.1.2 Non Logam

Non logam adalah kelompok unsur-unsur yang tidak memiliki karakteristik seperti logam. Karakteristik dari unsur non logam adalah memiliki bentuk padat, cair, tidak dapat menghantar listrik, bukan penghantar panas yang baik, dan pada umumnya memiliki warna yang tidak mengkilap kecuali karbon dalam bentuk intan.

a. Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (*makromolekul*) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kima disebut polimer (*poly* = banyak; *mer* =bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit atom atau molekul yang kecil dan saling berikatan dalam suatu rantai unit terkecil penyusun polimer inilah yang disebut *monomer*. *Monomer* terdiri dari dua jenis maupun beberapa jenis.

Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul *monomer* bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai *linier* atau jaringan tiga dimensi dari rantai *polimer*.



Gambar 2.2. Polimer pada Pipa PVC
(Sumber: Agus Syahputra, 2020)

b. Keramik

Keramik adalah anorganik dan non-metal. Umumnya keramik adalah senyawa antara logam dan non logam. Untuk mendapatkan sifat-sifat keramik biasa diperoleh dengan pemanasan pada suhu tinggi. Keramik terdiri dari dua jenis yakni keramik tradisional dan keramik modern. Keramik tradisional terbuat dari tanah liat. Contohnya porselen, batu ubin, dan gelas. Sedangkan keramik modern memiliki ruang lingkup lebih luas dari pada keramik tradisional, mempunyai efek dramatis pada kehidupan manusia. Contohnya dalam pemakaian bidang elektronik, computer dan komunikasi.

c. Komposit

Komposit dapat diartikan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau pun lebih bahan penyusun komponennya. Sifat masing-masing penyusun komponen berbeda baik sifat kimia atau pun fisika dan hasil akhir tetap terpisah. Bahan komposit memiliki keunggulan diantaranya berat yang sangat ringan, terhadap korosi dan biaya pembuatan relatif murah. Contoh penggunaan komposit seperti komponen pada pesawat terbang dan kapal.

2.2 Pengertian Komposit

Menurut Matthews dkk. (1993), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentukannya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentukannya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik ini yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional pada umumnya dari proses pembuatannya melalui percampuran yang tidak homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya.

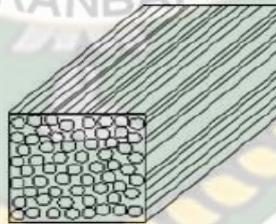
Komposit adalah suatu material yang dapat dibentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga nantinya menghasilkan material yang mempunyai sifat dan ciri khas dari komposit itu sendiri, dan material pembentukannya berbeda. Komposit memiliki sifat mekanik yang sangat lebih baik dari pada material logam, kekakuan jenis (*modulus young/ density*) dan kekuatan jenis ini lebih tinggi dari pada logam.

2.2.1 Jenis Bahan Komposit

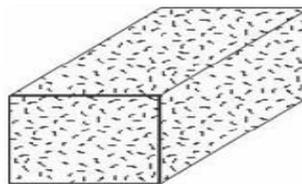
Dalam bidang rekayasa, dimana kekuatan mekanik merupakan persyaratan utama, istilah “komposit” dikaitkan dengan material yang mengkombinasikan fasa matriks dengan campuran bahan penguat (*reinforce*) yang berfungsi sebagai fasa penguatnya (R.E. Smallman, 2000).

Komposit dibedakan menjadi lima jenis kelompok berdasarkan penguat struktur yang digunakan, yaitu:

- a. **Fiber composite** (komposit serat) merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*rondom fibers composite*)



a. *Unidirectional Fiber Composite*

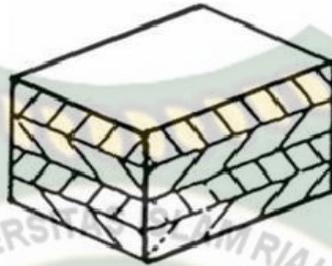


b. *Rondom Fiber Composite*

Gambar 2.3. Komposit Serat

(Sumber: Sulton, 2017)

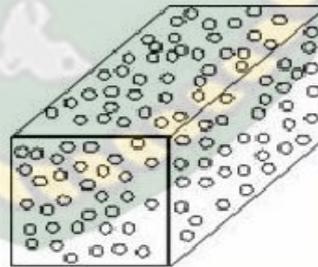
- b. **Laminar composite** (komposit laminat) adalah komposit dengan susunan dua atau lebih layer, dimana masing-masing layer dapat berbeda-beda dalam hal material, bentuk, dan orientasi penguatnya.



Gambar 2.4. *Laminar Composites*

(Sumber: Dwi, 2011)

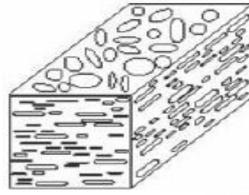
- c. **Particulate composites** (komposit partikel) adalah salah satu jenis komposit dimana dalam matriks ditambahkan material lain berupa serbuk atau butir. Perbedaan dengan *flake* dan *fiber composites* terletak pada distribusi dari material penambahannya. Dalam *particulate composites*, material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol dari pada *flake composites*. Sebagai contoh adalah beton.



Gambar 2.5. Komposit partikel (*Particulate Composites*)

(Sumber: Muhammad Najib, 2010)

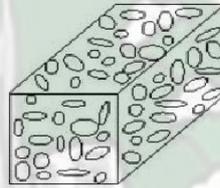
- d. **Komposit serpih** (*Flake Composites*) adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika dan metal.



Gambar 2.6. Komposit serpih (*Flake Composites*)

(Sumber: Khafid, 2011)

- e. **Filled (skeletal) composites** adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi.



Gambar 2.7. *Filled (skeletal) Composites*

(Sumber: Bustan, 2016)

2.2.2 Sifat-Sifat Material Komposit

Sifat dari material komposit dalam proses pembuatannya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- a. Material penyusun komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut *rule of mixture* sehingga berbanding secara proporsional;

- b. Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun

Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit;

- c. Interaksi antar penyusun

Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

2.2.3 Klasifikasi Komposit.

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

- a. Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik.
- b. Komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik.
- c. Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik.



Gambar 2.8. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk dan Matriknya

2.2.4 Bahan Penyusun Komposit

Seperti yang diketahui komposit adalah gabungan antara dua macam jenis material maupun lebih dengan beberapa fase yang berbeda dari penggabungan, maka akan menghasilkan sebuah bahan dengan hasil kinerja (*performance*) yang sangat baik dari fase-fase awal dari penyusunnya. Berikut ini adalah penyusunan dari sebuah komposit, yaitu:

- a. Fase pertama (matrik)

Matrik dapat diartikan sebuah bahan utama dalam penyusunan komposit yang memiliki fungsi sebagai pengikat secara bersamaan, lalu selain matrik juga mempunyai fungsi sebagai pelindung serat, dari beberapa kerusakan eksternal, kemudian melindungi terhadap kehausan, goresan dan juga zat kimia ganas, penerus gaya (*principal load-carrying agent*) dari satu serat yang lainnya.

- b. Fase kedua (*reinforcement*)

Fase ini sangat lah penting dalam menyusun bahan komposit sebagai penguat (*reinforcing agent*), fase ini juga dapat berupa *fiber* dan partikel. Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan mempunyai potongan-potongan komponen yang membentuk seperti jaringan memanjang yang utuh.

2.3 Serat Alami

Serat alami (*Natural Fiber*) merupakan serat bersumber langsung dari alam (bukan merupakan buatan atau rekayasa manusia). Serat alami biasanya didapat dari serat tumbuhan seperti serat kulit kayu akasia dan serat tandan kosong kelapa sawit. Biasanya sebelum digunakan untuk bahan serat pada komposit, serat alami terlebih dahulu mendapat perlakuan dengan menggunakan cairan kimia seperti NaOH. Perlakuan alkali serat (NaOH 5%) berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan dan modulus tarik komposit serat kenaf acak – *polyester*. Kekuatan dan modulus tarik tertinggi di peroleh untuk komposit dengan perlakuan alkali serat selama dua jam (I Gusti Komang Dwijana dkk, 2013). Hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dan *wax* (lapisan minyak) dalam serat dan mengakibatkan permukaan lebih kasar sehingga akan meningkatkan ikatan dengan matrik yang digunkan.

Penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat. Serat alami banyak mempunyai keunggulan dibandingkan serat buatan seperti beratnya lebih ringan, diolah secara alami dan ramah lingkungan. Serat alami juga merupakan bahan terbarukan dan mempunyai kekuatan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit. Hal yang paling menonjol dari serat alami adalah mudah didapat. Sifat dasar tersebut membuat banyak ilmuwan tertarik untuk meneliti dan mengembangkan kegunaan serat alami. Disamping keunggulannya, serat alami juga mempunyai kekurangan seperti dimensinya yang tidak teratur, kaku, rentan terhadap panas, mudah menyerap air dan cepat lapuk (I Made Gatot Karohika dkk, 2013).

2.4 Akasia

Acacia mangium, yang dikenal dengan nama akasia adalah satu spesies pohon yang cepat tumbuh yang paling banyak digunakan dalam program ilmu kehutanan dan perkebunan di seluruh Asia Pasifik. Pertumbuhannya cepat, kualitas kayunya baik dan kemampuan toleransinya terhadap berbagai jenis tanah dan lingkungan.

Kayu akasia (*acacia mangium wild*) adalah tanaman asli yang bayak tumbuh diwilayah Papua Nugini, Papua Barat dan Maluku. Tanaman ini pada mulanya dikembangkan di Malaysia Barat dan selanjutnya di Malaysia Timur, yaitu di Sabah dan Serawak.

Di Indonesia sejak diterapkan pembangunan HTI pada tahun 1985, kayu akasia telah dipilih sebagai salah satu jenis favorit untuk tanaman di area HTI. Begitu juga Propinsi Riau, budidaya kayu akasia sangat meningkat.

Pohon akasia pada umumnya besar dan bisa mencapai ketinggian 30 m, dengan batang bebas cabang lurus yang bisa dicapai lebih dari setengah total tinggi pohon. Pohon akasia jarang mencapai diameter setinggi dada lebih dari 60 cm, akan tetapi di hutan alam Queensland dan Papua Nugini, pernah di jumpai pohon dengan diameter hingga 90 cm (Krisnawati dkk, 2011).

2.4.1 Penyebaran Pertumbuhan Akasia

Jenis akasia tumbuh secara alami di hutan tropis lembab di Australia bagian timur laut, Papua Nugini dan Kepulauan Maluku kawasan timur Indonesia. Setelah berhasil dikenalkan ke Sabah, Malaysia pada pertengahan tahun 1960-an, *mangium* banyak diperkenalkan ke berbagai Negara, termasuk Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Bangladesh, Cina, India, Filipina, Sri Lanka, Thailand dan Vietnam. Di Indonesia, jenis ini pertama kali dikenalkan ke daerah lain selain kepulauan Maluku pada akhir tahun 1970-an sebagai jenis pohon untuk program reboisasi.

Akasia tidak memerlukan persyaratan tumbuh yang tinggi. Jenis ini dapat tumbuh pada tanah miskin unsur hara, padang alang-alang, bekas tebangan, tanah-tanah tererosi, tanah berbatu dan juga pada tanah alluvial. Jenis tumbuhan ini tumbuh baik pada tanah laterit, yaitu tanah dengan kandungan oksida besi dan aluminium yang tinggi. Meskipun demikian, jenis ini tidak toleran terhadap naungan dan lingkungan asin. Di bawah naungan mangium akan tumbuh kerdil dan kurus.

Ditempat tumbuh yang buruk, pohon akasia bisa menyerupai semak besar atau pohon kecil dengan tinggi rata-rata antara 7 sampai 10 m. Batang pohonnya beralur memanjang, pohon yang masih muda umumnya berkulit berwarna coklat sampai coklat tua.

Akasia membutuhkan curah hujan antara 1500-4000 mm per tahun. Akan tetapi jenis ini juga ditemukan pada daerah yang mempunyai kondisi iklim kering dan curah hujan dengan rata-rata 1500-2300 mm per tahun.

2.4.2 Karakteristik Kayu

Karakteristik kayu akasia meliputi kekuatan fisik dan mekanik. Menurut Arsad (2011), rata-rata kadar kering air udara, kerapatan dan berat jenis kayu akasia dengan ketinggian batang 150 cm dan 300 cm dapat dilihat pada tabel 2.1. dibawah ini.

Tabel 2.1 Nilai rata-rata pengujian fisik dan kekuatan mekanik kayu akasia (*acacia mangium*)

No	Sifat fisik dan mekanik	Ketinggian batang	
		150 cm	300 cm
1.	Kadar air (%)	13,78	14,89
2.	Kerapatan (gr/cm ³)	0,62	0,60
3.	Berat jenis	0,61	0,59
4.	Kekuatan tekan sejajar serat (kg/cm ³)	361,70	319,54
5.	Kekuatan tekan tegak lurus serat (kg/cm ³)	197	117
6.	Kekuatan lentur/ MOR (kg/cm ²)	680,50	509,25
7.	Keteguhan belah (kg/cm ²)	110,90	80,25
8.	Kekuatan tarik tegak lurus serat (kg/cm ²)	133,03	98,27
9.	Kekuatan geser sejajar serat (kg/cm ²)	149,43	93,53
10.	Kekerasan (kg/cm ²)	565	453

Sumber: Effendi Arsad, 2011.

Berdasarkan sifat-sifat tersebut kayu *mangium* (*acacia mangium wild*) juga memiliki sifat dan kelas ketahanan, keawetan dan keterawetan kayu seperti tercantum pada tabel 2.2:

Tabel 2.2 Ketahanan Kayu Akasia

Jenis Serangan	Intensitas Serangan	Kelas Ketahanan
Rayap tanah (<i>macrotermes</i>)	55 (hebat)	IV
Penggerek dilaut (<i>poholadidaen</i>)	++ (sedang)	III

Sumber: Eko Nugroho, 2016

Berdasarkan kelas keawetan Martawijaya & Barly (1990) menyatakan kayu *mangium* memiliki sifat keawetan yang berbeda menurut asal kayunya. Kayu *mangium* dari hutan tanaman relatif memiliki sifat keawetan lebih buruk (kelas awet II – III) dibandingkan kayu *magium* dari hutan alam.

Tabel 2.3 : kelas awet dan keterawetan kayu akasia menurut asal pohon

Asal Pohon	Jenis Jamur			Penetrasi Bahan Pengawet CCA
	A	B	C	
Hutan alam	1,40* (II)	1,05* (I)	0,20*(I)	24,9 (III)
Hutan tanaman	7,11* (II)	3,79* (II)	1,71*(II)	64,2 (II)

Sumber: Eko Nugroho, 2016

2.4.3 Kegunaan Kayu Akasia

Kayu akasia dapat digunakan untuk membuat *pulp*, kertas, papan partikel, krat dan kepingan-kepingan kayu. Kayu akasia juga berpotensi untuk dijadikan kayu gergajian, mebel dan vinir. Serbuk gergajinya dapat digunakan sebagai *substrat* berkualitas bagus untuk produksi jamur. bahwa jenis akasia tergolong kelas kuat III untuk kategori ketangguhan kayu, mutu sangat baik tergolong kelas I berkisar antara umur 9 sampai 10 tahun dan mutu baik tergolong kelas II antara umur 7 tahun. Penggolongan sifat ini berdasarkan permesinan atau penggergajian kayu yang meliputi penyerutan, pembentukan dan pengampelasan pada kondisi kayu kering udara.

2.5 Kelapa Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak kelapa sawit (*CPO-Crude palm oil*) dan inti kelapa sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non-migas bagi Indonesia. Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan yang memegang peranan penting dalam industri pangan. Produksi kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2011 meningkat dibandingkan tahun sebelumnya yaitu mencapai 22.508.011 ton. Pengolahan kelapa sawit menjadi minyak menghasilkan beberapa jenis limbah padat diantaranya cangkang, serat *mesocarp* dan tandan kosong kelapa sawit (Yunindanova dkk, 2013).

2.5.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit di Indonesia adalah limbah pabrik dari kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Setiap satu ton tandan buah segar (TBS) yang diolah menghasilkan minyak sawit kasar (CPO) sebanyak 0.21 ton dan minyak inti sawit (PKO) sebanyak 0.05 ton dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat dan cangkang biji yang

jumlahnya masing-masing 23%, 13.5 % dan 5.5 % dari tandan buah segar. Limbah ini di manfaatkan secara baik oleh sebagian besar pabrik kelapa sawit (PKS) dan masyarakat Indonesia. Sebagian besar pabrik kelapa sawit di Indonesia masih membakar TKKS dalam *incinerator*, meskipun cara ini sudah dilarang pemerintah. Alternatif pengolahan lainnya adalah dengan menimbun (*open dumping*), menjadikan mulsa diperkebunan kelapa sawit, diolah menjadi kompos dan sebagai serat pembuatan komposit.

TKKS merupakan kumpulan serat yang tertinggal setelah memisahkan buah dari tandan buah segar yang telah disterilkan (dengan penguapan pada 294 kpa selama 1 jam). Tandan kosong kelapa sawit merupakan serat alami yang sudah digunakan secara luas selain itu TKKS dapat dikomposisi, tidak beracun dan murah. Tandan kosong kelapa sawit merupakan material alami yang memiliki serat yang tebal dan kasar . Hal tersebut membuat tandan kosong kelapa sawit lebih efektif dibandingkan material industri yang tidak dapat di perbaharui, berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan, serta mahal bila diproduksi dalam skala kecil (Ahmad Zaidi dkk, 2010). TKKS digunakan sebagai bahan mentah pada berbagai aplikasi seperti pembangkit listrik, industri pembuatan kertas dan formulasi komposit. TKKS memiliki energi sebesar 3700 kcal/kg, dan penggunaannya pada komposit polimer dapat menyelesaikan permasalahan lingkungan, terutama yang berhubungan dengan pembuangan limbah kelapa sawit (Muthia Egi Rahmasita dkk, 2017).

2.6 Resin

Resin merupakan bahan yang digunakan untuk mengikat dan menyatukan serat pada sebuah komposit. Bahan tersebut merupakan salah satu polimer yang mengeras melalui proses polimerisasi. Istilah resin komposit didefinisikan sebagai gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda dengan sifat-sifat yang unggul sehingga akan menghasilkan sifat yang lebih baik dari pada bahan itu sendiri. Komposisi resin komposit terdiri atas matriks resin organik, partikel bahan pengisi anorganik (*filler*), bahan *coupling (silane)*, sistem *activator-inisiator*, *inhibitor* dan *stabilizer* dan *optical modifiers*.

2.6.1 Jenis-Jenis Resin

Jenis-jenis resin dikelompokan berdasarkan karakteristiknya masing-masing, antara lain:

- a. Resin *Epoxy*

Epoxy pertama kali dirumuskan pada tahun 1930-an di Amerika Serikat dan Swiss, kemudian dilakukan pengembangan lebih lanjut. Selanjutnya *epoxy* diproduksi sebagai perekat atau lem (*lem epoxy*) pada tahun 1946 dan sebagai pelapis atau cat pada tahun 1947, kemudian pelapis atau *cat epoxy* ini semakin dikembangkan kualitasnya dan ramah terhadap lingkungan.

Epoxy adalah suatu kimia yang merupakan salah satu jenis resin yang diperoleh dari proses polimerisasi dari epoksida. *Epoxy* resin bereaksi dengan beberapa bahan kimia lain seperti *amina polifungsi*, asam serta *fenol* dan *alcohol*. Setelah dicampur *epoxy* akan mengeras berubah menjadi cair ke padat dan menjadi sangat kuat, tahan terhadap suhu tinggi dan panas.

Namun *epoxy* juga mempunyai kekurangan jika dibandingkan dengan resin *polyester* yaitu harga yang mahal. Dapat dilihat data sifat mekanik dari resin *epoxy* pada tabel 2.4.

Tabel 2.4: Sifat Mekanik Epoxy

Sifat	Metric
Massa jenis	1.13 g/m ³
Modulus elastisitas	2.25 Gpa
Kekuatan tarik ultimate	70 Mpa

Sumber: Sulton Abid Taufik, 2017

b. Resin Polyester

Resin *polyester* merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik secara terpisah maupun dalam material komposit. walaupun sifat mekanik yang dimiliki *polyester* tidak terlalu baik (sedang). Jenis resin *polyester* sebagai metriks komposit adalah jenis tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang mengalami pengerasan dari fasa cair menjadi padat saat mendapat perlakuan yang tepat.

Ada dua prinsip dari resin *polyester* yang digunakan sebagai laminasi dalam industri komposit, yaitu *resin polyester orthophthalic* merupakan resin standar yang banyak digukan oleh orang dan *resin polyester isophthalic* yang saat ini menjadi material pilihan oleh dunia industri seperti industri perkapalan karna membutuhkan material yang tahan terhadap tekanan air yang tinggi. Kekurangan dari resin *polyester* adalah mempunyai massa jenis

yang besar, *modulus elastisitas* dan kekuatan tarik relatif kecil. Dapat dilihat data sifat mekanik resin *polyester* pada tabel 2.5.

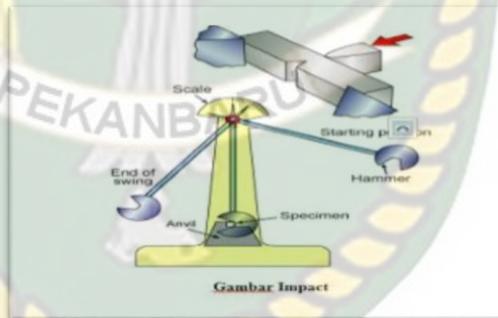
Tabel 2.5 Sifat Mekanik Polyester

Sifat	Metric
Massa jenis	1.215 g/m ³
Modulus elastisitas	0.03 Gpa
Kekuatan tarik ultimate	55 Mpa

Sumber: Leo Jumadin, 2016

2.7 Uji Impact

Uji *impact* adalah pengujian dengan menggunkan pembeban yang cepat (*rapid loading*). Pengujian *impact* ini merupakan pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Pengujian *impact* merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan dimana kondisi operasi material, yang ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi, dimana beban tidak secara perlahan-lahan melainkan secara tiba-tiba (kejut).



Gambar 2.9 Uji Impact

(Sumber: Melsiani Saduk, 2017)

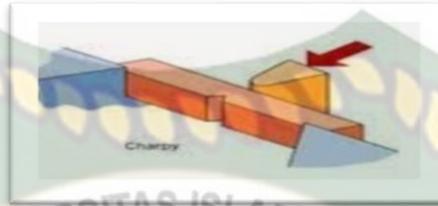
Pada uji *impact* terjadi proses penyerapan energi yang sangat besar ketika beban menghantam spesimen. Proses penyerapan energi ini akan diubah dalam berbagai respon pada material seperti *deformasi plastis*, efek *insyerisis*, gesekan dan efek *inersia*.

2.7.1 Jenis-Jenis Metode Uji Impact

Secara umum metode pengujian *impact* terdiri dari dua jenis, yakni:

1. Metode *Charpy*

Metode *charpy* merupakan pengujian *impact* dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal atau mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.



Gambar 2.10 Posisi Spesimen Pada Uji *Impact* Metode *Charpy*

(Sumber: Melsiani Saduk, 2017)

Beberapa kelebihan dari metode *charpy*, yaitu:

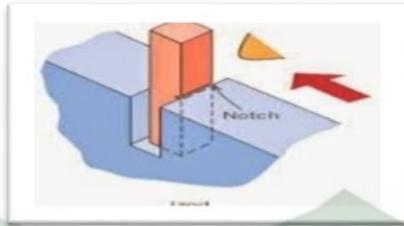
- a. Hasil pengujian lebih akurat.
- b. Pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan.
- c. Menghasilkan teggangan *uniform* di sepanjang penampang.
- d. Waktu Pengujian lebih singkat.

Sementara kekurangan dari metode *charpy*, yaitu:

- a. Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal.
- b. Spesimen dapat bergeser dari tumpuan karena tidak dicekam.
- c. Pengujian dilakukan hanya pada spesimen yang kecil.

2. Metode *Izod*

Metode *izod* merupakan pengujian impak dengan cara meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanannya searah dengan arah takik.



Gambar 2.11 Posisi Spesimen Pada Uji *Impact* Metode *Izod*

(Sumber: Melsiani Saduk, 2017)

Beberapa kelebihan metode *izod*, yaitu:

- a. Tumbukan tepat pada takikan dan spesimen tidak mudah bergeser karena salah satu ujungnya dicekam (jepit);
- b. Dapat menggunakan spesimen yang ukuran lebih besar.

Sementara kekurangan dari metode *izod*, yaitu:

- a. Biaya pengujian lebih mahal;
- b. Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik;
- c. Hasil dari patahan kurang baik;
- d. Waktu pengujian cukup panjang (lama) karena prosedur pengujian yang banyak.

Pada umumnya pengujian impak dengan metode *charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode *izod* digunakan di Eropa (Inggris). Benda uji *charpy* mempunyai luas penampang lintang bujur sangkar (10 x 10 mm) dan mengandung takik V-45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalam 2 mm. benda uji di letakan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tidak bertakik diberi beban impak dengan ayunan bandul (kecepatan impak sekitar 16ft/detik). Benda uji akan melengkung dan patah pada laju rengangan yang tinggi. Sementara untuk benda uji *izod*, yang saat ini sangat jarang digunakan, benda uji mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran yang bertakik V dikekat ujung yang dijepit.

Untuk menghitung energi yang diserap material dapat dihitung dengan persamaan energi potensial sebagai berikut:

$$EP = m \cdot g \cdot h_1 \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- EP : Energi Sebelum Tumbukan (J)
- m : Massa Pendulum (kg)
- g : Gravitasi (m/s^2)
- h_1 : Tinggi Pendulum Sebelum Tumbukan Terhadap Acuan (m)

Energi Setelah Tumbukan (EP_2)

$$EP_2 = m \cdot g \cdot h_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- EP_2 : Energi Setelah Tumbukan (J)
- h_2 : Tinggi Pendulum Sesudah Tumbukan (m)

Sehingga Harga Energi Yang Diserap:

$$EP_1 - EP_2 = m \cdot g (h_1 - h_2) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dan harga impact (HI)

$$HI = \frac{EP_1 - EP_2}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- HI : Harga Impact
- A : Luas Penampang

2.8 Uji Bending

Uji bending merupakan alat yang digunakan untuk melakukan sesuatu pengujian untuk mengetahui kekuatan lengkung pada suatu bahan atau material. Bending memiliki beberapa bagian utama, seperti:

1. *Rangka*, sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji bending. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka saat proses pengujian.
2. *Alat tekan*, merupakan alat yang memberikan gaya tekanan pada benda uji saat melakukan proses pengujian. Alat tekan harus lebih kuat dari spesimen pada saat ditekan.
3. *Point bending*, sebagai tumpuan spesimen dan penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian.

4. *Alat ukur*, merupakan alat yang menunjukkan besarnya kekuatan tekan yang terjadi pada benda uji.

Uji bending adalah suatu proses pengujian material dengan cara ditekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (bending) suatu material yang di uji. Proses pengujian bending memiliki 2 macam pengujian, yaitu tiga point bending dan empat point bending. Pada saat melakukan uji bending ada faktor dan aspek yang harus dipertimbangkan dan dimengerti yaitu:

2.8.1 Tekanan

Tekanan adalah perbandingan antara gaya yang terjadi dengan benda yang diberi gaya. Besarnya tekanan yang terjadi dipengaruhi oleh dimensi benda yang akan di uji. Di mensi mempengaruhi tekanan yang terjadi karena semakin besar benda uji yang digunakan maka semakin besar juga gaya yang akan terjadi. Selain itu alat penekan juga mempengaruhi besarnya tekanan yang terjadi. Alat penekan menggunakan sistem *hidrolik*. Hal lain yang mempengaruhi besar tekanan adalah luas penampang dari torak yang digunakan. Maka daya pompa harus lebih besar dari daya yang dibutuhkan. Dan motor harus bisa melebihi daya pompa, perhitungan tekanan (Sularso, 1983):

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

- P : Tekanan (Kgf/Cm²)
- F : Gaya Atau Beban (Kgf)
- A : Luas Penampang

$$P = \frac{p \times Q}{600} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- P : Daya (kw)
- p : Tekanan (bar)
- Q : Laju Aliran (1/min)

2.8.2 Benda Uji

Benda adalah suatu benda yang akan di uji kekuatan lengkungnya dengan menggunakan alat uji bending. Jenis material yang digunakan sebagai benda uji sangat berpengaruh dalam pengujian. Karena setiap jenis material memiliki kekuatan yang berbeda-beda, yang nantinya berpengaruh terhadap hasil pengujian.

2.8.3 Point Bending

Point bending merupakan sistem atau cara melakukan pengujian lengkung. *Point bending* memiliki dua tipe, yaitu: *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua tipe ini terletak dari bentuk dan jumlah *point* yang digunakan.

Three point bending menggunakan dua *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan satu *point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Sedangkan *four point bending* menggunakan dua *point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Beberapa kelebihan dan kekurangan pengujian *three point* dan *four point*.

Tabel 2.6 Kelebihan dan Kekurangan *Three Point* dan *Four Point*

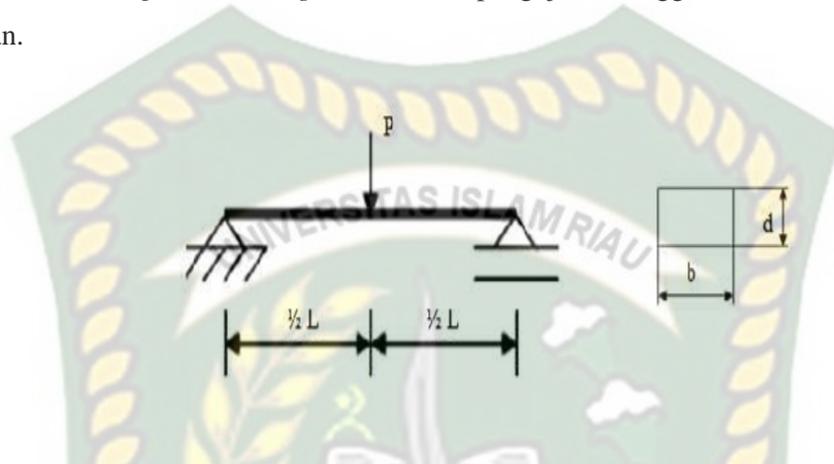
<i>Three Point Bending</i>	<i>Four Point Bending</i>
<i>Kelebihan</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Mudah persiapan spesimen dan pengujian • Pembuatan <i>point</i> lebih mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan rumus lebih mudah • Hasil pengujian lebih akurat
<i>Kekurangan</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Sulit menentukan titik tengah, karena jika posisi tidak ditengah persis penggunaan rumus berubah. • Kemungkinan terjadi pergeseran, sehingga benda yang di uji pecah/patah tidak tepat ditengah maka rumus yang digunakan kombinasi tanganan lengkung bergeser. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan <i>point</i> lebih rumit • 2 <i>point</i> atas harus bersamaan menekan benda uji. Jika salah satu <i>point</i> lebih dulu menekan benda uji maka terjadi <i>three point bending</i>, sehingga rumus yang digunakan berbeda.

Sumber: Tri Eko. 2019

Pengujian memiliki cara perhitungan yang berbeda-beda, yaitu:

a. *Three Point Bending*

Three point bending adalah cara pengujian menggunakan dua tumpuan dan satu penekan.



Gambar 2.12 *Three Point Bending*

Sumber :Tri Eko.2019

Perhitungan yang digunakan

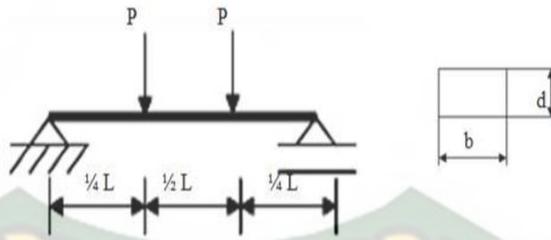
$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- σ_f : Tenggangan Lengkung (kgf/mm²)
- P : Beban Atau Gaya Yang Teradi (kgf)
- L : Jarak *Point* (mm)
- b : Lebar Benda Uji (mm)
- d : Ketebalan Benda Uji (mm)

b. *Four Point Bending*

Four point bending adalah cara pengujian yang menggunakan dua tumpuan dan dua penekan.



Gambar: 2.13 *Four Point Bending*

Sumber: Khaerul Mukmin. 2019

Perhitungan yang digunakan:

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{4 bd^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- σ_f : Tegangan Lengkung (kgf/mm²)
- F : Beban Atau Gaya Yang Terjadi (kgf)
- L : Jarak *Point Uji* (mm)
- b : Lebar Benda Uji (mm)
- d : Ketebalan Benda Uji (mm)

2.9 Persamaan Dan Komposisi Serat Komposit

Jumlah komposisi serat dalam komposit, merupakan sesuatu yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Jumlah serat dan karakteristik serat merupakan elemen kunci dalam analisis komposit.

Untuk pembuatan komposit dapat dilakukan menggunakan persamaan fraksi. Fraksi pada pembuatan komposit terdiri dari dua yaitu fraksi volume serat dan fraksi berat komposit.

Untuk menentukan berapa besar volume pada komposit maka dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut:

$$V_c = P.l.t \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

- V_c : Volume Cetakan (cm³)
- P : Panjang Komposit (cm)

- l : Lebar Komosit (cm)
- t : Tebal Komposit (cm)

Setelah perhitungan volume komposit dilakukan maka dalam perhitungan selanjutnya adalah volume fraksi serat dengan menggunakan persamaan berikut:

- Volume komposit tanpa serat

$$V_{matriks} = (V_c \times \rho_{matriks}) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

$V_{matriks}$: Volume Matriks (g/mm³)

V_c : Volume Cetakan (cm³)

$\rho_{matriks}$: Massa Jenis Matriks (g/mm³)

- Volume komposit tanpa matriks

$$V_s = V_c \times \rho_{serat} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

V_s : Volume Serat (g/mm³)

V_c : Volume Cetakan (cm³)

ρ_{serat} : Massa Jeniss Serat (g/mm³)

Jadi untuk mencari volume komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_{komposit} = (\% \text{ serat} \times V_{serat}) + (\% \text{ matriks} \times V_{matriks}) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

$V_{komposit}$: Volume Komposit (gr)

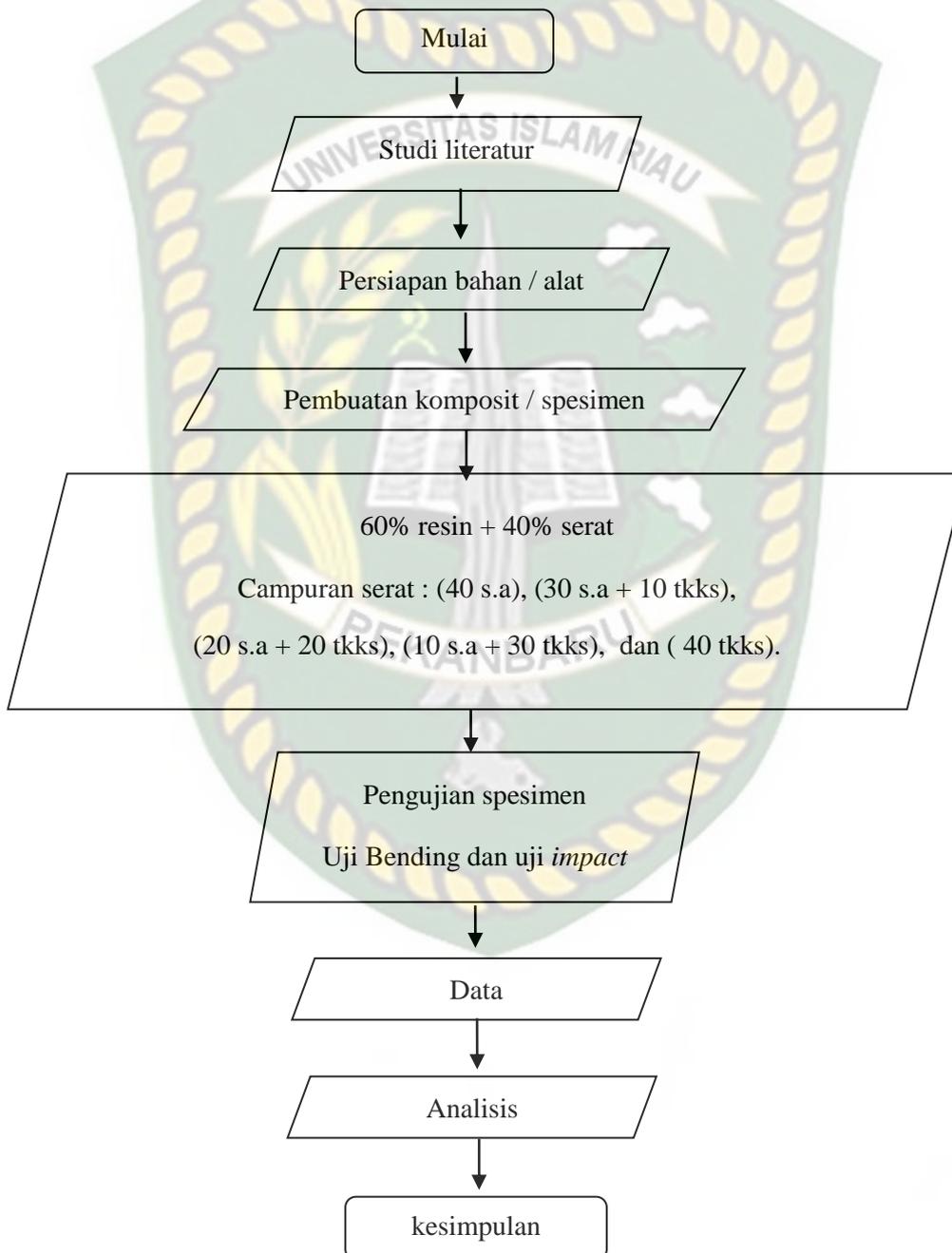
V_{serst} : Volume Serat (cm³)

$V_{matriks}$: Volume Matriks (cm³)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir pada gambar 3.1 menjelaskan tentang tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir tahapan penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa waktu tahapan dimulai dari persiapan material dan bahan, persiapan pengujian bending dan pengujian *impact* serta pengambilan data. Dari keseluruhan penelitian ini dilaksanakan selama \pm 2 bulan.

3.3 Tahapan penelitian

3.3.1 Pengambilan Serat

A. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pada penelitian ini yang digunakan adalah serat tandan kosong kelapa Sawit. Untuk mendapatkan serat tanda kosong kelapa sawit perlukan Proses, yaitu:

- Siapkan serat dengan cara pengambilan tandan kosong kelapa sawit ke pabrik.
- Lakukan penguraian serat agar mudah untuk dikeringkan
- Setelah serat diuraikan, serat direndam dalam larutan NaOH 5%, bersihkan larutan NaOH pada serat dengan aquades
- Kemudian jemur serat tandan kosong kelapa sawit dibawah sinar matahari hingga kering.

B. Kulit Akasia

Pada penelitian ini yang digunakan adalah serat kulit pohon akasia. Untuk mendapatkan serat akasia perlukan Proses, yaitu:

- Siapkan kulit akasia pengambilan langsung dipohon.
- Selanjutnya cuci kulit akasia dagan larutan NaOH untuk menghilangkan getah.
- Kemudian kulit akasia ditumbuk atau digiling untuk mendapatkan seratnya.
- Kemudian serat dijemur dibawah sinar matahari hingga kering.

3.3.2 Pembuatan Komposit

Proses pembuatan komposit serat dari tanaman kulit batang akasia dan tandan kosong kelapa dengan resin *epoxy* adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan serat dari tumbuhan pohon akasia (kulit batang akasia) dan tandan kosong kelapa sawit, seratnya yang telah dibersihkan.
- b. Susun serat dengan bentuk anyaman.
- c. Semudian kita melakukan proses untuk membuat serat secara bertahap sesuai volume cetakan dan sesuai ukuran standar untuk proses pengujian dari uji bending dan uji impact.
- d. Kemudian campurkan resin epoxy. Adukan dengan katalis hardener, untuk mempercepat proses pengeringan.
- e. Tuangkan campuran resin epoxy sesuai takaran ke dalam cetakan, kemudian dilanjutkan penempatan serat kulit akasia dan tandan kosong kelapa sawit yang disusun secara ayaman, dan kemudian diatas serat dituang kembali sisa campuran resin pada gelas takaran kedalam cetakan, sambil dipukul-pukul dengan sendok biar campuran resin masuk ke dalam serat yang kemudian tutup dengan kaca dan ditekan.
- f. Lakukan pembutan komposit dengan jenis variasi yang berbeda-beda, untuk mendapatkan komposisi yang tepat nantinya:
- g. Pengeringan dilakukan sampai benar kering 1-3 jam dan apabila masih belum benar-benar kering, maka proses pengeringan dapat dilakukan lebih lama untuk memastikan material meman benar-benar kering nantinya.
- h. Proses pengambilan komposit dari cetakan yaitu menggunakan pisau.
- i. Komposit siap jadi spesimen benda uji, yaitu uji bending dan uji impact.

3.4 Alat Dan Bahan Pengujian

Dalam peneitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu tahap pembuatan dan tahap pengujian

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Timbangan Digital
timbangan digital digunakan untuk menimbang serat dan resin, dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Timbangan digital

- b. Kaca
kaca berfungsi untuk menjadi tempat cetakan spesimen
- c. Wadah Pembersih
wadah berfungsi untuk merendam dan membersihkan serat serat sebelum dijadaikan spesimen. Dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Wadah pembersih

- d. Penggaris atau jangka sorong
pengaris berfungsi untuk mengukur dimensi spesimen, dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Penggaris dan jangka soorong

- e. Gergaji
gergaji berfungsi untuk memotong spesimen, dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Gergaji

f. Kertas Amplas

Alat ini berfungsi untuk membersihkan dan menghaluskan spesimen. Dapat kita lihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Kertas Amplas

g. Alat bantu lainnya : sarung tangan, gunting, spidol, dan pisau.

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit diantara lain meliputi:

1. Resin

Resin berfungsi sebagai material pengikat serat dalam pembuatan produk komposit. matrik / resin yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jenis *clear coating epoxy resin*, menggunakan tipe *high gloss coating*.



Gambar 3.7 Resin Epoxy

2. Serat

Serat yang digunakan dalam proses pembuatan komposit adalah serat kulit akasia dan serat tandan kosong kelapa sawit. Serat sangat penting dalam pembuatan komposit karena serat sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan tergantung serat yang digunakan.

3. NaOH

NaOH berfungsi sebagai menghilangkan kotoran/ *lignin* yang terdapat pada lapisan serat. Dapat dilihat pada gambar 3.8 NaOH yang digunakan adalah *molar arkitos chemical*.



Gambar 3.8 larutan NaOH

3.4.3 Alat Pengujian

Alat yang digunakan pada proses pengujian adalah:

a) Alat Uji *Impact*

Uji *impact* adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat. Pengujian *impact* merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan atau

spesimen dengan beban kejut yang menggunakan mesin *impact*.

b) Alat Uji Bending

Alat uji bending yang berfungsi untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung terhadap spesimen yang akan dilakukan untuk pengujian. Pada suatu komponen bahan dan material akan sangat berpengaruh terhadap pengujian, dikarenakan setiap perbedaan material akan mendapatkan kekuatan bending yang berbeda (bervariasi).

3.5 Prosedur Pengujian Penelitian

3.5.1 Fraksi Volume Cetakan

A. Rumus Menghitung Volume Cetakan Komposit

Volume Cetakan (cm³)

- $V_C = P.l.t$ (3.1)

Keterangan:

V_c : Volume Cetakan (cm³)

P : Panjang Komposit (cm)

l : Lebar Komosit (cm)

t : Tebal Komposit (cm)

B. Rumus Menghitung Volume Komposit

a) Volume Komposit Tanpa Serat

- $V_{matriks} = (V_C \times \rho_{matriks})$ (3.2)

Dimana:

$V_{matriks}$: Volume Matriks (g/mm³)

V_c : Volume Cetakan (cm³)

$\rho_{matriks}$: Massa Jenis Matriks (g/mm³)

b) Volume komposit tanpa matriks

- $V_{s \text{ akasia}} = V_c \times \rho_{\text{serat akasia}} \dots\dots\dots(3.3)$

- $V_{s \text{ TKKS}} = V_c \times \rho_{\text{serat TKKS}} \dots\dots\dots(3.4)$

Dimana :

$V_{s \text{ akasia}}$: Volume Serat Akasia (g/mm^3)

$V_{s \text{ TKKS}}$: Volume Serat TKKS (g/mm^3)

V_c : Volume Cetakan (cm^3)

ρ_{serat} : Massa Jeniss Serat Akasia (g/mm^3)

ρ_{serat} : Massa Jeniss Serat TKKS (g/mm^3)

Jadi, untuk mencari volume komposit bisa ditentukan dengan persamaan berikut ini:

- $V_{\text{komposit}} = (\% V_{\text{serat akasia}} + \% V_{\text{serat TKKS}}) + (\% V_{\text{matrik}}) \dots\dots(3.5)$

Dimana:

V_{komposit} : Volume Komposit (gr)

V_{serat} : Volume Serat (cm^3)

V_{matriks} : Volume Matriks (cm^3)

3.5.2 Prosedur Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian *impact* dan bending.

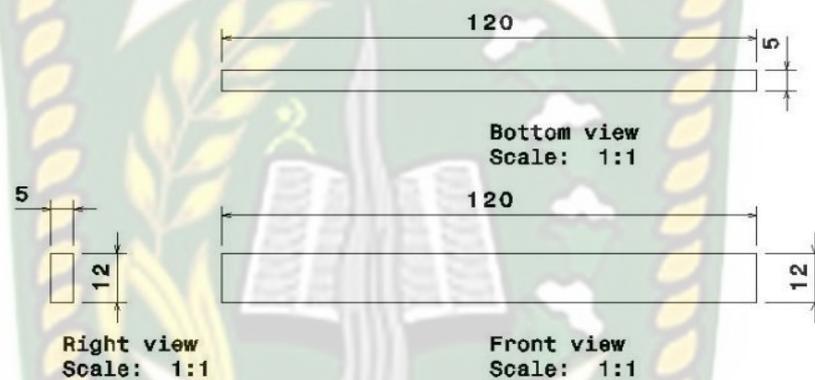
A. Pengujian bending

Berikut ini langkah-langkah melakukan pengujian bending:

- 1) Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan.
- 2) Hidupkan mesin uji bending dan pastikan mesin dalam keadaan aman saat digunakan.
- 3) Turunkan pencekam pada mesin bending, agar material dapat masuk kedalam pencekam yang sesuai yang telah ditentukan.
- 4) Lalu turunkan pencekam perlahan, sampai ujung pencekam menyentuh material, agar material tidak terlepas pada saat melakukan proses pembendigan/penekukan.

- 5) Pasang *dial indicator* lalu atus jarum menuju garis nol.
- 6) Pada mesin, setting jarum menunjuk angka nol dan gunakan spesifikasi beban sesuai yang ditentukan.
- 7) Mulai memutar *handle* pada mesin hingga jarum pada mesin bergerak.
- 8) setelah jarum pada mesin bergerak, dan dial pun bergarak, catat hasil dari uji bending tersebut.
- 9) lakukan langkah tersebut dari awal untuk seluruh spesimen yang akan di uji.

Dimensi spesimen uji bending ASTM-D 790



Gambar 3.9 Ukuran Spesimen Uji Bending Standar ASTM-D 790
(Sumber: ASTM International D790)

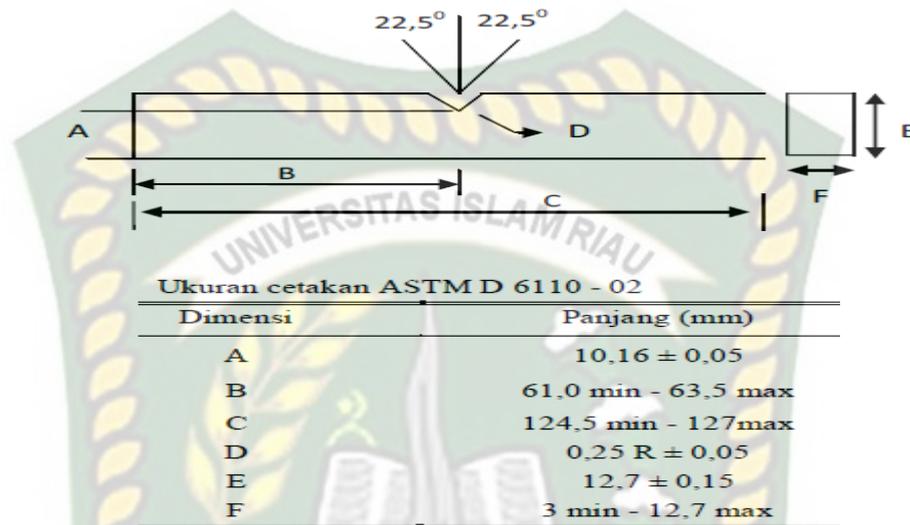
B. Pengujian *impact*

Pengujian *impact* adalah badan uji yang akan diberikan beban kejut, maka benda akan mengalami penyerapan energi sehingga terjadi deformasi plastis yang mengakibatkan patah. Berikut langkah-langkah pengujian *impact* yaitu:

- 1) Mengukur dimensi dari skin tabel, lebar dan panjangnya, kemudian memberikan nomor spesimen pada skin yang diuji.
- 2) Mengangkat beban palu pendulum.
- 3) Meletakkan spesimen pada tumpuan dengan cara dijepit. Lakukan pengujian satu persatu spesimen.
- 4) Melepaskan palu pendulum dengan cara menekan tombol dan menarik *handel*.
- 5) Palu pendulum akan jatuh menghantam spesimen secara otomatis.

- 6) Catat energi serapan yang ditunjukkan oleh jarum pada alat uji *impact*
- 7) Hitung harga *impact*.

Dimensi spesimen uji impact ASTM-D 6110-02



Gambar 3.10 Ukuran Spesimen Uji *Impact* Standar ASTM-D 6110-02

(Sumber : Eqitha Dea Clareyna, 2013)

3.6 Tabel Data Penelitian

Adapun data persen (%) dalam pembuatan spesimen dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 : Data Persen Pembuatan Spesimen

No	Resin (%)	Serat		Uji bending	Uji Impak
		Akasia (%)	TKKS (%)		
1	60 %	0 %	40 %		
2	60 %	10 %	30 %		
3	60 %	20 %	20 %		
4	60 %	30 %	10 %		
5	60 %	40 %	0 %		

Adapun tabel yang digunakan dalam pengujian bending dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini, dalam mempermudah pengambilan data.

Tabel 3.2 : Data Pengujian Bending

No	Frekuensi volume serat	Massa serat	Dimensi sampel uji bending		
			Fraksi volume (%)	F _{MAX} Avg (kgf)	Tengangan bending Avg
1	60% resin + 0% S.a + 40% S. Tkks				
2	60% resin + 10% S.a + 30% S. Tkks				
3	60% resin + 20% S.a + 20% S. Tkks				
4	60% resin + 30% S.a + 10% S. Tkks				
5	60% resin + 40% S.a + 0% S. Tkks				

Sedangkan untuk pengujian *impact* digunakan tabel 3.3 dibawah ini, dalam mempermudah pengambilan data pengujian *impact*.

Tabel 3.3 : Data Pengujian *Impact*

No	Frekuensi volume serat	Massa serat	Dimensi sampel uji impact	
			Energy rata-rata (J)	Harga impact rata-rat (j/mm ²)
1	60% resin + 0% S.a + 40% S. Tkks			
2	60% resin + 10% S.a + 30% S. Tkks			
3	60% resin + 20% S.a + 20% S. Tkks			
4	60% resin + 30% S.a + 10% S. Tkks			
5	60% resin + 40% S.a + 0% S. Tkks			

BAB IV

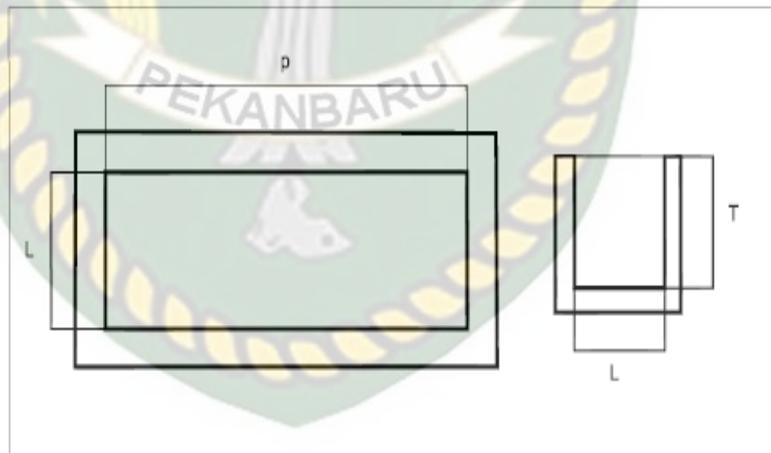
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik komposit dengan cara melakukan pengujian berupa uji *impact* dan uji bending, dengan menggunakan serat kulit akasia, serat tandan kosong kelapa sawit dan resin *epoxy*. Dari hasil pengujian analisa dan perhitungan dapat disajikan dalam bentuk data, tabel dan grafik.

4.1 Analisa Data Terhadap Volume Cetakan

a. volume cetakan

Adapun saat pembuatan spesimen pada penelitian ini memerlukan cetakan sebagai pembentukan serat dan resin agar sesuai dengan standar yang digunakan. Bentuk dari cetakan ini, untuk membuat spesimen uji yang berbentuk persegi panjang. Dan dimensi cetakan spesimen dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Dimensi cetakan spesimen

Keterangan pada gambar cetakan spesimen ini terdiri dari: P = panjang, L= lebar, T= tinggi.

Dari gambar 4.1 terdapat dimensi cetakan spesimen, cetakan ini terbuat dari kaca yang tebalnya (t) 0.5 mm. untuk menentukan volume cetakan (v_c) menggunakan

rumus sebagai berikut:

$$(V_c) = P \times L \times T \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana:

$$V_c = \text{volume cetakan} \quad (\text{cm}^3)$$

$$P = \text{Panjang} \quad (\text{cm})$$

$$= 16 \text{ cm}$$

$$L = \text{Lebar} \quad (\text{cm})$$

$$= 2 \text{ cm}$$

$$T = \text{Tinggi} \quad (\text{cm})$$

$$= 1.5 \text{ cm}$$

Jadi

$$V_c = 16 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 1.5 \text{ cm}$$

$$= 48 \text{ cm}^3$$

4.2 Data Fraksi Volume Komposisi Komposit

Sebelum melakukan pembuatan spesimen adapun langkah-langkah yang dilakukan yaitu mencari nilai dari massa jenis pada masing-masing komponen dalam pembuatan spesimen. Dan untuk mencari nilai massa jenis dari masing-masing bahan dari resin atau serat untuk membuat komposit dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

4.2.1 Massa Jenis Serat Akasia ($\rho_{s,a}$)

Massa jenis adalah kerapatan dari suatu jenis benda, setiap benda memiliki kerapatan yang berbeda. Jadi untuk mendapatkan nilai massa jenis dari suatu serat akasia dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\rho_{s.a} = \frac{m}{v} \quad (g/cm^3)$$

Dimana :

$$\rho_{s.a} = \text{massa jenis} \quad (g/cm^3)$$

$$m_a = \text{massa serat akasia} \quad (g)$$

$$= 1 \text{ gr}$$

$$v = \text{volume air} \quad (ml)$$

$$= 3.8 \text{ ml}$$

maka :

$$\rho_{s.a} = \frac{1 \text{ gr}}{3,4 \text{ mL}}$$

$$\rho_{s.a} = 0.29 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\rho_{s.a} = 0.29 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

4.2.2 Massa Jenis Serat TKKS ($\rho_{s.t}$)

Massa jenis adalah kerapatan dari suatu jenis suatu benda, setiap benda memiliki kerapatan yang berbeda. Jadi untuk mendapatkan nilai massa jenis dari suatu serat TKKS dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\rho_{s.t} = \frac{m}{v} \quad (g/cm^3)$$

Dimana :

$$\rho_{s.t} = \text{massa jenis} \quad (g/ml = g/cm^3)$$

$$m_t = \text{massa serat tkks} \quad (gr)$$

$$= 1 \text{ gr}$$

$$v = \text{volume air} \quad (ml)$$

$$= 1.8 \text{ ml}$$

maka :

$$\rho_{s.t} = \frac{1 \text{ gr}}{1.8 \text{ mL}}$$

$$\rho_{s.t} = 0.56 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\rho_{s.t} = 0.56 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

4.2.3 Massa Serat Tanpa Resin (m_{str})

1. Massa serat akasia

Untuk mendapatkan nilai massa dari serat akasia tanpa menggunakan campuran tanpa resin sedikit pun dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$m_{s,a} = Vc \times \rho_{s,a} \text{ (gr)}$$

dimana :

$$m_{s,a} = \text{massa serat akasia (g)}$$

$$Vc = \text{volume cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$= 48 \text{ cm}^3$$

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

$$= 0.29 \text{ gr/cm}^3$$

Maka :

$$m_{s,a} = 48 \text{ cm}^3 \times 0.29 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 13.92 \text{ gr}$$

2. Massa Serat TKKS

Untuk mendapat nilai massa dari serat TKKS tanpa menggunakan campuran resin sedikit pun dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$m_{s,s} = Vc \times \rho_{s,a} \text{ (gr)}$$

dimana :

$$m_{s,t} = \text{serat TKKS (gr)}$$

$$Vc = \text{volume cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$= 48 \text{ cm}^3$$

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

$$= 0.56 \text{ gr/cm}^3$$

Maka :

$$m_{s,t} = 48 \text{ cm}^3 \times 0.56 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 26.88 \text{ gr}$$

4.2.4 Massa Resin Tampa Serat (m_{rts})

Untuk mendapatkan nilai massa dari suatu resin tanpa menggunakan campuran dari serat sedikit pun dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$m_r = Vc \times \rho_r \text{ (gr)}$$

dimana :

$$m_r = \text{massa resin (gr)}$$

$$Vc = \text{volume cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$= 48 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}\rho_r &= \text{massa jenis resin (gr/cm}^3\text{)} \\ &= 1.13 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}m_r &= 48 \text{ cm}^3 \times 1.13 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 54.24 \text{ gr}\end{aligned}$$

4.3 Menghitung Persentase Spesimen

Saat pembuatan spesimen sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu menentukan komposisi atau persentase dari bahan serat dan resin untuk dicampurkan menjadi spesimen. Adapun proses menghitung komposisi atau persentase dari masing-masing bahan sebagai berikut :

1. Membuat spesimen dengan komposisi campuran 60% Resin + 0% Serat Akasia + 40% TKKS

Dimana:

$$\begin{aligned}m_{s,a} &= \text{Massa Serat Akasia (gr)} \\ &= 13.92 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_{s,t} &= \text{Massa Serat TKKS (gr)} \\ &= 26.88 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_r &= \text{Massa Resin (gr)} \\ &= 54.24 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\blacktriangleright \text{ 0\% akasia} &= 0\% \times m_{s,a} \\ &= 0\% \times 13.92 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$= 0 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 40\% \text{ TKKS} &= 40\% \times m_{s,t} \\ &= 40\% \times 26.88 \text{ gr} \\ &= 10.75 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 60\% \text{ resin} &= 60\% \times m_r \\ &= 60\% \times 54.24 \text{ gr} \\ &= 32.14 \text{ gr} \end{aligned}$$

Jadi total campuran (massa komposit (mc)) dari masing-masing bahan untuk pembuatan spesimen komposit adalah = $0 \text{ gr} + 10.75 \text{ gr} + 32.54 \text{ gr} = 43.29 \text{ gr}$

2. Membuat spesimen dengan komposisi campuran 60% resin + 10% serat akasia + 30% TKKS

Dimana:

$$\begin{aligned} m_{s,a} &= \text{Massa Serat Akasia (gr)} \\ &= 13.92 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{s,t} &= \text{Massa Serat TKKS (gr)} \\ &= 26.88 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_r &= \text{Massa Resin (gr)} \\ &= 54.24 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 10\% \text{ akasia} &= 10\% \times m_{s,a} \\ &= 10\% \times 13.92 \text{ gr} \\ &= 1.39 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 30\% \text{ TKKS} &= 30\% \times m_{s,t} \\ &= 30\% \times 26.88 \text{ gr} \\ &= 8.064 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } 60\% \text{ resin} = 60\% \times m_r$$

$$= 60\% \times 54.24 \text{ gr}$$

$$= 32.544 \text{ gr}$$

Jadi total campuran (massa komposit (mc)) dari masing-masing bahan untuk pembuatan spesimen komposit adalah = $1.39 \text{ gr} + 8.064 \text{ gr} + 32.544 \text{ gr} = 42 \text{ gr}$

3. Membuat spesimen dengan komposisi campuran 60% resin 20% serat akasia + 20% TKKS

Dimana:

$$m_{s,a} = \text{Massa Serat Akasia (gr)}$$

$$= 13.92 \text{ gr}$$

$$m_{s,t} = \text{Massa Serat TKKS (gr)}$$

$$= 26.88 \text{ gr}$$

$$m_r = \text{Massa Resin (gr)}$$

$$= 54.24 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 20\% \text{ akasia} &= 20\% \times m_{s,a} \\ &= 20\% \times 13.92 \text{ gr} \\ &= 2.789 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 20\% \text{ TKKS} &= 20\% \times m_{s,t} \\ &= 20\% \times 26.88 \text{ gr} \\ &= 5.374 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 60\% \text{ resin} &= 60\% \times m_r \\ &= 60\% \times 54.24 \text{ gr} \\ &= 32.544 \text{ gr} \end{aligned}$$

Jadi total campuran (massa komposit (mc)) dari masing-masing bahan untuk pembuatan spesimen komposit adalah : $2.789 \text{ gr} + 5.376 \text{ gr} + 32.544 \text{ gr} = 40.704 \text{ gr}$

4. Membuat spesimen dengan komposisi campuran 60% resin + 30% serat akasia + 10% TKKS

Dimana:

$$m_{s,a} = \text{Massa Serat Akasia (gr)}$$

$$= 13.92 \text{ gr}$$

$$m_{s,t} = \text{Massa Serat TKKS (gr)}$$

$$= 26.88 \text{ gr}$$

$$m_r = \text{Massa Resin (gr)}$$

$$= 54.24 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ 30\% akasia} &= 30\% \times m_{s,a} \\ &= 30\% \times 13.92 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$= 4.176 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ 10\% TKKS} &= 10\% \times m_{s,t} \\ &= 10\% \times 26.88 \text{ gr} \\ &= 2.688 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ 60\% resin} &= 60\% \times m_r \\ &= 60\% \times 54.24 \text{ gr} \\ &= 32.544 \text{ gr} \end{aligned}$$

Jadi total campuran (massa komposit (mc)) dari masing-masing bahan untuk pembuatan spesimen komposit adalah = 4.176 gr + 2.688 gr + 32.544 gr = 39.408 gr

5. Membuat Spesimen Dengan Komposisi campuran 60% resin + 40% serat akasia + 0% TKKS

Dimana:

$$m_{s,a} = \text{Massa Serat Akasia (gr)}$$

$$= 13.92 \text{ gr}$$

$$m_{s,t} = \text{Massa Serat TKKS (gr)}$$

$$= 26.88 \text{ gr}$$

$$m_r = \text{Massa Resin (gr)}$$

$$= 54.24 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 40\% \text{ akasia} &= 40\% \times m_{s,a} \\ &= 40\% \times 13.92 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$= 5.568 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 0\% \text{ TKKS} &= 0\% \times m_{s,t} \\ &= 0\% \times 26.88 \text{ gr} \\ &= 0 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } 60\% \text{ resin} &= 60\% \times m_r \\ &= 60\% \times 54.24 \text{ gr} \\ &= 32.544 \text{ gr} \end{aligned}$$

Jadi total campuran (massa komposit (mc)) dari masing-masing bahan untuk pembuatan spesimen komposit adalah = $5.668 \text{ gr} + 0 \text{ gr} + 32.544 \text{ gr} = 38.212 \text{ gr}$

4.4 ANALISA DATA UJI BENDING

Pengujian ini merupakan salah satu pengujian sifat mekanik. Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual, selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan selanjutnya data tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.4.1 Hasil Data Uji Bending

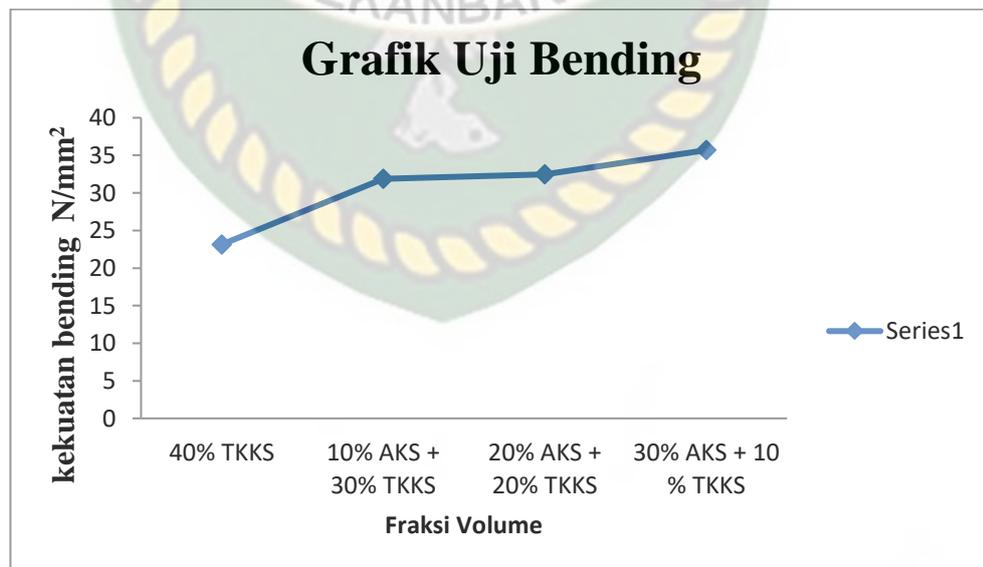
Dalam penelitian ini pengujian bending terdiri dari jenis spesimen material komposit

dengan penguat yang sama yaitu serat kulit akasia dan sera tandan kosong kelapa sawit dicampur dengan resin *epoxy*. Dapat dilihat pada tabel 4.1 hasil pengujian bending sebagai berikut.

Tabel 4.1 hasil pengujian bending

Specimen	Area (mm ²)	Max. force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield strength (N/mm ²)	Bending strength (N/mm ²)	Elongation (%)
40% akasia	104.520	223.9	2.51	1.34	33.94	6.15
40% TKKS	103.640	130.2	1.05	1.05	23.14	6.15
10% akasia + 30% tkks	102.360	172.7	1.18	1.18	31.86	6.15
20% akasia + 20% tkks	107.710	194.6	1.19	1.24	32.49	6.15
30% akasia + 10% tkks	107.210	228.8	1.48	1.48	35.69	6.15

a. Grafik Kekuatan Uji Bending



Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Bending

Setelah melakukan pengujian bending di dapatkan hasil yang tertera pada grafik 4.2

hasil uji bending di atas dengan pengujian dari lima spesimen yang memiliki komposisi material yang berbeda. Dari data yang didapatkan, hasil dengan adanya penambahan serat akasia pada spesimen maka nilai kekuatan dari spesimen mengalami peningkatan. Dengan kekuatan tertinggi dari pengujian bending yaitu fraksi dengan komposisi 30% akasia + 10% TKKS + 60% resin *epoxy* dengan mendapatkan kekuatan bending (*bending strength*) 35.69 N/mm². Karena fraksi volume 30% akasia + 10% TKKS + 60% resin *epoxy* memiliki fraksi volume serat akasia yang lebih dominan pada spesimen sehingga kekuatan spesimen lebih baik karena semakin besar campuran serat akasiannya makin tinggi hasil dari kekuatan bending (*bending strength*). Sedangkan nilai titik terendah adalah fraksi volume 40% TKKS dengan nilai 23.14 N/mm².

Agar mempermudah untuk melihat nilai dari pengujian bending dapat dilihat dari grafik 4.1 diatas dapat diketahui bahwa nilai kekuatan bending material komposit mulai dari spesimen 40% tkks + 60% resin *epoxy* mengalami peningkatan dengan adanya campuran serat kulit akasia. Peningkatan kekuatan hanya mencapai pada campuran 30% akasia + 10% TKKS + 60% resin *epoxy* mendapatkan nilai titik tertinggi dengan nilai 35,69 N/mm² dan mengalami penurunan kekuatan pada fraksi dengan volume 20% akasia + 20% TKKS + 60% resin *epoxy* dengan selisih yang tidak terlalu jauh.

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat diketahui bahwa kekuatan bending dari material komposit serat akasia dan tandan kosong kelapa sawit mengalami kenaikan karena semakin meningkat serat akasia pada spesimen uji kekuatan maka semakin meningkat kekuatan spesimen tersebut. Yang mana struktur dari serat akasia lebih kasar, kuat, padat dan lebih berat dari pada tandan kosong kelapa sawit yang memiliki stuktur serat yang lebih ringan, rapuh dan berongga (tidak padat).



Gambar 4.3 Spesimen Sebelum Di Uji Bending



Gambar 4.4 Patahan Spesimen Setelah Di Uji Bending

4.5 ANALISA DATA UJI *IMPACT*

Pengujian *impact* digunakan untuk pengujian kekuatan material dengan menerima beban secara tiba-tiba terhadap spesimen. Pengujian *impact* ada dua metode yaitu *charpy* dan *izod*. Pengujian *impact* ini dilakukan dengan metode *charpy* dan standar spesimen ASTM D 6110.

Data dapat berupa energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Pengujian ini dilakukan sebagai pemeriksaan kualitas secara cepat dan mudah dalam menentukan sifat *impact* maupun secara umum. Data tersebut akan ditampilkan dalam tabel dan grafik.

4.5.1 Hasil Data Uji *Impact*

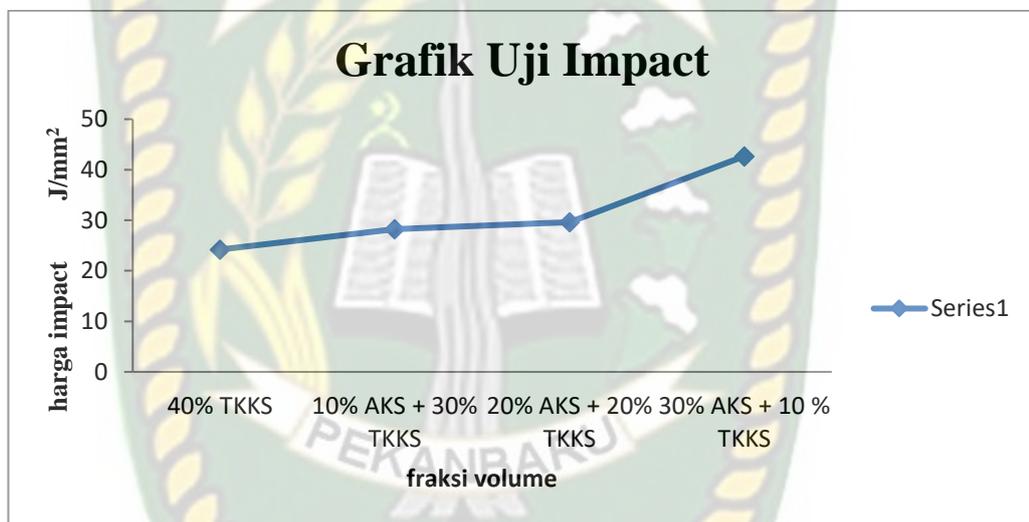
Tabel dibawah ini memberikan informasi perbedaan spesimen terhadap fraksi volume yang berbeda pada material komposit. Saat pengujian *impact* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 4.2 hasil pengujian *impact*

Fraksi volume	T (C°)	a (mm)	b (mm)	A (mm)	α $^{\circ}$	E (joule)	H_1 (J/mm^2)	Jenis patahan
40% akasia	0°	127	10	1270	43	43.252	34.666×10^{-3}	Getas
40% TKKS	0°	127	10	1270	36	30.748	24.211×10^{-3}	Getas

30% akasia + 10% tkks	0°	127	10	1270	44	45.186	42.666×10^{-3}	Getas
20% akasia + 20% tkks	0°	127	10	1270	40	37.667	29.659×10^{-3}	Getas
10% akasia + 30% tkks	0°	127	10	1270	39	35.880	28.251×10^{-3}	Getas

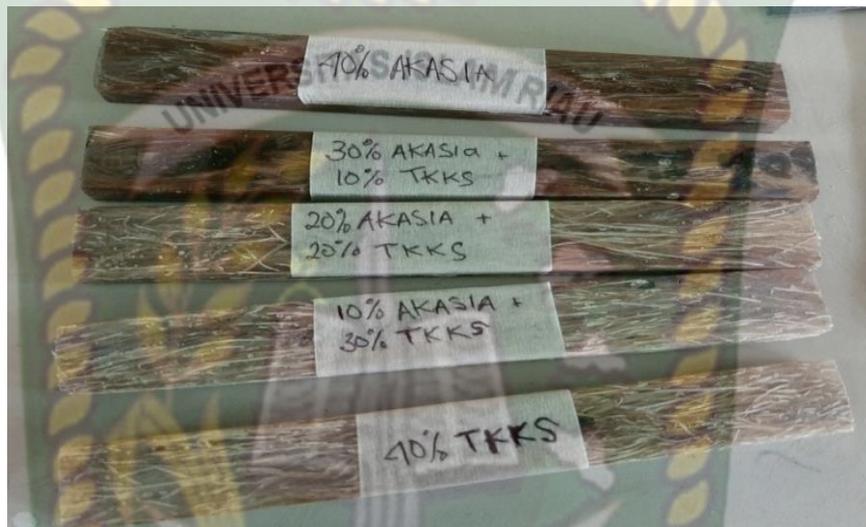
A. Grafik Hasil Uji *Impact*



Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji *Impact*

Setelah melakukan pengujian *impact* didapatkan hasil yang tertera pada grafik 4.5 hasil uji *impact* di atas dengan pengujian dari lima spesimen yang memiliki komposisi material yang berbeda. Dari data yang didapatkan, hasil dengan adanya penambahan serat akasia pada spesimen peningkatan kekuatan pada saat pengujian *impact*. Kekuatan dari fraksi volume pada spesimen 40% TKKS dengan nilai 24.211×10^{-3} J/mm², pada spesimen 40% akasia 34.056×10^{-3} J/mm², pada spesimen 10% akasia + 30% TKKS dengan nilai 28.251×10^{-3} J/mm², pada spesimen 20% akasia + 20% TKKS dengan nilai 29.659×10^{-3} J/mm², dan pada spesimen 30% akasia + 10% TKKS dengan nilai 42.666×10^{-3} J/mm². Dapat dilihat dari hasil kekuatan yang paling tinggi dari campuran spesimen adalah 30% akasia + 10% TKKS dengan nilai 42.666×10^{-3} J/mm² karna jumlah campuran dari akasia lebih besar maka kekuatan spesimen lebih tinggi kekuatannya.

Berdasarkan tabel dan grafik diatas diketahui bahwa kekuatan *impact* material komposit dari serat akasia dan tandan kosong kelapa sawit mengalami kenaikan karena semakin meningkat serat akasia pada spesimen uji kekuatan maka semakin meningkat pula kekuatan spesimen tersebut, yang mana struktur dari serat akasia lebih kasar, kuat, padat dan lebih berat dari pada pada tandan kosong kelapa sawit yang memiliki struktur serat lebih ringan, rapuh, dan berongga (tidak padat).



Gambar 4.6 spesimen sebelum uji *impact*



Gambar 4.7 Patahan spesimen setelah di uji *impact*

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian terhadap spesimen, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pada pengujian bending nilai tertinggi kekuatan bending adalah 35.69 N/mm^2 pada spesimen 30% akasia + 10% TKKS sedangkan nilai terendah kekekuatan bending adalah 23.14 N/mm^2 pada spesimen 40% TKKS.
2. Pada pengujian *impact* material komposit yang memiliki nilai kekuatan tertinggi adalah $42.666 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$ pada campuran spesimen 30% akasia + 10% TKKS sedangkan nilai terendah adalah $24.211 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$ pada spesimen 40% TKKS.
3. Pada spesimen komposit dengan jumlah fraksi 30% akasia + 10 % TKKS lebih baik dari pada spesimen yang lain karena makin besar jumlah persen dari serat akasia semakin tinggi nilai kekuatan dari spesimen.

5.2 Saran

Pada penelitian ini peneliti menyadari bahwa hasil penelitian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan oleh karna itu penulis menyarankan beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pembuatan spesimen, antara lain:

1. Pada proses pemotongan spesimen usahakan untuk lebih teliti agar tidak cacat dan agar lebih presisi sesuai *ASTM International (American Standard Testing and Material)* yang digunakan.
2. Pada proses mencampurkan resin dengan serat usahakan harus teliti supaya tidak ada rongga atau lubang pada spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Kusumastuti. 2009. Aplikasi serat sisal sebagai komposit polimer. Universitas Negeri Malang. Malang.
- Agus Syahputra, Dodi Yulianto. 2020. Pemanfaatan Serat Pohon Sagu Untuk Pembuatan Bio Komposit. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- ASTM. D 790 – 02 *standard test methods for flexura properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material. Philadelphia, PA : American society for testing and materials.*
- Basuki Widodo, 2008, Analisa Sifat Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random). ITN Malang. Malang.
- Bustan Zhafry Hazmi, Wahyu Wijanarko. 2016. Pengaruh Variasi Fraksi Volume, Temperature *Curing* Dan *Port-Curing* Terhadap Karakteristik Tarik Komposit *Epoxy-Hollow Glass Microspheres* IM30K. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Dwi Masruri. 2011. Pengaruh Orientasi Sudut Anyaman Serat *Cantula* Terhadap Sifat Mekanik (*Bending*, Tarik Paku, Daya Permesinan) Dan Densitas Pada Komposit Semen Serbuk Aren-*Cantula*. Universtas Sebelas Maret. Surakarta.
- Effendi Arsad. 2011. Sifat Fisik Dan Kekuatan Mekanik Kayu Akasia Magium (*Acacia Mangium Willd*) Dari Hutan Tanaman Industri Kalimantan Selatan.
- Eko Nugroho, Asroni. 2016. Pengaruh Komposisi Resin Terhadap Kekuatan Mekanik Papan Partikel Yang Diperkuat Mekanik Papan Partikel Yang Dipengaruhi Serbuk Kayu Akasia. Universitas Muhammadiyah Metro Lampung. Lampung.
- Eqitha Dea Clareyna, Lizda Johar Mawarani. 2013. Pembuatan Dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat *Bagasse*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- Khaerul Mukmin. 2019. Pengaruh Arah Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Tarik Dan *Bending* Material Komposit Serat Ijuk-*Epoxy*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Khafid Wahyu Rifa'i. 2011. Pengaruh Komposit Campuran *Filler* Terhadap Kekuatan *Bending* Pada Komposit Ampas Tenu-Sekam Padi Dengan Matrik *Polyester*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Krisnawati, H. Kallio, M Dan Kanninen, M. 2011. *Acacia Mangium Willd. Ekologi, Silvikultur Dan Produktivitas. CIFOR*. Bogor. Indonesia.
- Leo Jumadin Awal Hamsa, 2016. Analisa Redaman Suara Komposit Resin Polyester Yang Berpenguat Serbuk Kayu Jati. Universitas Halu Oleo. Kendari.

- Lindawati Ismail, Mohd. Imran Ghazali, Shahrudin Mahzan, Ahmad Mujahid Ahmad Zaidi. 2010. *Sound Absorption Of Arenga Pinnata Natural Fiber*. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. Malaysia.
- Made Astika, I Putu Lokantara, I Made Gatot Karohika 2013. Sifat Mekanis Komposit *Polyester* Dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. Universitas Udayana. Bandung.
- Made Astika, I Putu Lokantara, I Gusti Komang Dwijayana. 2013. Karakteristik Sifat Tarik Dan Mode Patahan Komposit Polimer Dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. Universitas Udayana. Bandung.
- Matthews, F.L., Rawlings, RD., 1993, *Composite Material Engineering And Science*, Imperial College Of Science, Technology And Medicine, London, UK.
- Melsiani Saduk, Fransisko Piri Niron, 2017. Analisis Kekuatan Bending Dan Kekuatan Impact Komposit Epoxy Diperkuat Serat Pelepah Lontar. Politeknik Negeri Kupang. Kupang.
- Muhamad Muhajir, Muhammad Alfian Mizar, Dwi Agus Sudjimat, 2016 Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak. Universitas Negeri Malang. Malang.
- Muhammad Najib. 2010. Optimasih Kekuatan Tarik Komposit Serat Rami *Polyester*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Muthia Egi Rahmasita, Moh. Farid, Hosta Ardhyanta. 2017. Analisis Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. ITS. Surabaya.
- Sulton Abid Taufik. 2017. Pengaruh Silene Treatment Dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan *Impact* Komposit Serat Sabut Kelapa-*Polyester*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Syawaldi. 2016. Pengaruh Persentase Serbuk Partikel Serat Kayu Akasia Pada Bahan Jenis Termoplastik Polipropilena Terhadap Kekuatan Impak Dan Tekuk Melalui Cetakan Tekan Panas (*Hot Press*). Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- R.E. Smallman, R.J. Bishop. 2000. *Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material Edisi Keenam*. Erlangga: Jakarta.
- Tri Eko Guntur Wijaya. 2019. Pengaruh Anyaman Serat Goni Dengan Matrik *Epoxy* Terhadap Kekuatan *Bending* Dan *Impact*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Yunindanova, M.B., Herdhata, A. Dan Dwi, A. 2013. Pengaruh Tingkat Kematangan Kompos Tandan Kosong Sawit Dan Mulsa Limbah Padat Kelapa Sawit Terhadap Produksi Tanaman Toman. Universitas Sebelas Maret. Solo.