

**TUGAS AKHIR**

**PEMBUATAN BET TENIS MEJA  
BAHAN *HYBRID* KOMPOSIT ALAMI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**RIO LISSWARA**  
**1607230160**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rio Lisswara  
NPM : 1607230160  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Bet Tennis Meja Bahan *Hybrid* Komposit Alami  
Bidang Ilmu : Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 Maret 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Riadini Wahy Lubis, ST,M.T

Dosen Penguji II



H. Muharnif, ST.M.Se

Dosen Pembimbing



M. Yani, S.T, M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rio Lisswara  
Tempat /Tanggal Lahir : Kolam, 29 Agustus 1997  
NPM : 1607230160  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

### **" Pembuatan Bet Tenis Meja Bahan *Hybrid* Komposit Alami"**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan pekerjaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 Maret 2022

Saya yang menyatakan,



Rio Lisswara

## ABSTRAK

Salah satu material yang saat ini sedang diteliti dan dikembangkan adalah material komposit. Sabut kelapa merupakan limbah yang hanya ditimbun di bawah tegakan kelapa kemudian dibiarkan membusuk hingga kering, pemanfaatannya sebagian besar untuk kayu bakar. Sedangkan serat ijuk yang dihasilkan oleh pohon aren merupakan salah satu serat alam yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan komposit. Serat ijuk memiliki kekuatan tarik dan lentur yang tinggi dan ketersediaannya cukup melimpah. Oleh karena itu, bet tenis meja dibuat dengan bahan komposit *hybrid*, yaitu kombinasi dari dua jenis serat yang berbeda dengan kekuatan pukulan yang sama atau lebih besar dan dengan harga yang lebih murah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan teknik pembuatan material komposit yang diperkuat serat kelapa dan serat ijuk. Pembuatan 3 komposisi spesimen dengan presentase 80% resin 20% serat, 70% resin 30% serat, dan 60% resin 40% serat. Hasil dari pengujian *impact* diambil kesimpulan bahwa komposisi 2 dengan presentase 70% resin dan 30% serat memiliki nilai hasil *impact* paling tinggi dari ke 2 komposisi yaitu dengan nilai rata-rata 1,90 *Joule/mm<sup>2</sup>*. Dan hasil pembuatan bet tenis meja memiliki ukuran dimensi dengan berat total 200 gram, panjang 260 mm, lebar daun bet 150 mm, tebal daun bet 6 mm, tebal lapisan karet 2 mm.

Kata kunci: Komposit, serat kelapa dan serat ijuk, bet tenis meja

## ABSTRACT

*One of the materials currently being researched and developed is composite materials. Coconut coir is a waste that is only stockpiled under coconut stands and then left to rot to dry, its use is mostly for firewood. Meanwhile, palm fiber produced by palm trees is one of the natural fibers that has the potential to be developed into composite materials. Palm fiber has high tensile and flexural strength and its availability is quite abundant. Therefore, table tennis bats are made with hybrid composite materials, which are a combination of two different types of fibers with the same or greater hitting strength and at a lower price. The purpose of this study was to obtain a technique for making composite materials reinforced with coconut fiber and palm fiber. Making 3 specimen compositions with a percentage of 80% resin 20% fiber, 70% resin 30% fiber, and 60% resin 40% fiber. The results of the impact test concluded that composition 2 with a percentage of 70% resin and 30% fiber had the highest impact value of the 2 compositions with an average value of 1.90 Joule/mm<sup>2</sup>. And the results of making table tennis bats have dimensions with a total weight of 200 grams, length of 260 mm, width of bat leaves 150 mm, thickness of bat leaves 6 mm, thickness of rubber layer 2 mm.*

*Keywords: Composite, coconut fiber and palm fiber, table tennis bat*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu nikmat dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan Bet Tenis Meja Bahan *Hybrid* Komposit Alami” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing serta dekan Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST., MT selaku Wakil Dekan I dan Bapak Affandi, ST., MT selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Chandra A Sigar, S.T., M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST., MT sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
7. Teristimewa untuk Orang Tua penulis Bapak Jumingan dan Ibu Ngatini, adik-adik penulis Dendi Purnama dan Marsellino dan seluruh Keluarga Penulis yang telah membimbing dan memberikan dorongan serta bantuan baik do'a maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik- mesin.

Medan, 05 April 2022



Rio Lisswara

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bet Tennis Meja	4
2.1.1 Definisi Bet Tennis Meja	4
2.1.2 Komponen Yang Terdapat Pada Bet	4
2.1.3 Spesifikasi Bet Tennis Meja Sesuai SNI	5
2.2 Komposit	6
2.2.1 Klasifikasi Bahan Komposit	13
2.2.2 Pengisi ( <i>Filler</i> )	14
2.2.2.1 Serat Sabut Kelapa	15
2.2.2.2 Serat Ijuk	16
2.2.3 <i>Epoxy Resin</i>	17
2.2.4 Karakteristik Material komposit	18
2.2.5 Pembuatan Komposit	20
2.3 Uji <i>Impact</i>	20
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1 Tempat	23
3.1.2 Waktu	23
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat Penelitian	25
3.2.2 Bahan penelitian	30
3.3 Prosedur Penelitian	32
3.3.1 Persiapan Serat Kelapa dan Serat Ijuk Pembuatan Spesimen	32
3.3.2 Pembuaatan Cetakan	32
3.3.3 Prosedur Pembuatan Bet Tennis Meja Menggunakan Sillicone Rubber	32
3.3.4 Hasil Pembuatan Bet Tennis Meja	33



<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Proses Pembuatan Cetakan Spesimen	34
4.2 Perhitngan Spesimen	35
4.3 Proses Pembuatan Spesimen	39
4.4 Proses Pengujian Spesimen	41
4.5 Hasil Pengujian	43
4.5.1 Pengujian Spesimen dengan Komposisi 1	43
4.6 Proses Pembuatan Bet Tennis Meja	55
4.7 Hasil Pembuatan Bet Tennis Meja	57
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan Karet	4
Gambar 2.2 <i>Layer Spons Elastis</i>	5
Gambar 2.3 <i>Handel</i>	5
Gambar 2.4 Komponen Penyusun Komposit	7
Gambar 2.5 Komposit Serat	7
Gambar 2.6 Komposit Lamit	8
Gambar 2.7 Komposit Partikel	8
Gambar 2.8 Serat Kelapa	16
Gambar 2.9 Serat Ijuk Pohon Aren	17
Gambar 2.10 Proses <i>Hand Lay-Up</i>	20
Gambar 2.11 Spesifikasi Uji <i>Impact</i> Sesuai ASTM E23-56T	21
Gambar 2.12 Ilustrasi Skematis Pengujian <i>Impact</i> Metode <i>Charpy</i> dan <i>Izod</i>	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Uji <i>Impact</i>	25
Gambar 3.3 Cetakan Spesimen	25
Gambar 3.4 Timbangan Digital	26
Gambar 3.5 Kamera <i>Canon</i>	26
Gambar 3.6 Amplas/Kertas Pasir	27
Gambar 3.7 Baskom	27
Gambar 3.8 Mistar/Penggaris	28
Gambar 3.9 Pisau	28
Gambar 3.10 Kuas	29
Gambar 3.11 Sarung Tangan	29
Gambar 3.12 Resin	30
Gambar 3.13 Hardener	30
Gambar 3.14 Serat Kelapa	31
Gambar 3.15 Serat Ijuk	31
Gambar 4.1 Proses Pembuatan Cetakan Spesimen	34
Gambar 4.2 Hasil Pembuatan Cetakan Spesimen	34
Gambar 4.3 Spesimen Uji <i>Impact</i>	39
Gambar 4.4 Proses Penimbangan Serat	40
Gambar 4.5 Mencampur <i>Epoxy</i> dan Serat	40
Gambar 4.6 Proses Pengeringan Spesimen	40
Gambar 4.7 Alat Uji <i>Impact</i>	41
Gambar 4.8 Peletakkan Spesimen pada Penopang	41
Gambar 4.9 Proses <i>Setting</i> Spesimen	42
Gambar 4.10 Proses Pengangkatan Lengan Bandul	42
Gambar 4.11 Hasil Pengujian pada Spesimen 4	43
Gambar 4.12 Hasil Pengujian pada Spesimen 3	44
Gambar 4.13 Hasil Pengujian pada Spesimen 3	46
Gambar 4.14 Diagram Hasil Pengujian <i>Impact Charpy</i>	52
Gambar 4.15 Diagram Hasil Pengujian <i>Impact Charpy</i>	53
Gambar 4.16 Diagram Hasil Pengujian <i>Impact Charpy</i>	54
Gambar 4.17 Hasil Cetakan Bet	55
Gambar 4.18 Setelah Dicampurkan Bahan pada Cetakan	56

Gambar 4.19 Hasil Pembuatan Bet

56

Gambar 4.20 Bet Tennis Meja Komposit dan Bet Tennis Meja SNI

57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beberapa Komposisi Kimia Serat Kelapa	15
Tabel 3.1 Jadwal Waktu dan Kegiatan	23
Tabel 4.1 Presentase Serat	35
Tabel 4.2 Presentase Serat	36
Tabel 4.3 Presentase Serat	38
Tabel 4.4 Hasil Uji <i>Impact</i> Komposisi 1	48
Tabel 4.5 Hasil Uji <i>Impact</i> Komposisi 2	49
Tabel 4.6 Hasil Uji <i>Impact</i> Komposisi 3	50
Tabel 4.7 Data Hasil Uji <i>Impact</i> Komposit pada Komposisi 1	51
Tabel 4.8 Data Hasil Uji <i>Impact</i> Komposit pada Komposisi 2	51
Tabel 4.9 Data Hasil Uji <i>Impact</i> Komposit pada Komposisi 3	52
Tabel 4.10 Hasil Perbandingan Bet Tenis Meja	57

## DAFTAR NOTASI

NAMA DAN LAMBANG	SATUAN
E = energi serap	joule
m = massa pendulum	kg
g = gravitasi	9,0 (m/s)
R = panjang lengan pendulum	m
$\cos \alpha$ = sudut pendulum sebelum diayunkan	( $^{\circ}$ )
$\cos \beta$ = sudut pendulum setelah diayunkan	( $^{\circ}$ )
A = luas penampang	joule/mm <sup>2</sup>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di zaman yang semakin berkembang ini, industri manufaktur mengalami perkembangan yang sangat pesat. Kebutuhan akan material di bidang ini juga semakin meningkat. Material dengan karakteristik tertentu seperti kekuatan, keuletan, dan sifat mekanik lainnya sesuai kebutuhan sangat dicari. Berbagai jenis material telah dikembangkan dan juga diteliti untuk mendapatkan material baru yang efektif dan ramah lingkungan. Salah satu material yang saat ini sedang diteliti dan dikembangkan adalah material komposit. Mendorong penggunaan material komposit sebagai material alternatif atau substitusi material kayu pada berbagai produk industri.

Pengembangan komposit menggunakan komposit *hybrid* yang dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang mengembangkan jenis perkuatan memberikan hasil sifat mekanik dari hasil pengujian *impact* yang dilakukan (Lubis, RW, dkk: 2022).

Seperti yang kita ketahui saat ini, banyak sekali produk yang menggunakan kayu. Kayu yang dihasilkan dari hutan, semakin sering hasil yang kita ambil akan mempengaruhi kelestarian hutan. Untuk menjaga ekosistem dan kelestarian hutan, produk kayu dapat dikonversi menjadi bahan *matriks* komposit. Salah satunya adalah penggunaan bet tenis meja yang saat ini masih menggunakan kayu. Oleh karena itu, bet tenis meja dibuat dengan bahan komposit *hybrid*, yaitu kombinasi dari dua jenis serat yang berbeda dengan kekuatan pukulan yang sama atau lebih besar dan dengan harga yang lebih murah.

Beberapa dekade terakhir, penggunaan serat alam memiliki banyak tuntutan karena kualitas kepadatan rendah, harga rendah, terbarukan, biaya produksi rendah, baik dalam sifat mekanik fisik dan berlimpah (Ikhwansyah, dkk: 2018).

Bakri, (2011) menyatakan bahwa mengenai penggunaan serat alam sebagai penguat dalam komposit, serat alam memiliki keunggulan dibandingkan serat sintetis, antara lain kekuatan dan modulus spesifik tinggi, densitas rendah, harga

murah, melimpah di banyak negara, emisi polusi tinggi, biaya rendah dan dapat didaur ulang.

Sabut kelapa merupakan limbah yang hanya ditimbun di bawah tegakan kelapa kemudian dibiarkan membusuk hingga kering, pemanfaatannya sebagian besar untuk kayu bakar. Sabut kelapa memiliki komponen kimia yang relatif sama dengan kayu. Ini mengandung 8,5% hemiselulosa, 21,07% selulosa, 29,23% lignin, 14,25% pektin dan 26% air (T Puspaningrum, dkk: 2019).

Secara tradisional, masyarakat mengolah sabut menjadi tali dan ditunen menjadi keset. Padahal sabut kelapa masih memiliki nilai ekonomi yang cukup baik. Sabut kelapa bila diurai akan menghasilkan 2 (dua) serabut sabut (*cocofibre*) dan serbuk sabut (*cococoir*). Tapi inti dari sabut adalah serat sabut.

Sedangkan serat ijuk yang dihasilkan oleh pohon aren merupakan salah satu serat alam yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan komposit. Serat ijuk memiliki kekuatan tarik dan lentur yang tinggi dan ketersediaannya cukup melimpah. Kondisi ijuk diambil dari pelepah pohon aren yang sudah dianyam dan ijuk diambil yang banyak mengandung kotoran dan debu. Untuk pengembangan proses manufaktur yang meningkat dan meningkatkan keberadaan material komposit di sektor industri. Komposit telah menjadi bahan pilihan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka disusunlah tugas dengan judul “Pembuatan Bet Tennis Meja Bahan *Hybrid* Komposit Alami”. Diharapkan bet tennis meja bahan *hybrid* komposit ini bermanfaat dan menjadi inovasi terbaru serta bermanfaat bagi semua orang.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang terdapat dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana cara pembuatan bet tennis meja menggunakan bahan *hybrid* komposit berbahan serat kelapa dan serat ijuk?
2. Bagaimana menganalisis uji *impact* pada bet tennis meja menggunakan bahan *hybrid* komposit?

### 1.3 Ruang lingkup

Pada penulisan penelitian ini ada beberapa pembatasan masalah agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis, antara lain:

1. Pembuatan spesimen dengan 4 presentase yaitu: serat kelapa 20% dengan serat ijuk 80%, serat kelapa 30% dengan serat ijuk 70%, serat kelapa 40% dengan serat ijuk 60%, serat kelapa 50% dengan serat ijuk 50%
2. Pengujian material komposit dengan menggunakan uji *impact* metode *charpy*.
3. Pada pembuatan bet tenis meja dibuat dengan presentase 50% resin dan 50% serat.

### 1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pembuatan bet tenis meja bahan *hybrid* komposit alami

1. Untuk merancang dan membuat bet tenis meja pada cetakan.
2. Untuk menganalisis kekuatan material bet tenis meja berbahan *hybrid* komposit dengan serat kelapa dan serat ijuk.

### 1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan alternatif kayu.
2. Dapat mengetahui kekuatan *impact* dari bahan *hybrid* komposit dengan serat kelapa dan serak ijuk
3. Mampu memberikan kontribusi dan pengembangan bet tenis meja bahan *hybrid* komposit alami dengan menggunakan serat kelapa dan serat ijuk.
4. Menambah pengetahuan, wawasan dan pengalaman tentang penelitian pembuatan bet tenis meja bahan *hybrid* komposit alami pada alat uji *impact*.
5. Mampu memanfaatkan serat kelapa dan serat ijuk menjadi lebih bermanfaat bagi kehidupan masyarakat
6. Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai referensi tambahan untuk membuat tugas yang berhubungan dengan pembuatan bet tenis meja bahan *hybrid* komposit alami.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Bet Tennis Meja

##### 2.1.1. Definisi Bet Tennis Meja

Alat yang digunakan untuk memukul bola pingpong dalam permainan tenis meja dengan gagang/kayu yang nyaman digenggam. Bahan dari bet tenis meja biasa terbuat dari kayu dengan lapisan karet khususnya mampu meningkatkan akurasi bola pingpong yang akan dipukul. Bet yang digunakan terdiri dari berbagai ukuran, bentuk atau berat. Bet kayu yang dilapisi karet biasa yang tebalnya maksimum 2 mm, bet ini disebut bet karet halus. Bet kayu yang dilapisi karet bintik yang tebalnya tidak boleh lebih dari 4 mm, bet ini disebut bet karet bintik. Biasanya berat bet  $\pm 150$  gram. Alat pemukul tenis meja atau bet terbuat dari kayu tebal dan kaku, permukaannya dilapisi karet berbintik yang menonjol keluar, seluruhnya tidak kurang dari 2 mm (Muklis, 2007:9).

##### 2.1.2. Komponen Yang Terdapat Pada Bet

Adapun komponen yang digunakan pada bet tenis meja terdiri dari :

###### 1. Lapisan Karet

Lapisan karet khususnya memiliki kualitas yang tinggi sehingga ketika bola dipukul menggunakan bet ini akurasi akan tetap terjaga.



Gambar 2.1 Lapisan Karet (Wahyudi, 2019)

## 2. *Layer Spons Elastis*

Lapisan spons pada taruhan ini juga memberikan perasaan yang lebih *elastis* dan memberikan *performa* kecepatan yang lebih saat ingin mengayunkan bet ini.



Gambar 2.2 *Layer Spons Elastis* (Wahyudi, 2019)

## 3. *Handel*

Gagang pada bet tenis meja ini terbuat dari kayu berkualitas sehingga sangat kuat namun tetap ringan pada saat diayunkan (Jakartanotebook, 2014).



Gambar 2.3 *Handel* (Wahyudi, 2019)

### 2.1.3. Spesifikasi Bet Tenis Meja Sesuai SNI (Standart Nasional Indonesia)

Berikut spesifikasi bet tenis meja sesuai SNI, yaitu:

1. Berat bet total : 150 – 210 gram
2. Panjang keseluruhan : 260 – 270 mm
3. Lebar daun bet : 150 – 155 mm

4. Tebal daun bet : 6 – 7 mm
5. Tebal lapisan karet : 1,5 – 2 mm
6. Warna karet bet : Merah dan Hitam
7. Panjang tangkai : 105 – 110 mm
8. Tebal tangkai : 22 – 25 mm
9. Lebar tangkai : 28 – 35 mm
10. Sesuai SNI 12-0799-1995
11. Sesuai standart PTMSI (Persatuan Tenis Meja Seluruh Indonesia)  
(Willy Gunardi, 2011).

## 2.2. Komposit

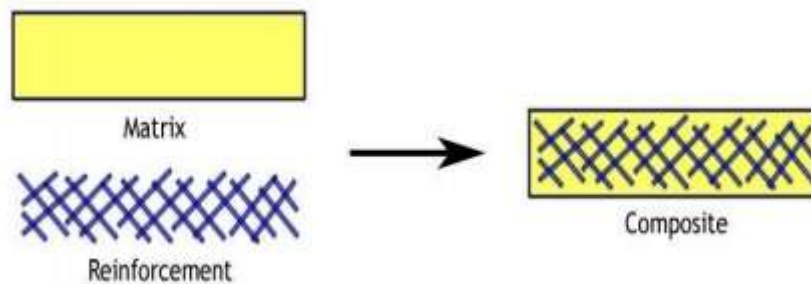
### A. Pengertian komposit

Secara umum material komposit terbentuk dalam dua jenis fasa, yaitu fasa *matriks* dan fasa penguat. *Matriks* fasa adalah bahan dengan fasa kontinu yang selalu tidak kaku atau lemah. Sedangkan fasa penguat selalu lebih kaku dan kuat, tetapi lebih getas. Kombinasi kedua fasa tersebut menghasilkan material yang dapat mendistribusikan beban yang diterima disepanjang penguat, sehingga material menjadi lebih tahan terhadap pengaruh beban (M. Yani, 2016).

Komposit adalah bahan yang tersusun dari campuran dua atau lebih bahan dengan sifat kimia dan fisika yang berbeda, dan menghasilkan bahan baru yang memiliki sifat berbeda dari bahan penyusunnya. Material komposit terdiri dari dua jenis material penyusun yaitu *matriks* dan *fiber*. Keduanya memiliki fungsi yang berbeda, *fiber* berfungsi sebagai material rangka komposit.

Sedangkan fungsi *matriks* adalah untuk merekatkan serat-serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Perpaduan keduanya akan menghasilkan material yang keras, kuat namun ringan.

Material komposit memiliki banyak keunggulan, termasuk berat yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, ketahanan korosi dan biaya perakitan yang lebih rendah.



Gambar 2.4 Ilustrasi Komponen Penyusun Komposit (Indra Mawardi dan Hasrin Lubis, 2018)

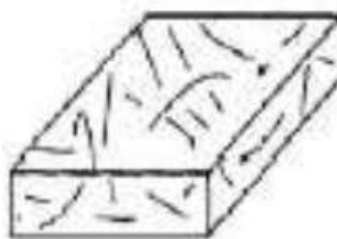
Keterangan pada gambar :

1. *Matrix* berfungsi sebagai penyangga, pengikat *fasa*, penguat.
2. *Reinforcement* adalah unsur penguat kepala *matrix*.
3. *Composite* adalah gabungan, campuran dari dua atau lebih bahan yang terpisah.

Secara umum, dikenal tiga kelompok komposit, yaitu :

1. Komposit Serat (*Fibricus Composite*)

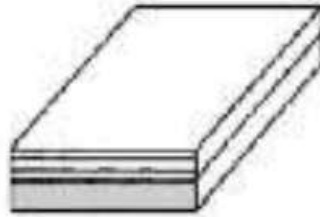
Komposit jenis ini merupakan komposit yang hanya terdiri dari satu lapis atau lamina dengan menggunakan perkuatan serat/*fiber*. Serat yang digunakan biasanya berupa serat kaca, serat karbon, serat aramid, dan sebagainya. Serat ini dapat disusun secara acak atau dalam orientasi tertentu bahkan dalam bentuk anyaman.



Gambar 2.5 Komposit Serat (George H. Staab, 1999)

## 2. Komposit Lamit (*Laminated Composite*)

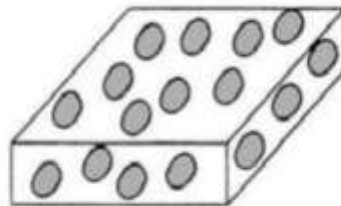
Jenis komposit ini terdiri dari dua atau lebih lapisan yang digabungkan menjadi satu dan masing-masing lapisan memiliki karakteristik tersendiri. Contoh komposit tersebut adalah komposit bimetalik, pelapis logam, kaca berlapis, dan komposit serat laminasi yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.



Gambar 2.6 Komposit Lamit (George H. Staab, 1999)

## 3. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk/granular sebagai penguat dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Contohnya adalah komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti batu dan pasir yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton.



Gambar 2.7 Komposit Partikel (George H. Staab, 1999)

### B. Unsur Penyusun Komposit

Pada umumnya bahan komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat tersebut yang disebut *matriks*.

#### 1. Serat (*Fiber*)

Salah satu unsur penyusun material komposit adalah serat. Serat ini terutama menentukan karakteristik material komposit, seperti kekakuan,

kekuatan dan sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit.

Secara umum, sifat komposit ditentukan oleh:

1. Sifat serat
2. Sifat resin
3. Rasio serat terhadap resin dalam komposit (fraksi volume serat)
4. Geometri dan orientasi serat dalam komposit

Macam-macam serat :

a. Serat alami

Serat yang dihasilkan oleh tumbuhan, hewan, dan proses geologi. Jenis serat ini dapat mengalami pelapukan.

b. Serat buatan

Serat buatan biasanya berasal dari petrokimia. Namun ada juga yang terbuat dari selulosa alami seperti rayon. Serat buatan terbentuk dari polimer alami atau buatan dengan mempolimerisasi senyawa kimia.

## 2. *Matriks (Resin)*

*Matriks* adalah fasa dalam komposit yang memiliki bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). *Matriks* memiliki fungsi mentransfer tegangan pada serat, membentuk ikatan yang koheren, melindungi serat, mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik, melepaskan ikatan, dan tetap stabil setelah proses pembuatan (Indra Surya, 2016).

Gibson, (1994) menyatakan bahwa *matriks* dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. *Matriks* secara umum memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur.
2. Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan.
3. Mentransfer dan mendistribusikan bahan ke serat memiliki sifat kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.

Persyaratan dibawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan *matriks* untuk pencetakan bahan komposit:

1. *Resin* yang digunakan harus memiliki *viskositas* rendah, dapat sesuai dengan bahan penguat dan *permeable*.
2. Dapat diukur pada suhu kamar dalam waktu yang optimal.
3. Memiliki penyusutan kecil pada proses *curing*.
4. Memiliki daya rekat yang baik dengan bahan penguat.
5. Memiliki sifat yang baik dari bahan yang diawetkan.

Tidak ada bahan yang dapat memenuhi semua persyaratan di atas, tetapi saat ini yang paling banyak digunakan adalah poliester tak jenuh (Surdia, 2000).

### 3. Tipe komposit serat

Kebutuhan akan penempatan serat dan arah serat yang berbeda membuat komposit berpenguat serat terbagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

- a. *Continuous Fiber Composite* (komposit yang diperkuat dengan serat kontinyu)
- b. *Woven Fiber Composite* (komposit yang diperkuat dengan serat anyaman)
- c. *Chopped Fiber Composite* (komposit diperkuat serat pendek/acak)
- d. *Hybrid Composite* (komposit yang diperkuat serat terus menerus dan serat acak) (Gibson, 1994).

### 4. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja komposit

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja komposit serat-matriks, antara lain:

- a. Faktor serat

Selain sebagai bahan pengisi matriks juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matriks pada komposit untuk menahan gaya-gaya yang terjadi.

b. Letak serat

Tata letak dan arah serat dalam matriks akan menentukan kekuatan mekanik komposit, karena letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit.

c. Panjang serat

Ada 2 kegunaan serat dalam campuran komposit, yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dari serat pendek.

d. Bentuk serat

Bentuk serat dalam pembuatan komposit tidak terlalu berpengaruh, yang mempengaruhi adalah diameter serat. Dimana, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan.

e. Faktor *matriks*

Selain itu, *matriks* juga harus memiliki kecocokan kimia agar tidak terjadi reaksi yang tidak diinginkan pada permukaan kontak antara keduanya.

Untuk memilih matriks, sifat-sifatnya harus dipertimbangkan, seperti ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap cuaca buruk, dan tahapan ketahanan panas.

Bahan polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dan komposit ada dua macam, yaitu *termoplastik* dan *thermoset*.

*Termoplastik* dan *thermoset* ada banyak macam jenisnya, diantaranya :

1. *Termoplastik*, contohnya :

- a. *Polyamide* (PI),
- b. *Polysulfone* (PS),
- c. *Polyetheretherketone* (PEEK),
- d. *Polypropylene* (PP),
- e. *Polyethylene* (PE), dll.

2. *Thermoset*, contohnya :

- a. *Epoxy*,
- b. *Polyester*



- c. *Phenolics*,
- d. *Plenol*,
- e. *Resin amino,dll*

f. Faktor ikatan *fiber matriks* komposit

Serat yang baik harus mampu menyerap *matriks* yang memungkinkan terjadinya antara dua *fase*. Selain itu, komposit serat juga harus memiliki kemampuan menahan tegangan tinggi, karena serat dan *matriks* saling berinteraksi dan akhirnya terjadi distribusi tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh *matriks* dan serat. Hal-hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan *matriks* adalah *void*, yaitu adanya celah-celah pada serat atau bentuk serat yang tidak sempurna yang dapat menyebabkan *matriks* tidak dapat mengisi ruang kosong pada cetakan. Ketika komposit menerima beban, daerah tegangan akan menjadi berpindah ke dalam daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit (Schwatz, 1984).

g. Katalis

Digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat pada komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampur. Semakin banyak katalis yang ditambahkan, semakin cepat proses curing. Namun, jika katalis berlebihan, akan menghasilkan bahan rapuh atau resin bisa terbakar (Justus Sakti Raya, 2001).

C. Material Pengikat Komposit (*matriks*)

Bahan pengikat ini dalam sistem komposit berfungsi sebagai penerus beban bahan penguat (serat), untuk memisahkan serat satu sama lain dan untuk menghambat perambatan retak yang timbul akibat patah serat. Jenis bahan pengikat pada sistem komposit dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Komposit Matriks Polimer (KMP)

Jenis pengikat yang digunakan adalah polimer. Contoh: resin *fenol*, resin *urea*, resin melamin, resin *thermoset*, dan lain-lain.

2. Komposit Metrik Keramik (KMK)

Jenis pengikat yang digunakan adalah keramik.

Contoh: SiO<sub>2</sub> (*kuarsa*), MgO (*periklas*), MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (*spinel*), dan lain-lain.

3. Komposit Matriks Logam (KML)

Jenis pengikat yang digunakan adalah logam.

Contoh: Al (*aluminium*), Mg (*magnesium*), Co (tembaga), Ni (*nikel*).

Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam pembentukan sistem komposit agar diperoleh produk yang efektif, yaitu komponen penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada komponen matriks dan harus ada ikatan permukaan yang kuat antar ikatan. komponen penguat dan *matriks*.

### 2.2.1 Klasifikasi Bahan Komposit

Klasifikasi komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Secara umum klasifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti:

1. Klasifikasi menurut kombinasi bahan utama, seperti logam organik atau logam anorganik.
2. Klasifikasi menurut karakteristik *bulk-form*, seperti sistem *matriks* atau *laminat*.
3. Klasifikasi menurut distribusi unsur-unsur penyusunnya, seperti *continuous* dan *discontinuous*.
4. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrik atau struktural (Schwartz, 1984).

Menurut Chung (2010), mengklasifikasikan komposit menjadi empat jenis, yaitu:

1. *Fibrous composites* adalah komposit yang terdiri dari bahan penguat berupa serat dan matriks. Komposit berserat dibagi menjadi dua yaitu serat pendek acak dan serat panjang kontinu.
2. *Laminated composites* adalah komposit yang terdiri dari berbagai bahan dan tersusun dari beberapa lamina.
3. *Particular composites* adalah komposit yang tersusun dari partikel-partikel dalam suatu *matriks*.
4. *Combinations* adalah komposit yang menggunakan semua kombinasi dari ketiga jenis komposit di atas.

Kegunaan bahan komposit sangat luas, yaitu :

1. Luar angkasa, seperti komponen pesawat, komponen helikopter, komponen satelit dan sebagainya.
2. Mobil, seperti komponen mesin, badan kereta api dan sebagainya.
3. Olahraga dan rekreasi seperti sepeda, *stik golf*, raket tenis, sepatu olahraga dan sebagainya.
4. Industri pertahanan, seperti komponen jet tempur, peluru, komponen kapal selam dan sebagainya.
5. Kelautan/ladang kelautan, kapal layar dan lain sebagainya.

### 2.2.2 Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi merupakan bahan yang banyak digunakan untuk ditambahkan pada bahan polimer untuk memperbaiki sifat dan pengolahannya untuk menekan biaya produksi (*Surdia, 2000:246*).

*Filler* pada komposit digunakan sebagai penguat *matriks* resin polimer. Mekanisme *filler* dalam meningkatkan kekuatan adalah dengan membatasi pergerakan rantai polimer. Beberapa jenis pengisi ditambahkan untuk alasan peningkatan stabilitas dimensi, anti-oksidan, penyerap UV dan pewarna.

### 2.2.2.1 Serat Sabut Kelapa (*Cocofibre*)

Tumbuhan memiliki buah yang banyak dan beragam. Namun, yang menghasilkan buah yang bisa diolah menjadi serat alami tidak banyak. Buah yang dimanfaatkan sebagai serat adalah kelapa. Buah kelapa memiliki serat yang melapisi buah. Serabut tersebut telah banyak digunakan sebagai bahan serat.

Sudarsono, dkk (2010), Serat sabut kelapa atau sabut kelapa yang terdiri dari serat yang ditemukan di antara kulit bagian dalam yang keras dari tempurung, membentuk sekitar 35% dari total berat kelapa matang. Serat sabut kelapa memiliki daya tamping yang tinggi, tahan terhadap bakteri, air asin dan murah, sedangkan kelemahannya tergolong serat kaku. Sabut kelapa tersusun dari unsur organik dan mineral, yaitu pektin dan hemiselulosa (yang merupakan komponen yang larut dalam air), *lignin* dan *selulosa* (komponen yang tidak larut dalam air), kalium, kalsium, magnesium, nitrogen dan protein. Perbandingan komponen di atas tergantung pada umur sabut kelapa, lignin pada serat sabut kelapa berkisar antara 40% - 50% serat sabut kelapa relatif pendek, sel-sel serat panjangnya sekitar 1 mm dengan diameter 15 mikron dan serat terdiri dari 30-300 sel atau lebih, dilihat dari penampangnya. Panjang serat sabut berkisar antara 15-35 cm dengan diameter 0,1-1,5 mm. Serat sabut kelapa memiliki kandungan lignin yang cukup tinggi dibandingkan dengan selulosa yang menyebabkan serat menjadi ulet, kuat dan tahan lama.

Tabel 2.1 Beberapa komposisi kimia serat kelapa

<b>Komposisi</b>	<b>Nilai %</b>
Selulosa	32-43
Hemiselulosa	0.15-0.25
Lignin	40-45
Pektin	3-4
Kelembaban	8

(Sumber : Sari, dkk 2013)

Selain itu, sabut kelapa umumnya bersifat isolator, penyerap suara dan antistatis. Keunggulan lain dari serat ini adalah lebih tahan terhadap bakteri dan jamur serta mampu bertahan lebih lama dalam perendaman tanpa mengalami disintegrasi. Bakri (2010), menyatakan bahwa semakin besar diameter serat sabut kelapa maka semakin kecil kekuatan dan *modulus young*.

Bakri dan Eichhorn (2010), telah meninjau sifat *mikromekanik deformasi* serat sabut kelapa dengan menggunakan *ramanspektroskopi*. Serat sabut kelapa memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan serat lainnya tetapi memiliki *elongasi* yang lebih tinggi.



Gambar 2.8 Serat Kelapa

#### 2.2.2.2 Serat Ijuk

Aren yang merupakan tanaman penghasil ijuk tumbuh di seluruh Indonesia dengan sangat baik, terutama pada ketinggian 400 hingga 1000 meter di atas permukaan laut.

Bahan ijuk merupakan bahan serat alam yang berasal dari pangkal pohon aren (*Arenga pinnata*) yang tersedia di alam. Serat ini memiliki sifat tidak mudah rusak, ramah lingkungan dan bernilai ekonomis. Secara tradisional pemanfaatan ijuk telah digunakan oleh masyarakat dalam bahan konstruksi bangunan seperti atap bangunan dan juga sebagai lapisan penyaring pada sumber resapan (Sarjono dan Wahjono, 2008; Anonimous, 2002; Zulfian, 2008).

Serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren dan memiliki banyak keistimewaan sebagai berikut:

- a. Tahan lama
- b. Tahan terhadap asam dan garam air laut.
- c. Mencegah penembusan rayap tanah.

Sekarang ijuk banyak digunakan untuk berbagai bahan peralatan yang terkenal seperti, sapu ijuk, sikat ijuk, ijuk dan lain-lain, atau untuk berbagai bahan seperti tali bambu, untuk berbagai resapan air di saringan air, kebun, ladang, dan lain-lain.



Gambar 2.9 Serat Ijuk

### 2.2.3 Epoxy resin

*Matriks* (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat-serat agar dapat bekerja dengan baik. *Matriks* harus mampu mentransmisikan beban dari luar ke serat.

*Matriks* yang baik untuk digunakan pada komposit serat harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. *Matriks* melekat dengan baik pada permukaan serat sehingga beban yang diberikan pada komposit akan terdistribusi dengan baik ke serat, karena serat ini berperan penting dalam menahan beban yang diterima komposit.

- b. Melindungi permukaan serat dari kerusakan
- c. Melindungi serat dari retakan permukaan

Dalam penelitian ini, matriks *epoxy* digunakan sebagai penguat komposit. Istilah *epoxy* resin telah banyak diadaptasi untuk banyak kegunaan di luar komposit polimer yang diperkuat serat.

Epoxy resin membutuhkan penambahan bahan pengawet selama proses pengawetan, yang biasa disebut pengeras. Sedangkan fungsi hardener pada epoxy berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat proses pengeringan atau reaksi polimerisasi. Resin epoksi atau secara umum dipasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu jenis polimer yang berasal dari kelompok *thermoset*. Resin *thermoset* adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekanisnya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang (Iswan dkk, 2018).

#### 2.2.4 Karakteristik Material Komposit

Salah satu faktor terpenting dalam menentukan karakteristik material komposit adalah kandungan/persentase antara matrik dan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, volume cetakan komposit harus dihitung terlebih dahulu ( $V_{cetakan}$ ), Volume Matrik ( $V_{matrik}$ ), Volume Serat ( $V_{serat}$  sebelum komposit dicetak).

- a. Massa jenis serat ( $\rho_{serat}$ )

$$\rho_{serat} = \frac{m_{serat}}{v_2 - v_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

$m_{serat}$  = Massa Serat (gr)

$\rho_{serat}$  = Massa jenis serat (gr)

$v_2 - v_1$  = Selisih Volume Dalam gelas ukur (cm<sup>3</sup>)

- b. Volume cetakan ( $v_{cetakan}$ )

$$V_{cetakan} = P.l.t(cetakan) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- v cetakan = Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)
- P = Panjang cetakan (cm)
- l = Lebar cetakan (cm)
- t = Tinggi cetakan (cm)

c. Volume serat (v serat)

$$V \text{ serat} = v \text{ cetakan} * Fv \text{ serat} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- v serat = Volume serat (cm<sup>3</sup>)
- v cetakan = Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)
- Fv serat = Fraksi volume Serat (gr/cm<sup>3</sup>)

d. Massa serat dalam cetakan (m serat)

$$m \text{ serat} = \rho \text{ serat} * v \text{ serat} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- m serat = Massa serat dalam cetakan (gr)
- $\rho$ serat = Massa jenis serat (gr)
- v serat = Volume serat (cm<sup>3</sup>)

e. Volume matrik (v matrik)

$$v \text{ matrik} = v \text{ cetakan} - v \text{ serat} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

- v matrik = Volume matrik (cm<sup>3</sup>)
- v cetakan = Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)
- v serat = Volume serat (cm<sup>3</sup>)

f. Volume katalis

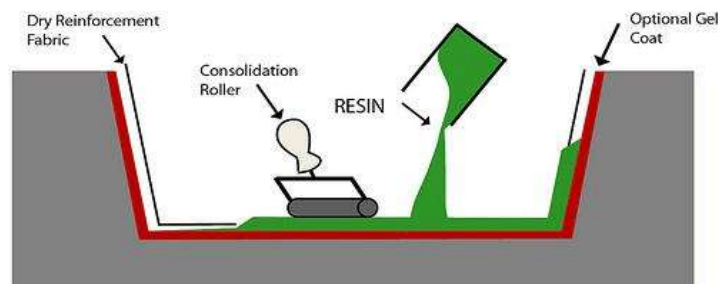
$$= 1 \% * v \text{ matrik} \dots\dots\dots (2.6)$$



### 2.2.5 Proses Pembuatan Komposit

Menurut Gibson (1994), proses pembuatan komposit ada berbagai macam metode proses yang dapat digunakan untuk membuat komposit antara lain metode *Hand Lay-Up*, metode *Spray-Up*, metode *Vacuum Bagging*.

Dalam penelitian ini, penulis membuat komposit dengan menggunakan serat kelapa dan serat ijuk bermatrik epoksi dengan metode *Hand Lay-Up* atau pencetakan terbuka. Proses *Hand Lay-Up* merupakan proses lamunasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama yang digunakan pada pembuatan komposit, metode *Hand Lay-Up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus. (Gibson, 1994)



Gambar 2.10 Proses *Hand Lay-Up* (Gibson, 1994)

Keuntungan *Hand Lay-Up*:

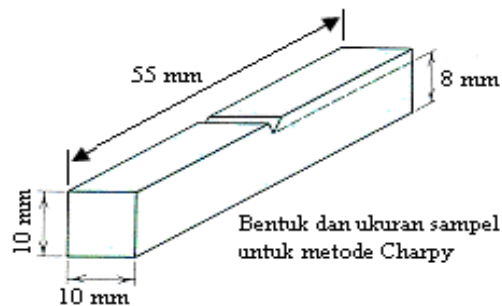
1. Peralatan sedikit dan harga murah.
2. Kemudahan dalam bentuk dan desain produk.
3. Variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur dengan mudah.

### 2.3 Uji *Impact*

Menurut Wona, dkk (2015), prinsip dari uji impak ini adalah menghitung energi yang diberikan oleh beban dan menghitung energi yang diserap oleh benda uji. Ketika beban dinaikkan sampai ketinggian tertentu, bahan tersebut memiliki energi potensial, kemudian ketika mengenai benda uji energi kinetiknya mencapai maksimum. Energi yang diserap oleh spesimen akan menyebabkan spesimen gagal. Bentuk keruntuhan tergantung pada jenis material, apakah itu patah getas atau patah ulet.

Tujuan dari penelitian uji impak adalah untuk mengetahui seberapa besar energi potensial serapan yang dihasilkan dari ayunan bandul dari ketinggian kemudian secara tiba-tiba mengenai benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi.

Untuk melakukan uji *impact*, telah ditentukan bahwa *standart* tes yang dilakukan adalah *standart* ASTM E23-56T yang memiliki ukuran panjang 55 mm, lebar 10 mm, tebal 10 mm dan tinggi 10 mm dengan takik 45° (Emmy, dkk: 2013)



Gambar 2.11 Bentuk dan Ukuran Sampel Metode Charpy (Anonim: 2013)

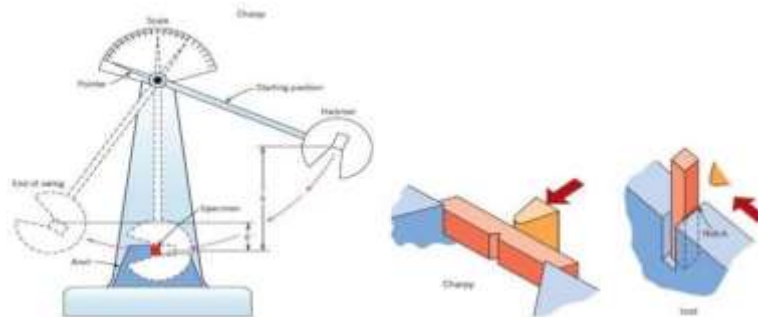
Secara umum pengujian *impact* terbagi menjadi 2 metode, yaitu :

a. Pengujian *Impact* dengan Metode Charpy

Metode ini merupakan uji impak dengan menempatkan posisi benda uji pada tumpuan pada posisi horizontal, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takik.

b. Pengujian *Impact* dengan Metode Izod

Pengujian impak dengan menempatkan posisi benda uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takik.



Gambar 2.12 Ilustrasi Skematis Pengujian *Impact* Metode Charpy dan Izod

(Sumber: <https://www.detech.co.id/impact-test/>)

Untuk mengukur data hasil uji *impact* digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\Delta E = W \cdot \ell (\cos \beta - \cos \alpha) / A \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- $\Delta E$  = Tenaga patah (J)
- A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- W = Berat bandul (N)
- $\ell$  = Panjang lengan bandul (m)
- $\alpha$  = Sudut awal sebelum diberi spesimen (°)
- $\beta$  = Sudut akhir setelah di pasang spesimen (°)
- H = Dalam takikan (m)
- h = Tinggi setelah benda uji patah (m)

Kekuatan *impact* pada suatu spesimen adalah energi yang diserap setiap satuan luas penampang lintang spesimen uji. Dibawah ini adalah cara untuk menghitung energi serap sebagai berikut:

$$E_{serap} = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos a) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

- $E_{serap}$  = Energi terserap (J)
- m = Massa pendulum (kg)
- g = Gravitasi 9,8 m/s<sup>2</sup>
- R = Panjang lengan pendulum (m)
- a = Sudut pendulum sebelum diayunkan (°)
- $\beta$  = Sudut pendulum setelah diayunkan (°)

$$\text{Kekuatan } impact = \frac{E}{A} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

- E = Energi terserap benda uji (J)
- A = Luas penampang spesimen (mm)

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat

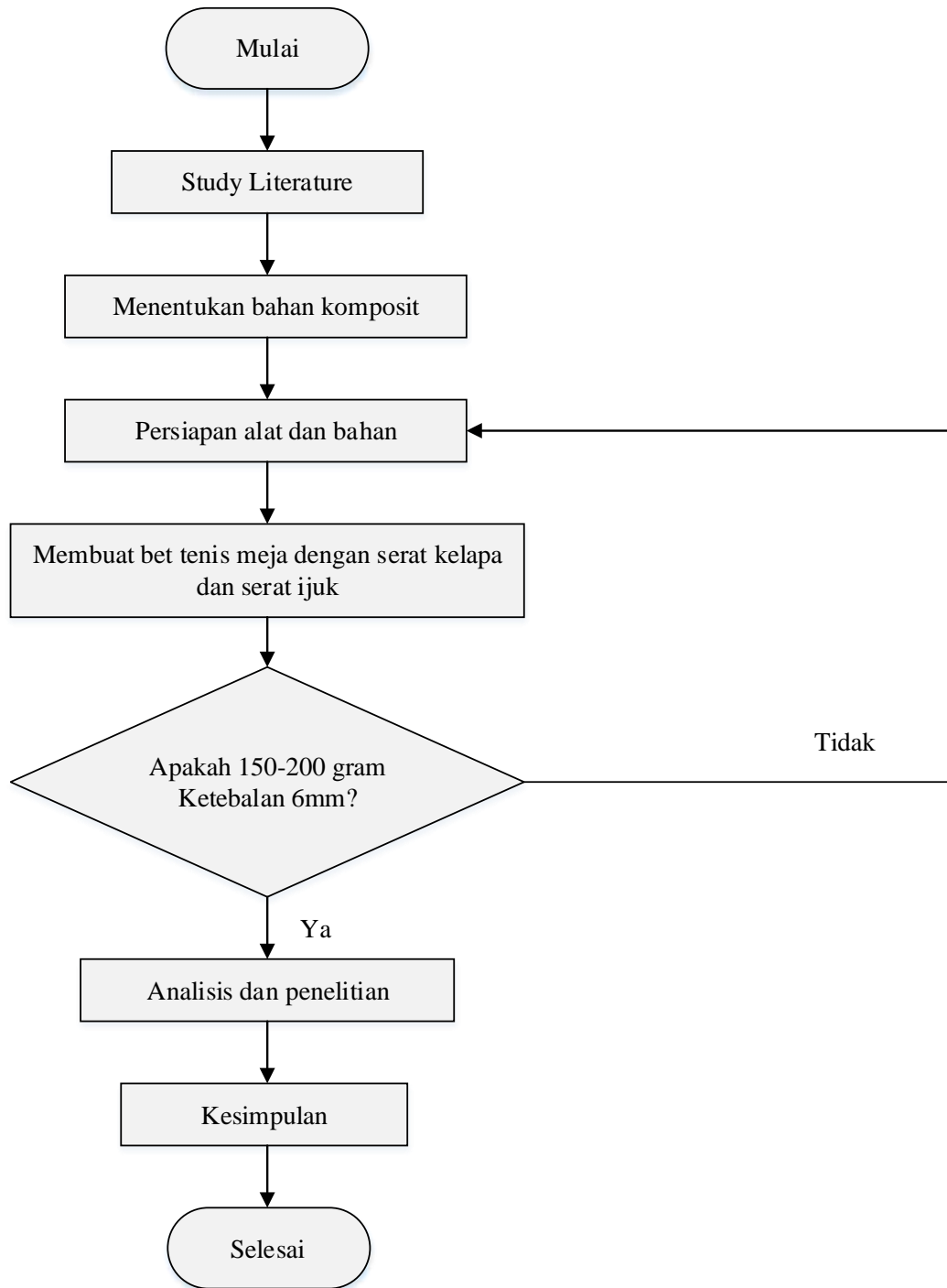
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

#### 3.1.2 Waktu

Adapun waktu kegiatan pelaksanaan pembuatan bet tenis meja pada cetakan ini setelah 7 bulan proposal judul tugas akhir disetujui dan dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal Waktu dan Kegiatan

No	Kegiatan	Waktu/Bulan							
		10	11	12	1	2	3	4	
1	Pengajuan judul	█							
2	Studi literatur	█	█						
3	Penulisan proposal	█	█	█					
4	Penyediaan alat dan bahan			█	█	█			
5	Pembuatan bet tenis meja					█	█	█	
6	Pengambilan data						█	█	
7	Penyelesaian skripsi	█	█	█	█	█	█	█	█
8	Seminar hasil dan sidang sarjana								█



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat uji *impact*

Alat ini digunakan untuk melakukan uji patahan getas.



Gambar 3.2 Uji *Impact*

2. Cetakan

Cetakan digunakan untuk membentuk spesimen. Cetakan terbuat dari kayu dan dibentuk dengan *Silicone rubber*.



Gambar 3.3 Cetakan Spesimen

### 3. Timbangan digital

Digunakan untuk menimbang resin, katalis dan serat yaitu untuk mendapatkan perbandingan antara resin, katalis dan serat.



Gambar 3.4 Timbangan digital

### 4. Kamera

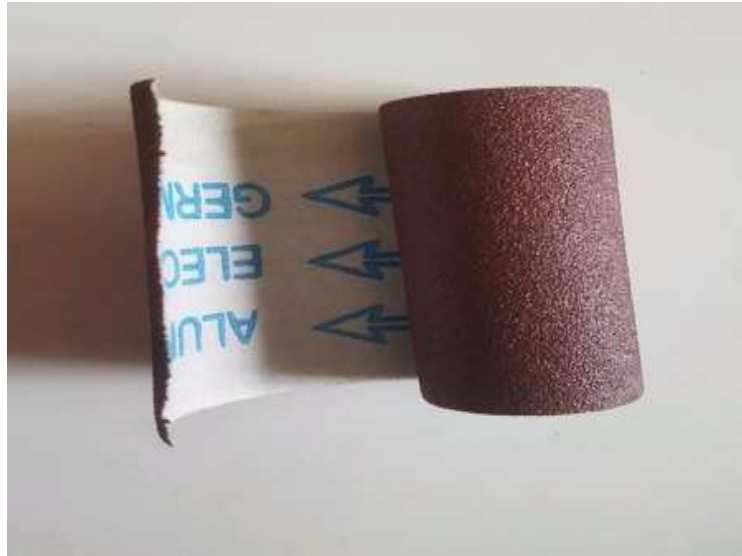
Kamera digunakan untuk mendokumentasi suatu objek.



Gambar 3.5 Kamera *Canon*

5. Amplas/kertas pasir

Amplas digunakan untuk menghaluskan objek pada suatu permukaan.



Gambar 3.6 Amplas/kertas pasir

6. Tempat pencampur

Digunakan sebagai wadah untuk mencampur serat dan resin.



Gambar 3.7 Baskom



7. Mistar/penggaris

Mistar adalah sebuah alat pengukur dan alat bantu gambar untuk menggambar lurus.



Gambar 3.8 Mistar/penggaris

8. Silet cutter/pisau

Pisau digunakan untuk memotong sebuah benda.



Gambar 3.9 Pisau

### 9. Kuas

Kuas digunakan untuk meratakan atau menempelkan bahan resin pada cetakan.



Gambar 3.10 Kuas

### 10. Sarung tangan

Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan dari sekitar pengaruh lingkungan.



Gambar 3.11 Sarung tangan

### 3.2.2 Bahan penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen adalah sebagai berikut:

1. *Epoxy resin*

Digunakan sebagai pencampuran bertujuan untuk merekatkan dan mengeraskan serat.



Gambar 3.12 Resin

2. Katalis/Hardener

Cairan ini bisa dibilang pendamping setia resin, cairan ini biasanya berwarna bening dan memiliki bau yang sedikit menyengat. Cairan ini berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan adonan serat, semakin banyak katalis maka semakin cepat adonan akan mengeras namun hasilnya kurang baik.



Gambar 3.13 Hardener

### 3. Serat kelapa

Digunakan sebagai bahan utama dalam pencampuran pembuatan spesimen komposit.



Gambar 3.14 Serat kelapa

### 4. Serat ijuk

Serat kedua digunakan sebagai bahan utama dalam pencampuran spesimen komposit.



Gambar 3.15 Serat ijuk

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Persiapan Serat Kelapa dan Serat Ijuk Pembuatan Spesimen

Pemotongan sabut kelapa dan ijuk dengan dimensi panjang (55 mm) x lebar (10 mm) x tinggi (10 mm) kedalaman takik 2 mm dan sudut takik 45°.

#### 3.3.2 Pembuatan Cetakan

Untuk pengujian *impact* cetakan dibuat menggunakan kayu dengan ketebalan 10 mm dengan ukuran mengacu pada standart spesimen uji *impact* ASTM E23-56T (Emmy, dkk: 2013).

#### 3.3.3 Prosedur Pembuatan Bet Tennis Meja Menggunakan *Sillicone Rubber*

1. Menimbang bahan komposit antara resin dengan katalis agar sesuai dengan komposisi yang dibutuhkan.
2. Menimbang serat kelapa dan serat ijuk sebagai bahan penguat agar sesuai yang dibutuhkan.
3. Mencampur resin dengan katalis yang sudah ditimbang sesuai yang dibutuhkan.
4. Menuangkan campuran antara resin dengan katalis kedalam cetakan sampai batas yang disesuaikan.
5. Meletakkan serat kelapa dan serat ijuk diatas campuran resin dengan katalis pada cetakan hingga merata.
6. Menuangkan kembali campuran cairan resin dengan katalis sampai volume cetakan penuh.
7. Kemudian menutup bagian atas cetakan agar hasil permukaan komposit menjadi rata dan kedap dari udara, karena pada penelitian ini pengeringan difokuskan menggunakan katalis bukan menggunakan media udara.
8. Diamkan selama  $\pm 24$  jam.
9. Setelah  $\pm 24$  jam lepaskan penutup pada cetakan.
10. Membuka cetakan, kemudian melepaskan komposit yang sudah kering dari cetakan.

#### 3.3.4 Hasil Pembuatan Bet Tennis Meja

Berdasarkan hasil yang dilakukan dari prosedur pembuatan bet tennis meja, didapatkan hasil dari bahan komposit serat kelapa dan serat ijuk yang telah terbentuk bet tennis meja melalui cetakan yang terbuat dari *Silicone rubber*.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Proses Pembuatan Cetakan Spesimen

Berikut adalah proses pembuatan cetakan spesimen menggunakan *Silicone rubber*.



Gambar 4.1 Proses Pembuatan Cetakan Spesimen



Gambar 4.2 Hasil Pembuatan Cetakan Spesimen

## 4.2 Perhitungan Spesimen

Tabel 4.1 Presentase Serat

Epoxy Resin dan Hardener 80%	Kelapa	Ijuk
10 gram		
a. Massa campuran serat dalam wadah pengaduk 4,128 gram	20%	80%
b. Sisa diadukan 4,84 gram	30%	70%
c. Resin 80% x 5,16 gram = 4,128 gram	40%	60%
d. Serat 20% x 5,16 gram = 1,032 gram	50%	50%

### Perhitungan

Diketahui : Berat spesimen = 5,16 gram

Ditanya : Berat serat?

Jawab : 20% serat dari 5,16 gram

$$= \frac{20}{100} \times 5,16$$

$$= 1,03 \text{ gram}$$

20%

= Serat Kelapa

$$= \frac{20}{100} \times 1,03 = 0,21 \text{ gram}$$

30%

= Serat Kelapa

$$= \frac{30}{100} \times 1,03 = 0,31 \text{ gram}$$

80%

= Serat Ijuk

$$= \frac{80}{100} \times 1,032 = 0,82 \text{ gram}$$

70%

= Serat Ijuk

$$= \frac{70}{100} \times 1,03 = 0,72 \text{ gram}$$



$$40\%$$

$$= \text{Serat Kelapa}$$

$$= \frac{40}{100} \times 1,03 = 0,41 \text{ gram}$$

$$60\%$$

$$= \text{Serat Ijuk}$$

$$= \frac{60}{100} \times 1,03 = 0,62 \text{ gram}$$

$$50\%$$

$$= \text{Serat Kelapa}$$

$$= \frac{50}{100} \times 1,03 = 0,52 \text{ gram}$$

$$50\%$$

$$= \text{Serat Ijuk}$$

$$= \frac{50}{100} \times 1,03 = 0,52 \text{ gram}$$

Tabel 4.2 Presentase Serat

Epoxy Resin dan Hardener 70%	Serat 30%	
10 gram	Kelapa	Ijuk
a. Massa campuran serat dalam wadah pengaduk 4,128 gram	20%	80%
b. Sisa diadukan 4,84 gram	30%	70%
c. Resin 70% x 5,16 gram = 3,612 gram	40%	60%
d. Serat 30% x 5,16 gram = 1,548 gram	50%	50%

Perhitungan

Diketahui : Berat spesimen = 5,16 gram

Ditanya : Berat serat?

Jawab : 30% serat dari 5,16 gram

$$= \frac{30}{100} \times 5,16$$

$$= 1,55 \text{ gram}$$

20%

= Serat Kelapa

$$= \frac{20}{100} \times 1,55 = 0,31 \text{ gram}$$

80%

= Serat Ijuk

$$= \frac{80}{100} \times 1,55 = 1,24 \text{ gram}$$

30%

= Serat Kelapa

$$= \frac{30}{100} \times 1,55 = 0,46 \text{ gram}$$

70%

= Serat Ijuk

$$= \frac{70}{100} \times 1,55 = 1,08 \text{ gram}$$

40%

= Serat Kelapa

$$= \frac{40}{100} \times 1,55 = 0,62 \text{ gram}$$

60%

= Serat Ijuk

$$= \frac{60}{100} \times 1,55 = 0,93 \text{ gram}$$

50%

= Serat Kelapa

$$= \frac{50}{100} \times 1,55 = 0,78 \text{ gram}$$

50%

= Serat Ijuk

$$= \frac{50}{100} \times 1,55 = 0,78 \text{ gram}$$

Tabel 4.3 Presentase Serat

Epoxy Resin dan Hardener 60%	Serat 40%	
10 gram	Kelapa	Ijuk
a. Massa campuran serat dalam wadah pengaduk 4,128 gram	20%	80%
b. Sisa diadukan 4,84 gram	30%	70%
c. Resin 60% x 5,16 gram = 3,096 gram	40%	60%
d. Serat 40% x 5,16 gram = 2,064 gram	50%	50%

Perhitungan

Diketahui : Berat spesimen = 5,16 gram

Ditanya : Berat serat?

Jawab : 40% serat dari 5,16 gram

$$= \frac{40}{100} \times 5,16$$

$$= 2,06 \text{ gram}$$

20%

= Serat Kelapa

$$= \frac{20}{100} \times 2,06 = 0,41 \text{ gram}$$

30%

= Serat Kelapa

$$= \frac{30}{100} \times 2,06 = 0,62 \text{ gram}$$

80%

= Serat Ijuk

$$= \frac{80}{100} \times 2,06 = 1,65 \text{ gram}$$

70%

= Serat Ijuk

$$= \frac{70}{100} \times 2,06 = 1,44 \text{ gram}$$

$$40\%$$

$$= \text{Serat Kelapa}$$

$$= \frac{40}{100} \times 2,06 = 0,82 \text{ gram}$$

$$60\%$$

$$= \text{Serat Ijuk}$$

$$= \frac{60}{100} \times 2,06 = 1,24 \text{ gram}$$

$$50\%$$

$$= \text{Serat Kelapa}$$

$$= \frac{50}{100} \times 2,06 = 1,03 \text{ gram}$$

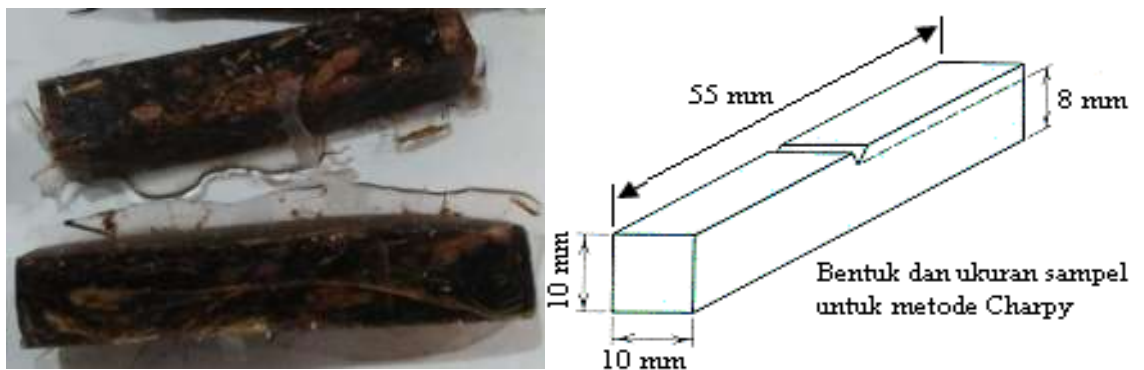
$$50\%$$

$$= \text{Serat Ijuk}$$

$$= \frac{50}{100} \times 2,06 = 1,03 \text{ gram}$$

#### 4.3 Proses Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan spesimen komposit untuk pengujian *impact* dengan standar ukuran dan bentuk menurut ASTM E23-56T yang memiliki ukuran panjang 55 mm, lebar 10 mm, tebal 10 mm dan tinggi 10 mm dengan takik 45° dapat terlihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Spesimen Uji *Impact*

2. Menimbang *epoxy resin*, *hardener epoxy* dengan serat kelapa dan serat ijuk sebagai perbandingan berat *epoxy resin*, *hardener epoxy*, serat kelapa dan serat ijuk.



Gambar 4.4 Proses Penimbangan Bahan

3. Mencampurkan bahan-bahan kedalam cetakan spesimen



Gambar 4.5 Mencampur *Epoxy* dan Serat

4. Kemudian tunggu 1x24 jam sampai spesimen mengering



Gambar 4.6 Proses Pengeringan Spesimen

#### 4.4 Proses Pengujian Spesimen

1. Mempersiapkan alat uji *impact* dengan segala kelengkapannya.



Gambar 4.7 Alat Uji *Impact*

2. Meletakkan bahan uji di atas penopang.



Gambar 4.8 Peletakkan Spesimen pada Penopang

3. *Setting* spesimen agar takik berada di tengah.



Gambar 4.9 Proses *Setting* Spesimen

4. Angkat lengan bandul.



Gambar 4.10 Proses Pengangkatan Lengan Bandul

5. Posisi kan jarum pada angka 0.
6. Kemudian lepas bandul lalu injak rem agar lengan bandul berhenti dan lihat hasil pengujian.

## 4.5 Hasil Pengujian

### 4.5.1 Pengujian Spesimen dengan Komposisi 1

Pada bab ini ditampilkan pengolahan data hasil penelitian yang akan dibahas sesuai dengan data yang di peroleh. Data yang akan ditampilkan yaitu data hasil pengujian spesimen yang akan diuji menggunakan alat uji *impact* yang terdiri dari 60 spesimen dengan perbandingan jumlah dan berat serat, *epoxy* resin dan hardener yang berbeda.

#### a. Hasil pengujian *impact* pada spesimen 4 dengan komposisi 1

Pada gambar 4.11 merupakan hasil yang didapat dari spesimen 4 dengan komposisi 1 yaitu 80% resin 20% serat dengan serat sabut kelapa 20% dan serat ijuk 80% hasil akhir pengujian menunjukkan  $127^\circ$  dengan energi serap yang didapat 1,41 Joule dan kekuatan *impact* 0,00 Joule/mm<sup>2</sup>.



Gambar 4.11 Hasil Pengujian pada Spesimen 4

Dari gambar 4.11 merupakan hasil dari pengujian yang dilakukan dengan alat penguji *impact charpy*, hasil tersebut di dapat melalui perhitungan sebagai berikut:

1. Dengan rumus perhitungan:  $E_{serap} = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$

Dik:  $m = 6 \text{ kg}$

$$R = 0,6 \text{ m}$$

$$\alpha = 130^\circ$$

$$\beta = 127^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$



Dit: Energi yang diserap ( $E$ ) ?

Jawab:  $E = m \cdot g \cdot R \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 127^\circ - \cos 130^\circ)$$

$$E = 35,28 \times (-0,60 - (-0,64))$$

$$E = 1,41 \text{ Joule}$$

2. Dengan rumus perhitungan:  $\frac{E}{A}$

Dik:  $A = P \times t$   $t = 10 - 2$   
 $= 55 \times 8$   $= 8 \text{ mm}$   
 $= 440 \text{ mm}^2$

Dit: Luas penampang ( $E/A$ )?

Jawab:  $\frac{E}{A} = \frac{1,41}{440}$   
 $= 0,00 \text{ Joule/mm}^2$

b. Hasil pengujian *impact* pada spesimen 3 dengan komposisi 2

Pada gambar 4.12 merupakan hasil yang didapat dari spesimen 3 dengan komposisi 2 yaitu 70% resin 30% serat dengan serat sabut kelapa 40% dan serat ijuk 60% hasil akhir pengujian menunjukkan  $120^\circ$  dengan energi serap yang didapat 4,94 Joule dan kekuatan impact 0,01 Joule/mm<sup>2</sup>.



Gambar 4.12 Hasil Pengujian pada Spesimen 3

Dari gambar 4.12 merupakan hasil dari pengujian yang dilakukan dengan alat penguji *impact charpy*, hasil tersebut di dapat melalui perhitungan sebagai berikut:

1. Dengan rumus perhitungan:  $E_{serap} = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$

Dik:  $m = 6 \text{ kg}$

$$R = 0,6 \text{ m}$$

$$\alpha = 130^\circ$$

$$\beta = 120^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Dit: Energi yang diserap ( $E$ ) ?

Jawab:  $E = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 120^\circ - \cos 130^\circ)$$

$$E = 35,28 \times (-0,5 - (-0,64))$$

$$E = 4,94 \text{ Joule}$$

2. Dengan rumus perhitungan:  $\frac{E}{A}$

Dik:  $A = P \times t$   $t = 10 - 2$

$$= 55 \times 8 = 8 \text{ mm}$$

$$= 440 \text{ mm}^2$$

Dit: Luas penampang ( $E/A$ )?

Jawab:  $\frac{E}{A} = \frac{4,94}{440}$

$$= 0,01 \text{ Joule/mm}^2$$

c. Hasil Pengujian *Impact* pada Spesimen 3 dengan komposisi 3

Pada gambar 4.13 merupakan hasil yang didapat dari spesimen 3 dengan komposisi 3 yaitu 60% resin 40% serat dengan serat sabut kelapa 50% dan serat ijuk 50% hasil akhir pengujian menunjukkan  $69^\circ$  dengan energi serap yang didapat 9,88 Joule dan kekuatan impact 0,02 Joule/mm<sup>2</sup>.



Gambar 4.13 Hasil Pengujian pada Spesimen 3

Dari gambar 4.12 merupakan hasil dari pengujian yang dilakukan dengan alat penguji *impact charpy*, hasil tersebut di dapat melalui perhitungan sebagai berikut:

1. Dengan rumus perhitungan:  $E_{serap} = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$

Dik:  $m = 6 \text{ kg}$

$$R = 0,6 \text{ m}$$

$$\alpha = 130^\circ$$

$$\beta = 69^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Dit: Energi yang diserap ( $E$ ) ?

Jawab:  $E = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 69^\circ - \cos 130^\circ)$$

$$E = 35,28 \times (-0,36 - (-0,64))$$

$$E = 9,88 \text{ Joule}$$

2. Dengan rumus perhitungan:  $\frac{E}{A}$

$$\begin{aligned} \text{Dik: } A &= P \times t & t &= 10 - 2 \\ &= 55 \times 8 & &= 8 \text{ mm} \\ &= 440 \text{ mm}^2 & & \end{aligned}$$

Dit: Luas penampang ( $E/A$ )?

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } \frac{E}{A} &= \frac{9,88}{440} \\ &= 0,02 \text{ Joule/mm}^2 \end{aligned}$$

Pada tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan yang didapat dari 20 spesimen pada komposisi 1 dengan presentase 80 % resin dan 20% serat.

Tabel 4.4 Hasil Uji *Impact* Komposisi 1

Spesimen Komposisi 1 80% (R) 20% (S)	P(mm)	L(mm)	t(mm)	P/2 (mm)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	E(J)	E/A (J/mm <sup>2</sup> )
Serat kelapa 20% dan serat ijuk 80%								
1.	55	10	8	27,5	130	120	4,94	0,01
2.	55	10	8	27,5	130	108	11,64	0,03
3.	55	10	8	27,5	130	118	6,00	0,01
4.	55	10	8	27,5	130	127	1,41	0,00
5.	55	10	8	27,5	130	105	13,41	0,03
Serat kelapa 30% dan serat ijuk 70%								
1.	55	10	8	27,5	130	105	13,41	0,03
2.	55	10	8	27,5	130	73	12,35	0,03
3.	55	10	8	27,5	130	68	9,53	0,02
4.	55	10	8	27,5	130	79	15,88	0,04
5.	55	10	8	27,5	130	78	29,99	0,07
Serat kelapa 40% dan serat ijuk 60%								
1.	55	10	8	27,5	130	72	35,52	0,08
2.	55	10	8	27,5	130	115	7,76	0,02
3.	55	10	8	27,5	130	118	6,00	0,01
4.	55	10	8	27,5	130	118	6,00	0,01
5.	55	10	8	27,5	130	106	12,70	0,03
Serat kelapa 50% dan serat ijuk 50%								
1.	55	10	8	27,5	130	120	4,94	0,01
2.	55	10	8	27,5	130	122	3,88	0,01
3.	55	10	8	27,5	130	116	7,06	0,02
4.	55	10	8	27,5	130	119	5,16	0,91
5.	55	10	8	27,5	130	109	10,01	0,02

Pada tabel 4.5 merupakan hasil perhitungan yang didapat dari 20 spesimen pada komposisi 2 dengan presentase 70 % resin dan 30% serat.

Tabel 4.5 Hasil Uji *Impact* Komposisi 2

Spesimen Komposisi 2 70% (R) 30% (S)	P(mm)	L(mm)	t(mm)	P/2 (mm)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	E(J)	E/A (J/mm <sup>2</sup> )
Serat kelapa 20% dan serat ijuk 80%								
1.	55	10	8	27,5	130	124	2,82	0,01
2.	55	10	8	27,5	130	120	4,94	0,01
3.	55	10	8	27,5	130	119	5,16	0,91
4.	55	10	8	27,5	130	104	14,11	0,03
5.	55	10	8	27,5	130	89	23,28	0,05
Serat kelapa 30% dan serat ijuk 70%								
1.	55	10	8	27,5	130	103	14,82	0,03
2.	55	10	8	27,5	130	108	11,64	0,03
3.	55	10	8	27,5	130	121	4,23	0,01
4.	55	10	8	27,5	130	116	7,06	0,02
5.	55	10	8	27,5	130	126	1,76	0,00
Serat kelapa 40% dan serat ijuk 60%								
1.	55	10	8	27,5	130	123	3,53	0,01
2.	55	10	8	27,5	130	116	7,06	0,02
3.	55	10	8	27,5	130	120	4,94	0,01
4.	55	10	8	27,5	130	121	4,23	0,01
5.	55	10	8	27,5	130	80	28,58	0,06
Serat kelapa 50% dan serat ijuk 50%								
1.	55	10	8	27,5	130	119	5,16	0,91
2.	55	10	8	27,5	130	125	2,47	0,01
3.	55	10	8	27,5	130	119	5,16	0,91
4.	55	10	8	27,5	130	125	2,47	0,01
5.	55	10	8	27,5	130	119	5,16	0,91

Pada tabel 4.6 merupakan hasil perhitungan yang didapat dari 20 spesimen pada komposisi 3 dengan presentase 60 % resin dan 40% serat.

Tabel 4.5 Hasil Uji *Impact* Komposisi 3

Spesimen Komposisi 3 60% (R) 40% (S)	P(mm)	L(mm)	t(mm)	P/2 (mm)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	E(J)	E/A (J/mm <sup>2</sup> )
Serat kelapa 20% dan serat ijuk 80%								
1.	55	10	8	27,5	130	75	31,75	0,07
2.	55	10	8	27,5	130	107	12,35	0,03
3.	55	10	8	27,5	130	112	9,53	0,02
4.	55	10	8	27,5	130	88	23,64	0,05
5.	55	10	8	27,5	130	82	27,52	0,06
Serat kelapa 30% dan serat ijuk 70%								
1.	55	10	8	27,5	130	60	40,22	0,09
2.	55	10	8	27,5	130	97	18,35	0,04
3.	55	10	8	27,5	130	60	40,22	0,09
4.	55	10	8	27,5	130	48	46,22	0,11
5.	55	10	8	27,5	130	59	40,92	0,09
Serat kelapa 40% dan serat ijuk 60%								
1.	55	10	8	27,5	130	69	9,88	0,02
2.	55	10	8	27,5	130	96	19,05	0,04
3.	55	10	8	27,5	130	121	4,23	0,01
4.	55	10	8	27,5	130	93	20,82	0,05
5.	55	10	8	27,5	130	107	12,35	0,03
Serat kelapa 50% dan serat ijuk 50%								
1.	55	10	8	27,5	130	109	10,01	0,02
2.	55	10	8	27,5	130	65	7,76	0,02
3.	55	10	8	27,5	130	69	9,88	0,02
4.	55	10	8	27,5	130	68	9,53	0,02
5.	55	10	8	27,5	130	120	4,94	0,01

Pada tabel 4.7 merupakan data hasil uji *impact* komposit serat kelapa dan serat ijuk pada komposisi 1 dengan presentase 80% resin dan 20% serat.

Tabel 4.7 Data Hasil Uji *Impact* Komposit pada Komposisi 1

Fraksi volume serat	Energi serap (J)	Kekuatan impak (J/mm <sup>2</sup> )
Serat Kelapa 20% dan Serat Ijuk 80%	37,4	0,08
Serat Kelapa 30% dan Serat Ijuk 70%	81,16	0,19
Serat Kelapa 40% dan Serat Ijuk 60%	65,98	0,15
Serat Kelapa 50% dan Serat Ijuk 50%	31,05	0,97
<b>Hasil Rata-rata</b>		0,66

Pada tabel 4.8 merupakan data hasil uji *impact* komposit serat kelapa dan serat ijuk pada komposisi 2 dengan presentase 70% resin dan 30% serat.

Tabel 4.8 Data Hasil Uji *Impact* Komposit pada Komposisi 2

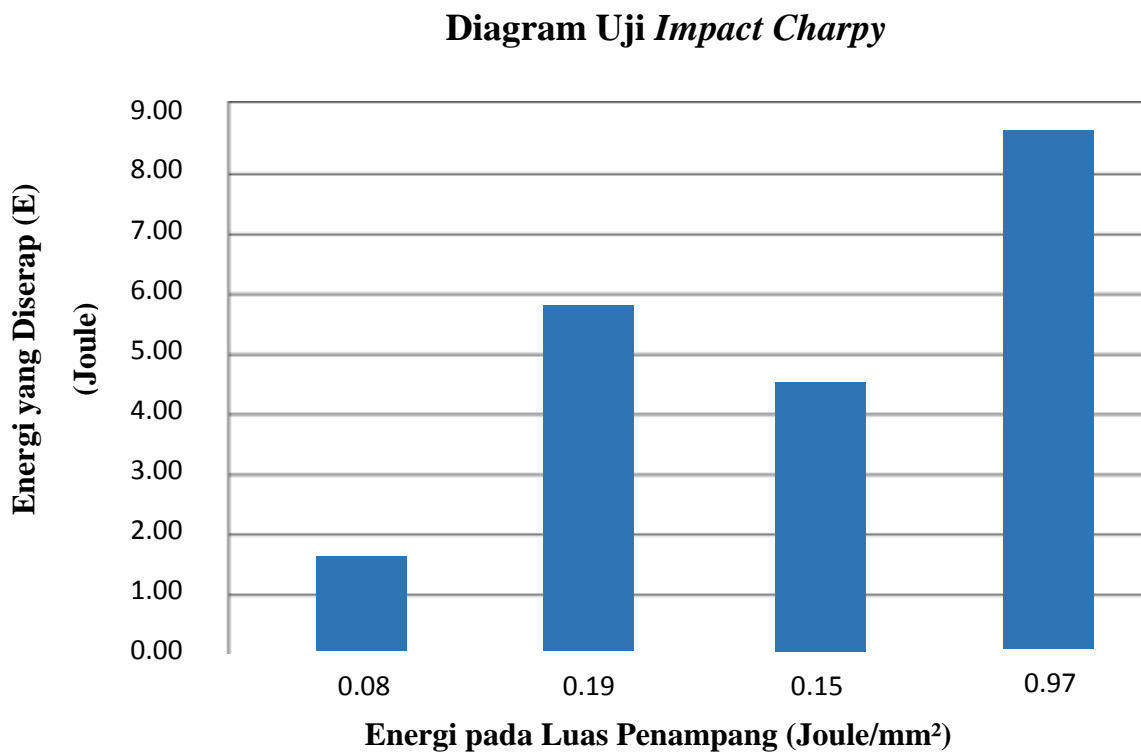
Fraksi volume serat	Energi serap (J)	Kekuatan impak (J/mm <sup>2</sup> )
Serat Kelapa 20% dan Serat Ijuk 80%	50,31	1,01
Serat Kelapa 30% dan Serat Ijuk 70%	39,51	0,09
Serat Kelapa 40% dan Serat Ijuk 60%	48,34	0,11
Serat Kelapa 50% dan Serat Ijuk 50%	20,42	2,75
<b>Hasil Rata-rata</b>		1,90



Pada tabel 4.9 merupakan data hasil uji *impact* komposit serat kelapa dan serat ijuk pada komposisi 3 dengan presentase 60% resin dan 40% serat.

Tabel 4.9 Data Hasil Uji *Impact* Komposit pada Komposisi 3

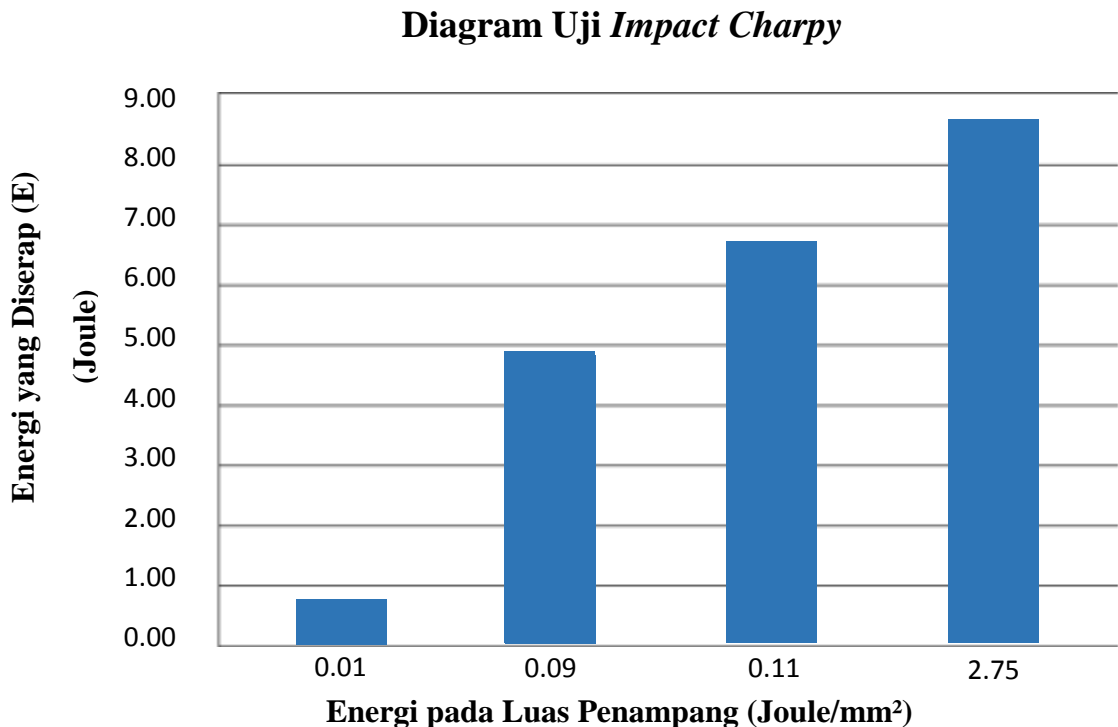
Fraksi volume serat	Energi serap (J)	Kekuatan impact (J/mm <sup>2</sup> )
Serat Kelapa 20% dan Serat Ijuk 80%	104,79	0,23
Serat Kelapa 30% dan Serat Ijuk 70%	185,93	0,42
Serat Kelapa 40% dan Serat Ijuk 60%	66,33	0,15
Serat Kelapa 50% dan Serat Ijuk 50%	42,12	0,09
<b>Hasil Rata-rata</b>		<b>0,82</b>



Gambar 4.14 Diagram Hasil Pengujian *Impact Charpy*

Berdasarkan gambar 4.14 diagram uji *impact charpy* maka diperoleh hasil pada spesimen komposisi 1 dengan presentase 80% resin dan 20% serat yaitu:

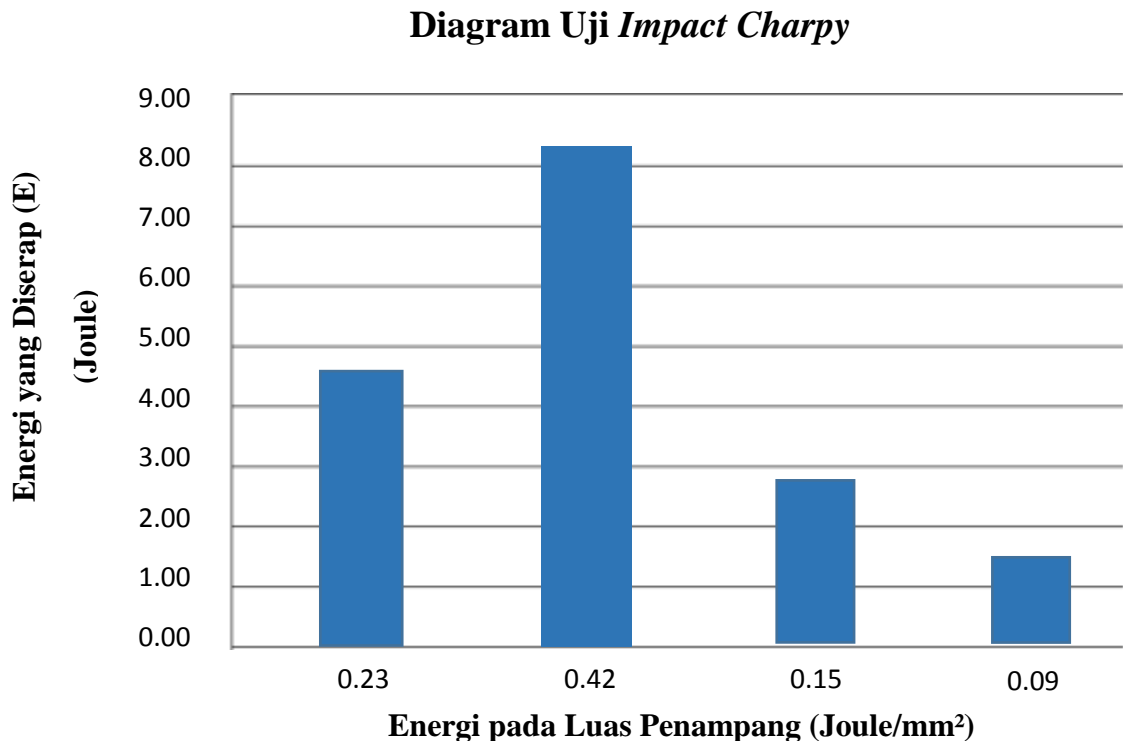
1. Fraksi volume serat kelapa 20% dan serat ijuk 80% memiliki energi yang diserap sebesar 37,4 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,08 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
2. Fraksi volume serat kelapa 30% dan serat ijuk 70% memiliki energi yang diserap sebesar 81,16 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,19 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
3. Fraksi volume serat kelapa 40% dan serat ijuk 60% memiliki energi yang diserap sebesar 65,98 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,15 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
4. Fraksi volume serat kelapa 50% dan serat ijuk 50% memiliki energi yang diserap sebesar 32,05 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,97 *Joule/mm<sup>2</sup>*



Gambar 4.15 Diagram Hasil Pengujian *Impact Charpy*

Berdasarkan gambar 4.15 diagram uji *impact charpy* maka diperoleh hasil pada spesimen komposisi 2 dengan presentase 70% resin dan 30% serat yaitu:

1. Fraksi volume serat kelapa 20% dan serat ijuk 80% memiliki energi yang diserap sebesar 50,31 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,01 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
2. Fraksi volume serat kelapa 30% dan serat ijuk 70% memiliki energi yang diserap sebesar 39,51 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,09 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
3. Fraksi volume serat kelapa 40% dan serat ijuk 60% memiliki energi yang diserap sebesar 48,32 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,11 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
4. Fraksi volume serat kelapa 50% dan serat ijuk 50% memiliki energi yang diserap sebesar 20,42 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 2,75 *Joule/mm<sup>2</sup>*.



Gambar 4.16 Diagram Hasil Pengujian *Impact Charpy*

Berdasarkan gambar 4.16 diagram uji *impact charpy* maka diperoleh hasil pada spesimen komposisi 3 dengan presentase 60% resin dan 40% serat yaitu:

1. Fraksi volume serat kelapa 20% dan serat ijuk 80% memiliki energi yang diserap sebesar 104,79 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,23 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
2. Fraksi volume serat kelapa 30% dan serat ijuk 70% memiliki energi yang diserap sebesar 185,93 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,42 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
3. Fraksi volume serat kelapa 40% dan serat ijuk 60% memiliki energi yang diserap sebesar 66,33 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,15 *Joule/mm<sup>2</sup>*.
4. Fraksi volume serat kelapa 50% dan serat ijuk 50% memiliki energi yang diserap sebesar 42,12 *Joule*, maka akan menghasilkan energi pada luas penampang sebesar 0,09 *Joule/mm<sup>2</sup>*.

#### 4.6 Proses Pembuatan Bet Tennis Meja

1. Cetak bet terlebih dahulu dengan *Silicone Rubber*.



Gambar 4.17 Hasil Cetakan Bet

2. Menuangkan campuran *epoxy* resin dengan hardener dan meletakkan serat kelapa dan serat ijuk pada cetakan.



Gambar 4.18 Setelah dicampurkan bahan pada cetakan

3. Kemudian tunggu selama 1x24 jam agar cetakan mengering sempurna.



Gambar 4.19 Hasil dari Pembuatan Bet

#### 4.7 Hasil Pembuatan Bet Tennis Meja

Dari hasil pengujian, dipilihlah presentase 50% resin dengan 50% serat untuk dijadikan bet tenis meja. Setelah dibuat bet tenis meja *hybrid* komposit dan sudah dipasang beberapa komponen pada bet, yaitu gagang dan karet layer spon memiliki perbandingan massa dengan bet tenis meja yang ada sesuai dengan SNI. Perbandingan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.10 Hasil Perbandingan Bet Tennis Meja

No.	Bet Tennis Meja	Massa
1.	Bet tenis meja bahan komposit	200 gram
2.	Bet tenis meja bahan kayu	157,9 gram



a. Bet Tennis Meja Komposit

b. Bet Tennis Meja SNI

Gambar 4.20 Bet Tennis Meja Komposit dan Bet Tennis Meja SNI

Berdasarkan hasil spesifikasi bet tenis meja sesuai SNI, maka pembuatan bet tenis meja berbahan *hybrid* komposit dengan penguat serat kelapa dan serat ijuk yang sudah dibuat ini sudah mencapai standart dan layak untuk digunakan.

Berikut spesifikasi bet tenis meja sesuai SNI (Standart Nasional Indonesia):

a. Bet tenis meja komposit

1. Berat bet total : 200 gram
2. Panjang keseluruhan : 270 mm
3. Lebar daun bet : 148 mm
4. Tebal daun bet : 6 mm
5. Tebal lapisan karet : 2 mm
6. Warna karet bet : Merah

7. Panjang tangkai : 102 mm
8. Tebal tangkai : 10 mm
9. Lebar tangkai : 24 mm

b. Bet tenis meja SNI

1. Berat bet total : 150 – 210 gram
2. Panjang keseluruhan : 260 – 270
3. Lebar daun bet : 150 – 155 mm
4. Tebal daun bet : 6 – 7 mm
5. Tebal lapisan karet : 1,5 – 2 mm
6. Warna karet bet : Merah dan Hitam
7. Panjang tangkai : 105 – 110 mm
8. Tebal tangkai : 22 – 25 mm
9. Lebar tangkai : 28 – 35 mm
10. Sesuai SNI 12-0799-1955
11. Sesuai standart PTMSI (Persatuan Tenis Meja Seluruh Indonesia)  
(Willy Gunardi, 2011).

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembuatan bet tenis meja bahan *hybrid* komposit alami serta pengujian *impact* spesimen yang diperkuat dengan serat kelapa dan serat ijuk yang dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembuatan bet tenis meja bahan *hybrid* komposit diperkuat serat kelapa dan serat ijuk memiliki ukuran dimensi dengan berat total 200 gram, panjang 270 mm, lebar daun bet 148 mm, tebal daun bet 6 mm, tebal lapisan karet 2 mm.
2. Hasil dari pengujian *impact* diambil kesimpulan bahwa komposisi 2 dengan presentase 70% resin dan 30% serat memiliki nilai hasil *impact* paling tinggi dari ke 2 komposisi yaitu pada 20% serat kelapa 80% serat ijuk memiliki energi serap 50,31 *Joule* dan kekuatan *impact* 1,01 *Joule/mm<sup>2</sup>*, pada 30% serat kelapa 70% serat ijuk memiliki energi serap 39,51 *Joule* dan kekuatan *impact* 0,09 *Joule/mm<sup>2</sup>*, pada 40% serat kelapa 60% serat ijuk memiliki energi serap 48,34 *Joule* dan kekuatan *impact* 0,11 *Joule/mm<sup>2</sup>*, pada 50% serat kelapa 50% serat ijuk memiliki nilai energi serap 20,42 *Joule* dan kekuatan *impact* 2,75 *Joule/mm<sup>2</sup>* dengan nilai rata-rata 1,90 *Joule/mm<sup>2</sup>*.

#### 1.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya menggunakan serat yang berbeda, dan pengujiannya melakukan uji tarik untuk mengetahui hasil produk yang maksimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., 2013, <http://faraland.wordpress.com/category/college/page/2/>
- Bakri (2011). *Tinjauan Aplikasi Serat Sabut Kelapa Sebagai Penguat Material Komposit*, Jurnal Mekanikal Vol.2 No.1 : Januari : 10-15.
- Chung, DD (2010). *Bahan Komposit: Ilmu Pengetahuan dan Aplikasi*. Sains & Bisnis Springer.
- Emmy. D.S., Nasmi H.S., Yudhyadi., Sinarep. 2012, *Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Impact dan Bending Material Komposit Polyester- Fiber glass dan Polyester-Pandan Wangi, Dinamika*
- Gibson, F.R., 1994, *Principle of Composite Material Mechanis*, International Edition, McGraw-Hill Inc, New York.
- Gunardi, W. (2011). *Jurnal Bet Tennis Meja Sesuai Dengan SNI*. Diakses pada tanggal 20 September 2019
- Jakartanotebook. (2014). [www.jakartanonebook.com/ragail-raket-tenis-meja-red](http://www.jakartanonebook.com/ragail-raket-tenis-meja-red).
- Justus Kimia Raya, (2001). *Technical Daya Sheet*, Jakarta.
- Lubis, R. D. W., Syam, B., & Gunawan, S. (2020). *Simulasi Respon Mekanik Komposit Busa Polimer Diperkuat Serat Tkks Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 29-37.
- Lubis, RW, Yani, M., Siregar, CAP, & Gunawan, S. (2022, Februari). *Development of cigarette butt fibre filter reinforced by opefb fiber composite material for trash can. Journal of Physics: Conference Series* 2193 (1), 012021, 2022.
- Muklis. (2007). *Olahraga Kegemaranku Tennis Meja*. Klaten : PT. Macanan Jaya Cemerlang
- M. Yani. (2016). *Kekuatan Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Pembebanan Dinamik*. Mekanik: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 2(2).
- M. Yani, RW Lubis, A Arfis, BW Putra, W Hardiansyah. *Design and manufacturing processes of half face motorcyle palm fiber reinforced composite polymer. Journal of Physics: Conference Series* 2193 (1), 012011, 2022.

- Sari, F. A. (2013). *Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Pada Kekuatan Tarik Dan Uji Degradasi Komposit Polipio-Pilena Bekas Berpengisi Serbuk Sabut Kelapa* .
- Schwartz, M. (1984). *Composite Materials Handbook*, McGraw-Hill Book Co, New York, USA.
- Sudarsono, d. B. (2010). *Jurnal Mekanikal*, Vol.1 *Penentuan Sifat Mekanis Serat Sabut Kelapa*, Np. 1 Januari 2010 : 23-29.
- Surdia, T., & Kenji, c. (2000). *Teknik Pengecoran Logam*.
- Surya, I. (2016). *Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin*. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 2(1).
- S Gunawan, RDW Lubis. *Utilisation of polyurethane composit with 50% composition of roystonea regia fiber as noise reduction panel on car hood*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 308 (1), 012007, 2018.
- T Puspaningrum, Y H Haris, I Sailah, M Yani and N S Indrasti (2020, April). *Physical and mechanical properties of binderless medium density fiberboard (MDF) from coconut fiber*. In *IOP Conference Series: Earth and Enviromental Science* (Vol. 472, No.1, p. 01201). IOP Publishing.
- Wahjono, S. d. (2008). *Anonimous, 2008 : Zulfan, 2008 Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(2), 2019.
- Wona, H. d. (2015). *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending dan Impact Komposit Polyester Berpenguat Serat*.

# LAMPIRAN

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Rio Lisswara

Tempat dan Tanggal Lahir : Kolam, 29 Agustus 1997

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Agama : Islam

Alamat : Jln. Perbatasan Dusun XII Sei Rotan Gg. Sejahtera

Nomor Telepon/HP : 0852 7597 0764

E-Mail : riolisswara4389@gmail.com

Status : Single

Nama Ayah : Jumingan

Nama Ibu : Ngatini

Alamat : Jln. Perbatasan Dusun XII Sei Rotan Gg. Sejahtera

## **B. PENDIDIKAN FORMAL**

2003 – 2009 : SDN 107398 Percut Sei Tuan  
2009 – 2012 : SMPN 1 Batang Kuis  
2012 – 2015 : SMK N1 Percut Sei Tuan  
2016 – 2022 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

## **C. PENGALAMAN BEKERJA**

2016 – 2018 : Bengkel bubut Gunung Mas Jln. Riau Medan  
2018 – 2020 : Bengkel bubut Hasbi Jln. M. Yakub Lubis B. Khalifah  
2020 – 2021 : Bengkel bubut Beny Jln. Siliwangi Desa Cinta Rakyat  
2021 – Sekarang : Bengkel bubut Rio bubutan



UMSU

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website: <http://teknik.umsu.ac.id> E-mail: [teknik@umsu.ac.id](mailto:teknik@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor :1645/II/AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 10 November 2020 ini Menetapkan :

Nama : RIO LISSWARA  
Npm : 1607230160  
Program Study : TEKNIK Mesin  
Semester : IX ( Sembilan )  
Judul tugas akhir : PEMBUATAN BAD TENIS MEJA BAHAN HYBIRD  
KOMPOSIT ALAM.

Pembimbing 1 : M. YANI ST. MT

Dengan Demikian diizinkan untuk Menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Penulisan Tugas Akhir Dinyatakan batal setelah 1 ( satu ) tahun tanggal ditetapkan

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan 24 Rabiul Awal 1442 H  
10 November 2020 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202

Cc. File

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Pembuatan Bet Tenis Meja Bahan *Hybrid* Komposit Alami

Nama : Rio Lisswara

NPM : 1607230160

Dosen Pembimbing : M. Yani, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	20-10-2021	- Pembentukan spesifikasi hasil tugas akhir	myjw
	25-10-2021	- Perbaikan Bab I, latar belakang, rumusan & tujuan penelitian	myjw
	28-10-2021	- Perbaikan Bab II, tambahkan persamaan/ rumus untuk analisa	myjw
	02-11-2021	- Perbaikan Bab III; tabel, flow chart	myjw
	15-01-2022	- Aee seminar hasil	myjw
	01-02-2022	- Perbaikan Bab IV, perbaikan analisa & pembahasan	myjw
	08-02-2022	- Perbaikan Bab V, perbaikan kesimpulan & saran	myjw
	05-03-2022	- melengkapi daftar pustaka sesuai dengan sitasi	myjw
	15-04-2022	- Aee, seminar hasil	myjw

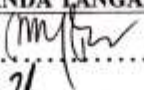


**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar






Nama : Rio Lisswara

NPM : 1607230160

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Bet Tenis Meja Bahan Hybrid Komposit Alami

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I : M. Yani, ST, MT		..... 
Pemanding – I : Riadini Wanty Lubis, ST, MT		..... 
Pemanding – II : H. Muharnif, ST, M.Sc		..... 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230254	TIKHA PRABA WARANDA	
2	1507230061	FAISAL ARDIANSYAH	
3	1707230089	Muhammad Faza	
4	1507230240	SUWANDA	
5	1607230039	DANI SUBMANSYAH	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 07 Ramadhan 1443 H  
09 April 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Rio Liswara  
NPM : 1607230160  
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Bet Tennis Meja Bahan Hybrid Komposit Alami

Dosen Pembanding – I : Riadini Wanty Lubis, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, ST, M.Sc  
Dosen Pembimbing – I : M. Yani, ST, MT

**KEPUTUSAN**

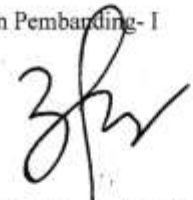
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
lanjut ACC sidang, dengan revisi bagian 2. yg sdh di koreksi 2x
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan, 07 Ramadhan 1443 H  
09 April 2022 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

  
Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I

  
Riadini Wanty Lubis, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Rio Liswara  
NPM : 1607230160  
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Bet Tenis Meja Bahan Hybrid Komposit Alami

Dosen Pembanding – I : Riadini Wanty Lubis, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, ST, M.Sc  
Dosen Pembimbing – I : M. Yani, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
lihat buku skripsi.  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....

Medan 07 Ramadhan 1443 H  
09 April 2022 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



H. Muharnif, ST, M.Sc