

**PENGARUH VARIASI PEREKAT UREA FORMALDEHIDA  
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PAPAN  
PARTIKEL BERBASIS LIMBAH SERUTAN ROTAN  
DAN SERABUT BUAH KELAPA SAWIT**

**SKRIPSI**

**TUNJIAH  
0705163061**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

**PENGARUH VARIASI PEREKAT UREA FORMALDEHIDA  
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PAPAN  
PARTIKEL BERBASIS LIMBAH SERUTAN ROTAN  
DAN SERABUT BUAH KELAPA SAWIT**

**SKRIPSI**

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains (S.Si.)*

**TUNJIAH  
0705163061**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama : Tunjiah  
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163061  
Program Studi : Fisika  
Judul : Pengaruh Variasi Perekat Urea Formaldehida  
Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan  
Partikel Berbasis Limbah Serutan Rotan dan  
Serabut Buah Kelapa Sawit

dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Medan, 13 April 2021 M  
01 Ramadhan 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing I,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.  
NIP. 198111062005011003

Pembimbing II,



Ratni Sirait, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 1100000071

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tunjiah  
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163061  
Program Studi : Fisika  
Judul : Pengaruh Variasi Perekat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Berbasis Limbah Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabilah di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 13 April 2021



Tunjiah  
NIM. 0705163061



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235  
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683  
Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: [saintek@uinsu.ac.id](mailto:saintek@uinsu.ac.id)

**PENGESAHAN SKRIPSI**

Nomor: B.159/ST/ST.V.2/PP.01.1/09/2021

Judul : Pengaruh Variasi Perekat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Berbasis Limbah Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit  
Nama : Tunjiah  
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163061  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.  
Pada hari/tanggal : Selasa, 27 Juli 2021  
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,  
Ketua,

Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 197503242007101001

Dewan Penguji,

Penguji I,

Nazaruddin Nasution, M.Pd  
NIB. 1100000070

Penguji II,

Masthura, M.Si.  
NIB. 1100000069

Penguji III,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.  
NIP. 198111062005011003

Penguji IV,

Ratni Sirait, S.Pd., M.Pd.  
NIB. 1100000071

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan



Dr. Ahmad Wahnan, M.A.  
NIP. 196609051991031002

**PENGARUH VARIASI PEREKAT UREA FORMALDEHIDA  
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PAPAN  
PARTIKEL BERBASIS LIMBAH SERUTAN ROTAN  
DAN SERABUT BUAH KELAPA SAWIT**

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan (1) untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi perekat urea formaldehida terhadap sifat fisis dan mekanik papan partikel berbasis limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit; (2) Untuk mengetahui komposisi pencampuran serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimal. Pembuatan papan partikel menggunakan bahan dasar serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida. Dengan perbandingan perekat 2:1 antara perekat bubuk urea formaldehida dengan air. Dengan variasi komposisi 50%:50%:42,86%, 50%:50%:53,85%, 50%:50%:66,67%, 50%:50%:81,82%, 50%:50%:100%. Proses pembuatan sampel dipress dengan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dengan cetakan berukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm dan 200 mm x 50 mm x 10 mm. Lama pengeringan pada pembuatan papan partikel yaitu selama 7 hari. Papan partikel kemudian dikarakterisasi untuk menentukan sifat fisis dan sifat mekanik. Papan partikel berhasil dibuat dengan memanfaatkan limbah serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida dengan nilai kerapatan 0,53-0,57 g/cm<sup>3</sup>, kadar air 9,88-15,3%, pengembangan tebal 8,33-13,33%, keteguhan lentur 703,90059-1912,87948 kgf/cm<sup>2</sup>, dan keteguhan patah 55,257-70,282 kgf/cm<sup>2</sup>. Seiring dengan bertambahnya komposisi perekat urea formaldehida maka nilai kerapatan, keteguhan lentur, dan keteguhan patah mengalami peningkatan sedangkan untuk nilai kadar air dan pengembangan tebal mengalami penurunan. Komposisi pencampuran serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimal yaitu pada komposisi 50%:50%:100% (sampel E).

**Kata-kata kunci:** Papan partikel, serutan rotan, serabut kelapa sawit, dan urea formaldehida

*EFFECT OF UREA FORMALDEHYDE ADHESIVE VARIATION ON PHYSIC  
AND MECHANICAL PROPERTIES OF BOARDS  
WASTE-BASED PARTICLE OF RATTAN SHAVINGS  
AND PALM FRUIT FIBERS*

*ABSTRACT*

*Research has been conducted aimed at (1) to find out the effect of variations in the adhesive composition of urea formaldehyde on the physical and mechanical properties of particle boards based on rattan shaving waste and palm fruit fibers; (2) To find out the composition of mixing rattan shavings, palm fruit fibers, and formaldehyde urea adhesives to produce particle boards with optimal characteristics. Manufacture of particle boards using the basic materials of rattan shavings, palm fruit fibers, and formaldehyde urea adhesives. With a 2:1 adhesive ratio between formaldehyde urea powder adhesives with water. With composition variations of 50%:50%:42.86%, 50%:50%:53.85%, 50%:50%:66.67%, 50%:50%:81.82%, 50%:50%:100%. The sample manufacturing process is pressed with a UTM (Universal Testing Machine) machine with prints measuring 50 mm x 50 mm x 10 mm and 200 mm x 50 mm x 10 mm. The drying length of the particle board is for 7 days. The particle board is then characterized to determine its physical properties and mechanical properties. Particle boards were successfully made by utilizing rattan shaving waste, palm fruit fibers, and formaldehyde urea adhesive with a density value of 0.53-0.57 g/ cm<sup>3</sup>, water content of 9.88-15.3%, thick development of 8.33-13.33%, bending firmness of 703.90059-1912.87948 kgf/cm<sup>2</sup>, and broken firmness of 55,257-70,282 kgf/cm<sup>2</sup>. Along with the increasing composition of urea formaldehyde adhesive, the value of density, firmness of bending, and firmness of fractures increased while for the value of water content and thick development decreased. The composition of mixing rattan shavings, palm fruit fibers, and formaldehyde urea adhesives to produce particle boards with optimal characteristics is in compost 50%:50%:100% (sample E).*

*Keywords: Particle board, rattan shavings, palm fiber, and urea formaldehyde*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh variasi Perekat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Berbasis Limbah Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit”. Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar S1.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari arahan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara moril maupun material. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd. Syahnan, M.A. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si. selaku Pembimbing I yang telah memberikan arahan dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu memberikan masukan, saran, ide, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Ratni Sirait, S.Pd., M.Pd. selaku pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar serta meluangkan waktu memberikan saran dan motivasi selama penyusunan skripsi.
7. Nazaruddin Nasution, M.Pd. selaku Dosen Penasihat Akademik penulis.
8. Segenap Dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, membimbing, dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

9. Terima kasih sebesar-besarnya terkhusus kepada kedua orang tua saya, yaitu ayahanda tercinta Sawar dan Ibunda tersayang Nuriana atas do'a, kasih sayang, motivasi, dan materi yang tak pernah putus.
10. Yang tersayang kakak adik saya, sepupu, Runi Suwartik, Sayogi, Radit Kurniawan, Siti Hartina, serta semua keluarga yang telah memberikan motivasi, doa, dan kasih sayang selama ini.
11. Yang tersayang penulis ucapkan kepada sahabat yang telah banyak memberikan dukungan dan motivasinya yaitu: Lisa Herdiana Sinurat, Sukma Wati Sitotus, Rika Ramtika, Rahmi Balqis Lubis, Selfina Putri Indriani, Fadlilla Azahra Lubis.

Penulis menyadari masih banyak kelemahan dan kekurangan baik dari segi isi maupun tata bahasa dalam penulisan skripsi ini. Hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Kiranya isi skripsi ini bermanfaat dalam memperkaya khazanah ilmu pengetahuan.

Medan, 13 April 2020

Penulis,



Tunjiah  
NIM. 0705163061

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>PERSETUJUAN SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Penelitian .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Papan Partikel .....	4
2.1.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel ....	5
2.1.2 Macam-Macam Papan Partikel .....	6
2.1.3 Standar Mutu Papan Partikel .....	8
2.2 Serutan Rotan .....	9
2.3 Serabut Buah Kelapa Sawit .....	10
2.4 Perekat Urea Formaldehida .....	12
2.5 Uji Sifat Fisis Papan Partikel .....	13
2.5.1 Kerapatan .....	13
2.5.2 Kadar Air .....	14
2.5.3 Pengembangan Tebal .....	14
2.6 Uji Sifat Mekanik Papan Partikel .....	15

2.6.1 Keteguhan Lentur/ <i>Modulus of Elasticity</i> (MOE)..	15
2.6.2 Keteguhan Patah/ <i>Modulus of Rupture</i> (MOR).....	15
2.7 Penelitian yang Relevan. ....	16
2.8 Hipotesis Penelitian . ....	18

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian. ....	19
3.1.1 Waktu Penelitian. ....	19
3.1.2 Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian . ....	19
3.2.1 Alat Penelitian. ....	19
3.2.2 Bahan Penelitian.....	20
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.3.1 Diagram Alir Persiapan Bahan Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit. ....	21
3.3.2 Diagram Alir Pembuatan Papan Partikel dan Pengujian Papan Partikel.....	22
3.4 Prosedur Penelitian. ....	23
3.4.1 Persiapan Bahan Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit. ....	23
3.4.2 Pembuatan Papan Partikel.....	23
3.5 Tahap Pengujian Papan Partikel. ....	24
3.5.1 Pengujian Sifat Fisis.....	24
3.5.2 Pengujian Sifat Mekanik.....	25

### **BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakterisasi Sifat Fisis . ....	27
4.1.1 Kerapatan.....	27
4.1.2 Kadar Air.....	29
4.1.3 Pengembangan Tebal. ....	30
4.2 Karakterisasi Sifat Mekanik. ....	33
4.2.1 KeteguhanLentur/ <i>Modulus of Elasticity</i> (MOE).....	33
4.2.2 Keteguhan Patah/ <i>Modulus of Rupture</i> (MOR).....	35
4.3 Pembahasan Penelitian . ....	36

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan..... 39

5.2 Saran. .... 39

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 40

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Menurut SNI.....	8
2.2	Komponen Kimi yang Terdapat Pada Rotan .....	10
2.3	Komponen Kimia Serabut Buah Kelapa Sawit.....	11
4.1	Data Hasil Pengukuran Kerapatan Papan Partikel.....	27
4.2	Data Hasil Pengukuran Kadar Air Papan Partikel .....	29
4.3	Data Hasil Pengukuran Pengembangan Tebal Papan Partikel..	31
4.4	Data Hasil Pengujian Keteguhan lentur (MOE) .....	33
4.5	Data Hasil Pengujian Keteguhan Patah (MOR) .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Serutan Rotan .....	10
2.2	Sabut Buah Kelapa Sawit .....	11
3.1	Diagram Alir Tahap Persiapan Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit .....	21
3.2	Diagram Alir Tahap Pembuatan Papan Partikel dan Pengujian Papan Partikel .....	22
3.3	Pola Potong Uji .....	24
4.1	Grafik Pengukuran Kerapatan Papan Partikel .....	28
4.2	Grafik Pengukuran Kadar Air Papan Partikel .....	30
4.3	Grafik Pengukuran Pengembangan Tebal .....	32
4.4	Grafik Pengujian Keteguhan Lentur (MOE) Papan Partikel ....	34
4.5	Grafik Pengujian Keteguhan Patah (MOR) PapanPartikel.....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul lampiran
1	Gambar Alat Penelitian
2	Gambar Bahan Penelitian
3	Gambar Sampel Uji Papan Partikel
4	Data Pengukuran Kerapatan
5	Data Pengukuran Kadar Air
6	Data Pengukuran Pengembangan Tebal
7	Data Pengujian Keteguhan lentur
8	Data Pengujian Keteguhan patah
9	SNI 03-2105-2006 tentang Papan Partikel

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan bahan papan di Indonesia terus mengalami peningkatan hal ini disebabkan karena tingginya kebutuhan kayu yang merupakan bahan baku pembuatan papan tersebut. Di Indonesia kebutuhan kayu untuk industri sebesar 70 juta m<sup>3</sup>/tahun dengan kenaikan rata-rata sebesar 14,2%/tahun sementara produksi kayu bulat sebesar 25 juta m<sup>3</sup>/tahun, dengan demikian terjadi defisit sebesar 45 juta/m<sup>3</sup> (Jaya dkk., 2018).

Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan berbagai usaha seperti mencari alternatif pengganti kayu melalui perkembangan teknologi pengelolaan kayu dan bahan berlignoselulosa. Limbah yang berpotensi dapat menggantikan kayu sebagai bahan pembuatan papan diantaranya limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit (fiber). Dengan proses perekatan limbah tersebut semoga dapat dimanfaatkan sebagai produk yang dapat bernilai tinggi baik dari sisi ekonomi maupun estetika salah satunya adalah produk papan partikel.

Papan partikel adalah suatu produk komposit yang dibuat dengan merekatkan partikel berupa potongan kayu yang kecil atau material lain yang mengandung *lignoselulosa*. Dengan kata lain bahwa semua bahan berlignoselulosa dapat dipergunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan papan partikel. Pada umumnya, serat alami yang dapat digunakan dalam pembuatan papan partikel di antaranya adalah serbuk gergaji, sekam padi, serutan rotan, serabut kelapa sawit, atau serat lainnya (Jumiati dkk., 2020).

Rotan merupakan hasil hutan yang memiliki nilai ekonomis kedua setelah kayu. Limbah serutan rotan belum dimanfaatkan secara maksimal dan biasanya hanya dibakar begitu saja sehingga dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Komponen kimia yang terdapat pada rotan yaitu selulosa (39-58%), holoselulosa (71-76%), lignin (18-27%), dan silika (0,54-8%). Komponen ini yang bisa mengakibatkan rotan memiliki kekuatan seperti selulosa berfungsi memberikan kekuatan lentur dan tarik pada batang, dan lignin merupakan polimer

yang kompleks berfungsi untuk memberikan kekuatan-kekuatan pada batang rotan, dan serat kulit rotan sebagai penguat pada komposit polimer (Purwanto, 2016).

Serabut buah kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit. Limbah serabut buah kelapa sawit biasanya hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan dibuang sebagai limbah. Namun sekarang limbah serabut buah kelapa sawit bisa dimanfaatkan sebagai bahan pengganti pembuatan papan partikel. Serabut buah kelapa sawit (fiber) merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat dengan komponen selulosa 59,6%, *lignin* 28,5%, protein kasar 3,6%, lemak 1,9%, abu 5,6%, dan *impurities* 8% (Jaya dkk., 2018).

Berdasarkan hal tersebut penulis ingin meliputi tentang pengaruh kadar perekat urea formaldehida terhadap sifat fisis dan mekanik papan partikel berbasis limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit. Adapun karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu: karakterisasi sifat fisis (yang mencakup kerapatan, kadar air, dan pengembangan tebal) dan karakterisasi sifat mekanik (yang mencakup kuat lentur dan kuat patah papan partikel) yang mengacu pada standar SNI 03-2105-2006.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi perekat urea formaldehida terhadap sifat fisis dan mekanik papan partikel berbasis limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit?
2. Bagaimana komposisi pencampuran serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimal?

## **1.3 Batasan Penelitian**

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan papan partikel menggunakan bahan dasar serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida. Dengan perbandingan perekat 2:1 antara perekat bubuk urea formaldehida dengan air.

2. Variasi komposisi pencampuran serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan urea formaldehida adalah sebagai berikut:

Sampel : serutan rotan : serabut buah kelapa sawit : perekat urea formaldehida

A	:	50%	:	50%	:	42,86%
B	:	50%	:	50%	:	53,85%
C	:	50%	:	50%	:	66,67%
D	:	50%	:	50%	:	81,82%
E	:	50%	:	50%	:	100%

3. Proses pembuatan sampel dipress dengan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dengan cetakan berukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm dan 200 mm x 50 mm x 10 mm.
4. Lama pengeringan pada pembuatan papan partikel yaitu selama 7 hari.
5. Karakterisasi yang dilakukan terhadap benda uji yaitu: karakterisasi sifat fisis (kerapatan, kadar air, dan pengembangan tebal) dan karakterisasi sifat mekanik (keteguhan lentur dan keteguhan patah papan partikel).

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi perekat urea formaldehida terhadap sifat fisis dan mekanik papan partikel berbasis limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit.
3. Untuk mengetahui komposisi pencampuran serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimal.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai informasi bahwa serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit bisa digunakan sebagai bahan pembuatan papan partikel.
2. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan nilai ekonomis limbah serutan rotan dan serabut kelapa sawit dapat menjadi alternatif material pengganti kayu untuk industri papan partikel.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Papan Partikel

Papan partikel merupakan papan buatan yang terbuat dari limbah penggergajian kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya yang diikat dengan perekat dengan bahan tambahan lainnya dengan bantuan tekanan dan suhu yang cukup tinggi dalam waktu tertentu (Ayu & Kurniadi, 2018). Menurut standar nasional Indonesia tentang papan partikel (SNI.03-2015-2006), papan partikel adalah produk kayu yang dihasilkan dari hasil pengempaan panas antara campuran partikel kayu atau berlignoselulosa lainnya dengan perekat organik serta bahan pelengkap lainnya yang dibuat dengan cara pengempaan mendatar dengan dua lempeng datar.

Papan partikel adalah papan tiruan yang dapat dibuat dari limbah potongan atau limbah industri kehutanan, perkebunan, dan pertanian yang direkat dengan bahan perekat melalui proses penekanan. Potongan atau partikel limbah yang digunakan bisa didapatkan dari bahan bermutu rendah seperti sisa bubutan, sisa kayu gergajian, potongan serat, dan lainnya yang mengandung lignin dan selulosa (Yetti & Mora, 2019).

Menurut Haygen & Browyer (1996), papan partikel adalah produk panel yang dihasilkan dengan memanfaatkan partikel-partikel kayu lalu mengikatnya dengan suatu perekat. Berdasarkan kerapatannya papan partikel terbagi dalam 3 (tiga) jenis yaitu papan partikel berkerapatan rendah dengan kerapatan 0,24-0,40 g/cm<sup>3</sup>, papan partikel berkerapatan sedang yaitu dengan kerapatan 0,40-0,80 g/cm<sup>3</sup>, dan papan partikel berkerapatan tinggi yaitu dengan kerapatan 0,80-1,20 g/cm<sup>3</sup> (Suroto, 2010).

Menurut Suroto (2010) berdasarkan kerapatannya pada pemanfaatan papan partikel dikelompokkan menjadi tiga golongan yaitu:

1. Papan partikel dengan kerapatan rendah (*low density board*), yaitu dapat digunakan sebagai isolator terhadap panas serta yang dapat digunakan untuk mebel.

2. Papan partikel dengan kerapatan sedang (*medium density board*) yaitu yang dapat digunakan untuk bagian atas lemari, meja, tempat buku, dan lain-lain.
3. Papan partikel dengan kerapatan tinggi (*high density board*) yaitu papan partikel yang dapat digunakan sebagai dinding pemisah, lantai, langit-langit, dan pintu.

### **2.1.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel**

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi mutu papan partikel adalah sebagai berikut (Haloho, 2018):

1. Berat jenis kayu  
Berat jenis kayu yaitu perbandingan antar kerapatan atau berat jenis papan partikel dengan berat jenis kayu harus lebih dari satu, yaitu sekitar 1,3 agar mutu papan partikelnya baik. Pada keadaan tersebut proses pengempaan berjalan optimal sehingga kontak antar partikel baik.
2. Zat ekstraktif kayu  
Yaitu kayu yang berminyak akan menghasilkan papan partikel yang kurang baik dibandingkan dengan papan partikel dari kayu yang tidak berminyak. Zat ekstraktif semacam itu akan mengganggu perekatan.
3. Jenis kayu  
Jenis kayu: jenis kayu dapat mempengaruhi seberapa rendah kerapatan papan yang dapat diperoleh. Pembuatan papan partikel yang mempengaruhi kecocokan untuk pembuatan papan partikel adalah jenisnya. Jenis kayu dengan kerapatan rendah lebih disukai karena semakin rendah kerapatan kayu, semakin tinggi kekuatan papan partikel. Ciri spesies lain yang mempengaruhi produksi papan partikel adalah ekstraktif, pH, dan kapasitas penyangga.
4. Campuran jenis kayu  
Keteguhan lentur papan partikel dari campuran jenis kayu ada di antara keteguhan lentur papan partikel dari jenis tunggalnya, karena itu papan partikel struktural lebih baik dibuat dari satu jenis kayu dari pada dari campuran jenis kayu lainnya.

#### 5. Ukuran partikel

Ukuran yang dibuat dari serpihan-serpihan kayu akan lebih baik dari pada yang dibuat dari serbuk karena ukuran serpihan kayu lebih besar dari pada serbuk. Karena itu papan partikel struktural dibuat dari partikel yang relatif panjang dan relatif lebar.

#### 6. Kulit kayu

Semangkin banyak kulit kayu dalam partikelnya semakin kurang baik karena kulit kayu akan mengganggu proses perekatan antarpartikel. Banyaknya kulit kayu maksimum 10%.

#### 7. Perekat

Jenis perekat yang digunakan mempengaruhi sifat papan partikel. Penggunaan perekat eksterior akan menghasilkan papan partikel eksterior sedangkan pemakaian perekat interior akan menghasilkan papan partikel interior. Walaupun demikian, masih mungkin terjadi penyimpangan, misalnya karena adanya perbedaan komposisi perekat dan terdapat banyak sifat papan partikel.

### **2.1.2 Macam-Macam Papan Partikel**

Menurut Haloho (2018) ada berbagai macam papan partikel berdasarkan:

#### 1. Bentuk

Papan partikel pada umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, relatif lebar, dan relatif tipis sehingga disebut panel. Ada papan partikel yang tidak datar (papan partikel lengkung) dan mempunyai bentuk tertentu tergantung pada acuan cetakan yang dipakai seperti bentuk kotak radio.

#### 2. Pengempaan

Cara pengempaan dapat secara mendatar atau secara ekstrusi. Cara mendatar ada yang kontinyu dan ada yang tidak kontinyu. Cara kontinyu melalui ban baja yang menekan pada saat bergerak memutar. Cara tidak kontinyu pengempaan berlangsung pada lempeng yang bergerak vertikal dan banyaknya celah (rongga antara lempeng) dapat satu atau lebih. Pada cara ekstruksi pengempaan berlangsung kontinyu di antara dua

lempeng yang statis. Penekanan dilakukan oleh semacam piston yang bergerak vertikal atau horizontal.

### 3. Kerapatan

Ada tiga kelompok kerapatan papan partikel, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Terdapat perbedaan batas antara setiap kelompok tersebut, tergantung pada standar yang digunakan.

### 4. Kekuatan (Sifat Mekanis)

Pada prinsipnya sama dengan kerapatan, pembagian berdasarkan kekuatan pun ada yang rendah, sedang, dan tinggi. Terdapat perbedaan batas antar setiap macam (tipe) tersebut, tergantung pada standar yang digunakan. Ada standar yang menambahkan persyaratan beberapa sifat fisis.

### 5. Macam Perekat

Macam perekat yang dipakai mempengaruhi ketahanan papan partikel terhadap pengaruh kelembaban, yang selanjutnya menentukan penggunaannya. Ada standar yang membedakan berdasarkan sifat perekatnya, yaitu interior dan eksterior. Ada standar yang memakai penggolongan berdasarkan macam perekat, yaitu Tipe U (urea formaldehida atau yang setara), Tipe M (melamin formaldehida atau yang setara), dan Tipe P (phenol formaldehida atau yang setara). Untuk yang memakai perekat urea formaldehida ada yang membedakan berdasarkan emisi formaldehida dari papan partikelnya, yaitu yang rendah dan yang tinggi atau yang rendah, sedang, dan tinggi.

### 6. Susunan Partikel

Pada saat membuat partiel dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu halus dan kasar. Pada saat membuat papan partikel kedua macam partikel tersebut dapat disusun tiga macam sehingga menghasilkan papan partikel yang berbeda yaitu papan partikel homogen (berlapis tunggal), papan partikel berlapis tiga, dan papan partikel berlapis tingkat.

#### 7. Arah Partikel

Pada saat pembuatan hamparan penaburan partikel (yang dicampur dengan perekat) dapat dilakukan secara acak (arah serat partikel tidak diatur) atau arah serat diatur, misalnya sejajar atau bersilangan tegak lurus. Untuk yang disebutkan terakhir dipakai partikel yang relatif panjang, biasanya berbentuk untai sehingga disebut papan untai terarah (*oriented strand board* atau OSB)

#### 8. Penggunaan

Berdasarkan penggunaan yang berhubungan dengan beban papan partikel dibedakan menjadi papan partikel penggunaan umum dan papan partikel struktural (memerlukan kekuatan yang lebih tinggi). Untuk membuat mebel, pengikat dinding dipakai papan partikel penggunaan umum. Sedangkan untuk membuat komponen dinding, peti kemas dipakai papan partikel struktural.

#### 9. Pengolahan

Ada dua macam papan partikel berdasarkan tingkatannya, yaitu pengolahan primer dan pengolahan sekunder. Papan partikel pengolahan primer adalah papan partikel yang dibuat melalui proses pembuatan partikel, pembentukan hamparan dan pengempaan yang menghasilkan papan partikel. Sedangkan papan partikel pengolahan sekunder adalah pengolahan lanjutan dari papan partikel pengolahan primer misalnya dilapisi venir indah, dilapisi kertas aneka corak.

### **2.1.3 Standar Mutu Papan Partikel**

Standar acuan yang dipakai dalam pembuatan papan partikel adalah Standar Nasional Indonesia (SNI -03-2105-2006). Adapun standar yang menunjukkan sifat fisis dan mekanik seperti yang terlihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisis dan Mekanik papan partikel menurut SNI

No	Sifat Fisis dan Mekanik	SNI-03-2105-2006
1	Kerapatan	0,40-0,90 g/cm <sup>3</sup>
2	Kadar Air	≤14%
3	Pengembangan Tebal	Maks 12%
4	MOR	≥82 kgf/cm <sup>2</sup>
5	MOE	≥20400 kgf/cm <sup>2</sup>

Sumber Standar Nasional Indonesia 03-2105-2006

## 2.2 Serutan Rotan

Rotan merupakan salah satu tumbuhan hutan yang memiliki nilai komersial cukup tinggi, selain itu sebagai sumber devisa Negara yang pemanfaatannya banyak melibatkan petani. Sifat fisik rotan merupakan sifat khas yang dimiliki oleh suatu jenis rotan secara alamiah. Sebagai bahan alami rotan sudah sejak lama dikenal oleh masyarakat Indonesia dan dapat digunakan dalam berbagai keperluan hidup sehari-hari. Rotan mempunyai beberapa kriteria dari segi pengolahannya dari bahan mentah menjadi bahan yang siap diolah menjadi produk furnitur. Hampir seluruh bagian rotan dapat digunakan baik sebagai konstruksi kursi, meja, pengikat, maupun komponen desainnya (Kunut dkk., 2014).

Rotan pada umumnya digunakan sebagai bahan baku perusahaan furnitur sehingga serbuk rotan didapat dari sisa hasil produksi furnitur rotan yang merupakan material ramah lingkungan. Sisa hasil produksi serbuk rotan yaitu serbuk kasar yang bertekstur dan serbuk halus. Limbah rotan merupakan sebuah alternatif baru dimasa yang akan datang untuk kebutuhan penggunaan baik saat ini atau di masa depan (Darmawan dkk., 2018).

Rotan memiliki keunggulan kekuatan, daya lentur yang tinggi dan mudah dalam proses pengolahan produk sehingga pemanfaatan rotan sangat luas. Industri pengolahan rotan menghasilkan sisa produksi berupa limbah berbentuk potongan-potongan yang tidak terpakai disebut limbah rotan. Limbah rotan berupa serutan rotan diperkirakan kurang lebih 15-20% dari bahan baku atau kurang lebih 347.256 ton/tahun. Limbah serutan rotan ini awalnya hanya dibakar begitu saja dan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Limbah serutan rotan

sekarang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan papan partikel (Suroto, 2010).

Komponen kimia yang terdapat pada rotan umumnya yaitu dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 komponen kimia yang terdapat pada rotan

Senyawa	Persentase (%)
Selulosa	39-58
Holoseulosa	71-76
<i>Lignin</i>	18-27
Silika	0,54-8

Sumber: (Purwanto, 2016)

Komponen yang terdapat di dalam rotan mengakibatkan rotan memiliki kekuatan seperti selulosa berfungsi memberikan kekuatan lentur dan tarik pada batang dan lignin merupakan polimer yang kompleks yang berfungsi untuk memberikan kekuatan dan kekuatan pada batang rotan dan serat kulit rotan dapat sebagai penguat pada komposit polimer (Purwanto, 2016).



Gambar 2.1 Serutan rotan

### 2.3 Serabut Buah Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman budidaya penghasil minyak nabati berupa *Crude Palm Oil* (CPO), sangat banyak ditanam dalam perkebunan di Indonesia terutama di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Selain menghasilkan CPO, dalam proses pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan berbagai jenis limbah, yang salah satunya adalah serat. Serat adalah limbah sisa perasan buah sawit berupa serabut. Bahan ini mengandung protein

kasar 4% dan serat kasar 36% (lignin 26%). Serat atau serabut didapat dari bagian dalam buah sawit yang diproses dalam mesin (alat pengempa). Pengempaan (proses pemerasan) merupakan salah satu proses pengolahan kelapa sawit di PKS. Serat biasanya berukuran pendek sesuai buah sawit (Kurniawan & Yulianto, 2020).

Jenis limbah kelapa sawit terdiri atas limbah padat dan limbah cair. Limbah padat terdiri atas batang pohon, pelepah, daun, tandan kosong, serat serabut buah, dan cangkang. Sabut kelapa sawit merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit. Beberapa peneliti telah melakukan terobosan untuk pemanfaatan sabut kepala sawit di antaranya yaitu sebagai pembuatan papan partikel dan pembuatan kertas (Wirman dkk., 2016).

Limbah serabut kelapa sawit adalah bahan yang mengandung lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan baku pembuatan papan partikel. Serabut kelapa sawit merupakan limbah padat yang dihasilkan pabrik kelapa sawit yang mencapai 13% dari berat tanda buah segar (TBS) yang diolah. Serabut buah kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat dengan komponen utama yaitu (Jaya dkk., 2018).

Tabel 2.3 Komponen Kimia Serabut Buah Kelapa Sawit

Senyawa	Persentase (%)
Selulosa	59,6
<i>Lignin</i>	28,5
Protein kasar	3,6
Lemak	1,9
Abu	5,6
<i>Impurities</i>	8

Sumber: (Jaya dkk., 2018)



Gambar 2.2 Serabut buah kelapa sawit

Dengan banyaknya limbah yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit apabila tidak dimanfaatkan dengan baik dan langsung dibuang maka dapat

merusak dan mencemari lingkungan. Di dalam al-Qur'an surah Ar-Rum ayat 41 dijelaskan bahwa:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS.Ar-Rum : 41)

Al-Qur'an surah Ar. Rum ayat 41 menjelaskan tentang “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia” dan dijelaskan di dalam tafsir Al-Mishbah tentang kata zhahara yaitu telah terjadi kerusakan di muka bumi dan kata Al-Fasad yaitu arena kerusakan yang terdapat pada daratan dan lautan. Dalam kaitannya inilah penelitian pembuatan papan partikel dari limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit dilakukan sebagai upaya untuk memelihara atau mengurangi limbah yang dapat mencemari lingkungan.

#### **2.4 Perakat Urea Formaldehida (UF)**

Perekat urea formaldehida merupakan material universal yang banyak digunakan pada bidang teknik seperti industri pelapisan dan untuk memperbaiki sifat kerapuhan dan ketahanan air (Winarni dkk., 2016). Urea formaldehida (UF) termasuk salah satu perekat *termosetting* hasil reaksi kondensasi dan polimerisasi antara urea dan formaldehida. Rendahnya harga perekat, cepatnya pengemasan dibandingkan PF pada suhu yang sama, dan pembentukan garis retak (*glue line*) yang tak berwarna menyebabkan perekat ini menguntungkan dalam industri kayu lapis dan papan partikel (achmadi, 1990).

Perekat formaldehida termasuk resin yang memiliki kandungan amino tertinggi dan umumnya digunakan untuk kayu lapis dan papan partikel (interior). Perekat urea formaldehida memiliki kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihanannya yaitu harga murah, tidak mudah terbakar, tingkat kematangannya cepat, dan berwarna terang. Sedangkan kekurangannya yaitu ikatannya tidak tahan

terhadap air, tidak tahan terhadap cuaca, dan menimbulkan emisi formaldehida (Nababan, 2017).

Peningkatan kadar perekat sangat berpengaruh terhadap pengembangan tebal, penyerapan air, meningkatkan modulus patah, modulus elastisitas, dan kuat cabut sekrup, tetapi tidak mengakibatkan perubahan terhadap kerapatan, kadar air, dan keteguhan patah. Sifat fisis dan mekanik papan partikel sangat dipengaruhi oleh kadar perekat yang digunakan. Semakin tinggi kadar perekat yang digunakan semakin baik sifat papan partikel yang dihasilkan (Anjarani, 2018).

Secara normal kandungan resin perekat urea pada papan bervariasi dari 6 sampai 10% atas dasar berat resin padat. Kebutuhan perekat UF untuk pembuatan papan partikel berkisar 6-12%. Dengan perekat urea formaldehida, suhu inti pada papan partikel sekitar 100 °C diperlukan untuk pematangan akhir (Jumiati dkk., 2016).

## **2.5 Uji Sifat Fisis Papan Partikel**

### **2.5.1 Kerapatan**

Kerapatan papan partikel dipengaruhi oleh struktur bentuk fisik bahan baku partikel yang digunakan (Purwanto, 2016). Semakin tinggi densitas atau kerapatan yang dimiliki papan maka ikatan antar partikel semakin kompak sehingga rongga-rongga udara dalam lembaran papan mengecil. Adapun faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai suatu kerapatan adalah jenis perekat yang digunakan dan banyaknya jumlah perekat yang ditambahkan pada saat pembuatan papan partikel (Jaya dkk; 2018).

Adapun rumus untuk menghitung nilai kerapatan yaitu sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\rho$  = Kerapatan (g/cm<sup>3</sup>)

$m$  = Massa contoh uji (g)

$V$  = Volume contoh uji (cm<sup>3</sup>)

### 2.5.2 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu sifat fisis papan partikel yang menunjukkan selisih dari berat papan partikel sebelum dan sesudah pengovenan yang dinyatakan dengan % (Yetti & Mora, 2019). Berdasarkan nilai standar SNI 03-2105-2006 nilai kadar air papan partikel yang ditetapkan tidak lebih dari 14%. Kadar air adalah banyaknya air dalam kayu, dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanur. Kadar air yang tinggi akan menghambat proses perekatan antara partikel dengan perekat. Penyebab terhambatnya proses perekatan antara partikel karena pori-pori partikel masih banyak terisi oleh air sehingga perekat akan mengalami kesulitan untuk masuk ke dalam pori-pori (Haloho, 2018).

Adapun faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kadar air yaitu jenis perekat yang digunakan dan banyaknya jumlah perekat yang ditambahkan pada saat pembuatan papan partikel. Kadar air pada papan partikel dipengaruhi oleh kadar air bahan baku pembentuknya. Semakin tinggi kadar air bahan baku maka semakin tinggi kadar air papan partikel yang dihasilkan, karena pada saat pengempaan tidak semua uap air dikeluarkan dari dalam papan (Jaya dkk., 2018). Adapun rumus untuk menghitung nilai kadar air yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{MA - MK}{MK} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

KA = Kadar air (%)

MA = Massa awal (g)

MK = Massa kering setelah pengovenan (g)

### 2.5.3 Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal pada papan partikel diduga ada hubungannya dengan absorpsi air, karena semakin banyak air yang diabsorpsi dan memasuki struktur partikel maka semakin banyak pula perubahan dimensi yang dihasilkan, hal tersebut dibuktikan dengan besarnya nilai daya serap air yang tinggi (Setiawan, 2008). Tingginya nilai pengembangan tebal pada papan partikel dapat disebabkan oleh sifat fisis bahan baku dan sifat perekat yang digunakan. Pengembangan tebal adalah sifat fisik terkait dengan stabilitas dimensi papan (Purwanto, 2016).

Adapun rumus untuk menghitung nilai pengembangan tebal yaitu sebagai berikut:

$$\text{Pengembangan tebal} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

$T_1$  = Dimensi awal (cm)

$T_2$  = Dimensi setelah pengembangan (cm)

## 2.6 Uji Sifat Mekanik Papan Partikel

### 2.6.1 Keteguhan Lentur/*Modulus of Elasticity* (MOE)

Keteguhan lentur merupakan ukuran ketahanan papan partikel menahan beban sebelum patah (sampai batas posisi) (Nasution & Mora, 2018). Keteguhan lentur papan partikel yang dihasilkan erat kaitannya dengan jenis kayu dan ukuran partikel yang digunakan. Seperti halnya pada kerapatan, ukuran partikel yang lebih besar akan mengakibatkan adanya rongga-rongga atau ruang kosong pada papan partikel sehingga ikatan yang terjadi antara partikel kurang sempurna dan mempengaruhi keteguhan lentur papan partikel (Situmorang, 2018). Penggunaan partikel berupa serutan yang kasar menghasilkan keteguhan lentur yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan yang halus (Purwanto, 2016). Adapun rumus untuk menghitung nilai kuat lentur yaitu sebagai berikut:

$$\text{Keteguhan Lentur} = \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Keteguhan Lentur = Modulus Lentur (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\Delta B$  = Beban sebelum batas proporsi (kgf)

$S$  = Jarak sangga (cm)

$\Delta D$  = Lenturan pada beban (cm)

$L$  = Lebar contoh uji (cm)

$T$  = Tebal contoh uji (cm)

### 2.6.2 Keteguhan Patah/*Modulus of Rupture MOR*)

Nilai modulus patah dipengaruhi oleh suhu kempa, tekanan kempa dan kombinasi keduanya. Semakin tinggi kerapatan papan partikel dari suatu bahan baku tertentu maka semakin tinggi sifat keteguhan dari papan yang dihasilkan. Modulus patah (MOR) dapat diduga dari nisbah pematatannya. Semakin banyak perekat yang digunakan maka semakin tinggi sifat mekanis dan stabilitas papan partikel (Haygreen & Bowyer, 1989). Adapun rumus untuk menghitung nilai keteguhan patah yaitu sebagai berikut:

$$\text{MOR} = \frac{3BS}{2LT^2} \quad (2.5)$$

Keterangan:

MOR = *Modulus of Rupture*(kgf/cm<sup>2</sup>)

B = Beban maksimum (kgf)

S = Jarak sangga contoh uji (cm)

L = Lebar contoh uji (cm)

T = Tebal contoh uji (cm)

### 2.7 Penelitian yang Relevan

Haloho (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh kadar perekat urea formaldehida terhadap sifat fisis dan mekanik papan partikel limbah gergaji kayu alau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan kadar perekat urea formaldehida terbaik untuk papan partikel dari limbah kayu alau dengan mengacu pada standar JIS A 5908 : 2003. Adapun perlakuan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pemberian perekat urea formaldehida dengan kadar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kadar perekat urea formaldehida berpengaruh sangat signifikan terhadap sifat fisika yaitu kerapatan, daya serap air, kadar air, dan pengembangan tebal, serta terhadap sifat mekanik yaitu keteguhan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR) dan kuat pegang skrup. Namun pada sifat kadar air, perbedaan perekat tidak menunjukkan pengaruh. Berdasarkan standar JIS A 5908 : 2003, kadar perekat terbaik pada sifat fisika papan partikel limbah gergaji kayu alau

yaitu perekat dengan kadar 25%. Sedangkan pada sifat mekanik yang masuk dalam standar hanya kuat pegang skrup dan kadar terbaik yaitu pada kadar 25%, karena sifat keteguhan lentur(MOE) dan keteguhan patah (MOR) tidak masuk standar.

Purwanto (2016) melakukan penelitian tentang sifat fisis dan mekanis papan partikel dari limbah campuran serutan rotan dan serbuk kayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan partikel yang dibuat memiliki nilai rata-rata kadar air antara 8,47 sampai 11,67%. Pengembangan tebal antara 17,78 sampai 19,95%. Kerapatan diantara 0,571 sampai 0,602 g/cm<sup>3</sup>. Keteguhan lentur berada di antara 8443,36 sampai 21364,73 kg/cm<sup>2</sup>. Keteguhan patah berada di antara 42,10 sampai 90,70 kg/cm<sup>2</sup>. Keteguhan cabut skrup berada di antara 36 sampai 65,67 kg. Sedangkan keteguhan tarik berada di antara 2,95 sampai 4,14 kg/cm<sup>2</sup>. Papan partikel yang dibuat dari satu jenis bahan baku limbah serutan rotan (100%) atau serbuk kayu (100%) menghasilkan sifat fisis dan mekanis memenuhi syarat SNI 03-2105-2006, kecuali nilai keteguhan lentur papan partikel yang dibuat dari limbah serutan rotan 100% belum memenuhi syarat. Sifat fisis dan mekanis papan partikel yang dibuat dari satu jenis bahan baku lebih baik dibandingkan dengan papan partikel yang dibuat menggunakan dua campuran limbah serutan rotan dan serbuk kayu. Perlakuan campuran bahan baku serutan rotan dan serbuk kayu menunjukkan berpengaruh nyata terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel kecuali nilai kerapatan.

Jaya dkk., (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh jenis dan komposisi perekat pada pembuatan papan partikel berbahan baku limbah serabut kelapa sawit (*fiber*). Berdasarkan hasil penelitian memberikan kesimpulan bahwa proses pembuatan papan partikel serabut kelapa sawit (*fiber*) meliputi pengeringan, pemotongan, penambahan campuran perekat tapioka dan lem kayu, pengadukan, dan pengepressan. Sifat fisis kerapatan dan kadar air papan partikel sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Nilai kerapatan papan partikel antara 0,15-0,68 g/cm<sup>3</sup>, kadar air 9,69-10,77%, dan daya serap air 66,70-95,39%. Berdasarkan data tersebut kelapa sawit (*fiber*) sangat potensial digunakan sebagai bahan pengganti kayu.

Kurniawan & Yulianto (2020) melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah serat buah kelapa sawit dan plastik daur ulang (*polypropylene*) sebagai material komposit papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari papan komposit dalam hal ini sifat fisis dan mekanik yaitu meliputi (kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, modulus elastisitas (MOE) dan modulus patah (MOR) ). Dari hasil penelitian serat buah kelapa sawit dengan plastik daur ulang *polypropylene*. Dengan perbedaan komposisi: 80% serat (filler) + 20% plastik (matriks), 75% serat (filler) + 25% plastik (matriks), 70% serat (filler) + 30% plastik (matriks). Dari hasil perhitungan diperoleh nilai uji kerapatan sebesar 0,71 gr/cm<sup>3</sup>, 0,73 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,82 gr/cm<sup>3</sup>, kadar air sebesar 3,33%, 2,25% dan 3,77%, pengembangan tebal sebesar 9%, 13% dan 14%, modulus elastisitas 0,0455 (10<sup>4</sup>kgf/cm<sup>3</sup>), 0,1519 (10<sup>4</sup>kgf/cm<sup>3</sup>) dan 0,1053 (10<sup>4</sup>kgf/cm<sup>3</sup>), modulus patah sebesar 67,2483 kgf/cm<sup>3</sup>, 102,918 kgf/cm<sup>3</sup> dan 32,8493 kgf/cm<sup>3</sup>. Dari semua hasil pengujian hanya modulus elastisitas yang tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006.

## **2.8 Hipotesis Penelitian**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah terdapat Pengaruh variasi Perekat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Berbasis Limbah Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan urea formaldehida.

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **3.1.1 Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2021- Februari 2021.

##### **3.1.2 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat sebagai berikut:

1. Laboratorium PTKI (Politeknik Teknologi Kimia Industri) Jl. Medan Tenggara No. VII, Kecamatan Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara
2. Laboratorium Fisika Dasar Fakultas Sains dan Teknologi UIN SU Medan Jl. IAIN No. 1, Gaharu, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan pada pembuatan papan partikel serutan rotan dan serabut kelapa sawit adalah:

1. Mesin UTM (*Universal Testing Machine*)  
Alat ini berfungsi untuk memberi tekanan pada papan partikel agar sesuai dengan pengatur ketebalan yang digunakan sehingga menghasilkan papan partikel yang padat.
2. Cetakan sampel  
Dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm dan 200 mm x 50 mm x 10 mm.  
Digunakan untuk cetakan sampel pengujian papan partikel.
3. Neraca Analitik Digital  
Fungsinya untuk mengukur massa perekat.

4. Wadah  
Digunakan sebagai tempat untuk pencampuran bahan.
5. Oven  
Oven berfungsi untuk menurunkan nilai kadar air sampel uji.
6. Mistar  
Digunakan untuk mengukur panjang dan lebar pada sampel uji.
7. Tensilon  
Digunakan sebagai alat untuk menguji kuat lentur dan kuat patah pada sampel uji.
8. Spatula  
Digunakan untuk mengaduk perekat urea formaldehida.
9. Gelas ukur 100 ml  
Digunakan untuk perbandingan takaran perekat urea formaldehida dengan air.
10. Gunting  
Digunakan untuk memotong serutan rotan dan sabut kelapa sawit.
11. Gerinda  
Digunakan untuk memotong sampel uji.
12. Jangka sorong  
Digunakan untuk mengukur ketebalan sampel uji.

### **3.2.2 Bahan Penelitian**

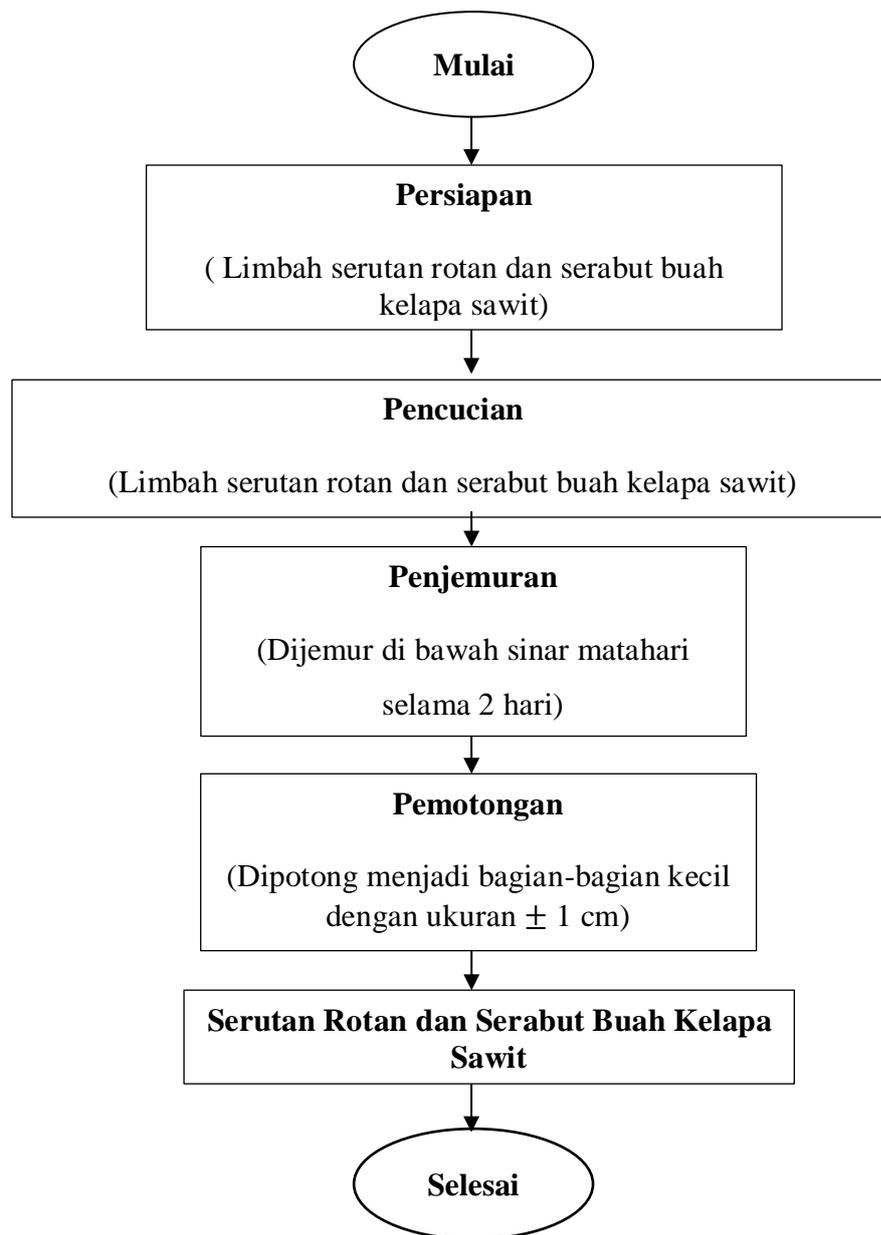
Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Serutan rotan.
2. Serabut buah kelapa sawit.
3. Perekat urea formaldehida

### 3.3 Diagram Alir

#### 3.3.1 Diagram alir Persiapan Bahan Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit

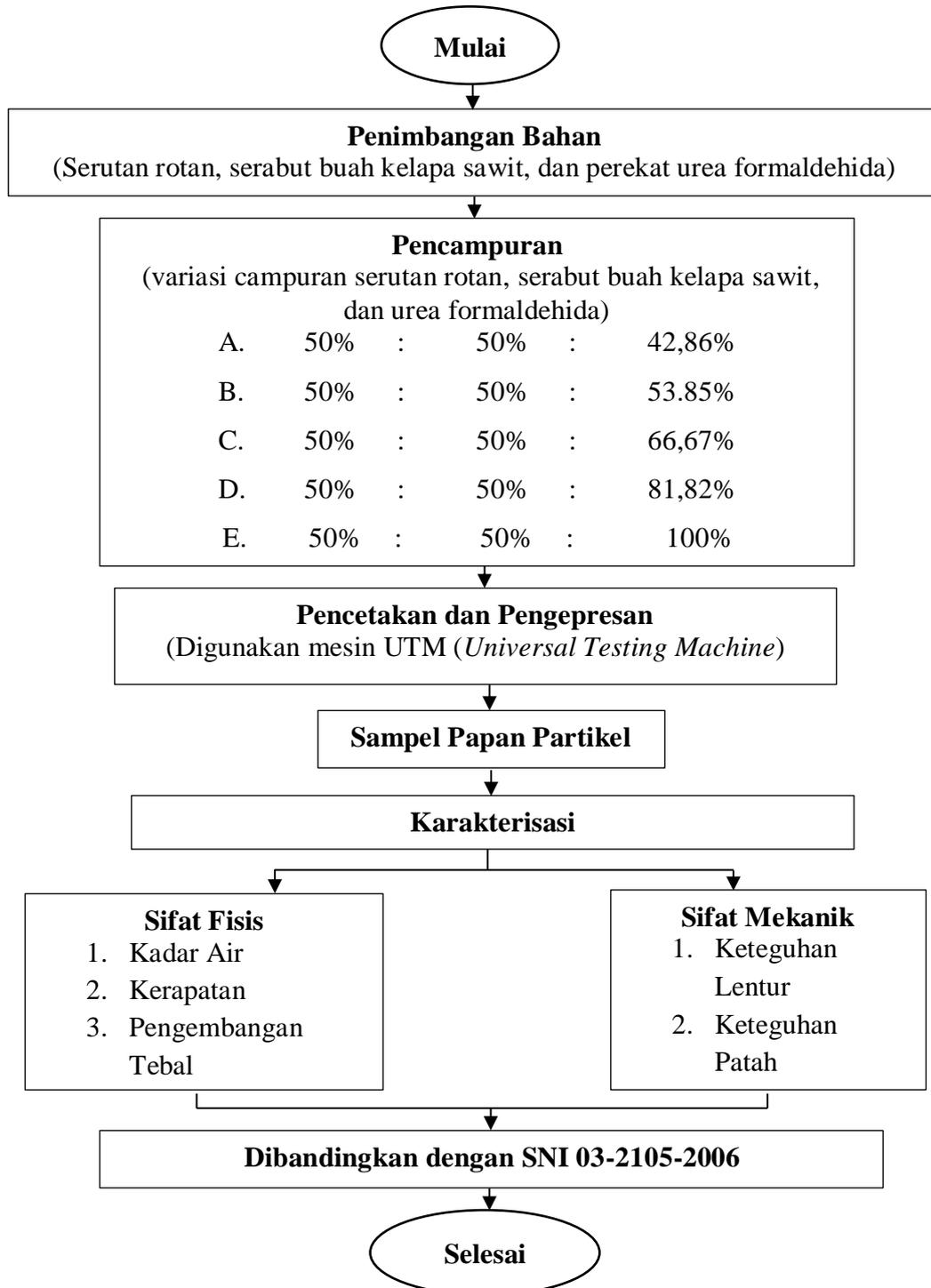
Adapun tahap persiapan bahan serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit dapat dilihat pada diagram alir yaitu:



Gambar 3.1 Tahap persiapan bahan serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit

### 3.3.2 Diagram alir Pembuatan dan Pengujian Papan Partikel

Tahap pembuatan dan pengujian sampel penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 3.2 Tahapan pembuatan papan dan pengujian papan partikel

### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Persiapan Bahan Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit**

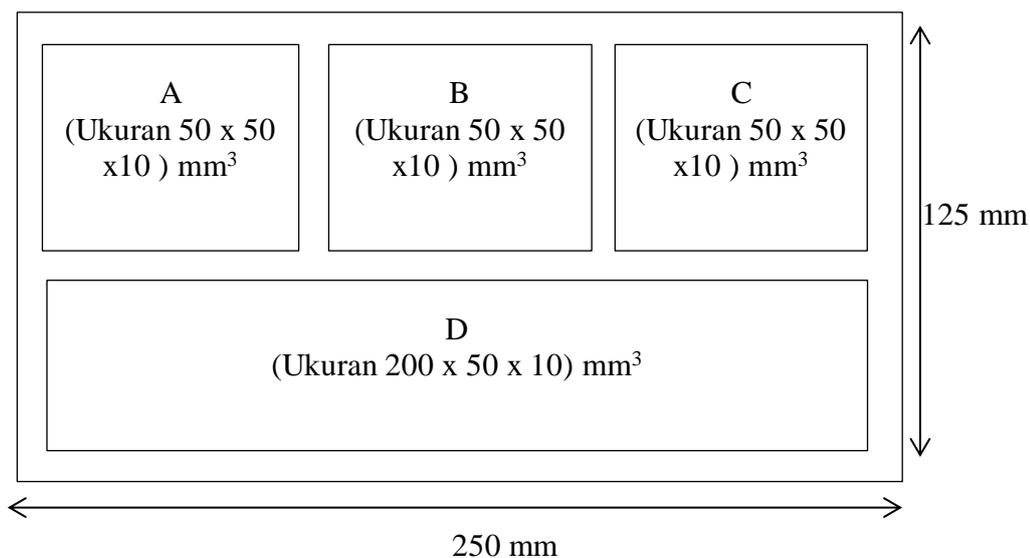
Prosedur persiapan bahan serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit yaitu:

1. Disiapkan limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit.
2. Dilakukan proses pencucian serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit dengan air.
3. Dilakukan proses penjemuran serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit di bawah sinar matahari selama 2 hari.
4. Dilakukan proses pemotongan limbah serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit menjadi bagian-bagian kecil dengan ukuran  $\pm 1$  cm.
5. Serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit siap untuk digunakan.

#### **3.4.2 Pembuatan Papan Partikel**

Prosedur pembuatan papan partikel yaitu:

1. Disiapkan bahan campuran papan partikel yaitu: serutan rotan, serabut kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida.
2. Dilakukan proses penimbangan bahan dengan menggunakan neraca digital.
3. Dilakukan pencampuran bahan dengan variasi campuran serutan rotan, serabut kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida.
4. Adonan sampel dituangkan ke dalam cetakan yang telah tersedia. Kemudian dipress menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) selama 30 menit hingga padat dan rata permukaannya dengan beban 15 kg.
5. Sampel uji ditempatkan dalam ruangan tertutup kemudian dilepas dan dikeringkan selama 7 hari untuk diuji dan dianalisis.
6. Sampel yang telah dicetak kemudian dilakukan pengujian sifat fisis dan mekaniknya. Berikut ukuran dan bentuk cetakan yang digunakan.



Gambar 3.3 Pola Potongan Contoh Uji

Keterangan:

A : Digunakan untuk pengujian kerapatan

B : Digunakan untuk pengujian kadar air

C : Digunakan untuk pengujian pengembangan tebal

D : Digunakan untuk pengujian MOR dan MOE

### 3.5 Tahapan Pengujian Papan Partikel

Proses pengujian sampel uji papan partikel meliputi pengujian fisis (kerapatan, kadar air, pengembangan tebal) dan pengujian sifat mekanik (keteguhan lentur dan keteguhan patah). Dengan mengacu pada standar SNI 03-2105-2006.

#### 3.5.1 Pengujian Sifat Fisis

Proses pengujian sampel uji papan partikel meliputi pengujian fisis (kerapatan, kadar air, pengembangan tebal) yaitu sebagai berikut:

##### A. Pengujian Kerapatan

Prosedur pengujian kerapatan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Disediakan sampel uji berukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm.
2. Ketebalannya disesuaikan dengan kondisi papan.

3. Ditimbang beratnya dan diukur dimensinya (panjang, lebar, dan tebal)
4. Setelah diketahui nilainya maka pengujian kerapatan dapat dihitung menggunakan rumus kerapatan.

#### B. Pengujian Kadar Air

Prosedur pengujian kadar air yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Disiapkan sampel uji berukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm.
2. Contoh uji ditimbang berat awal sampelnya.
3. Setelah ditimbang dikeringkan dalam oven pada suhu  $\pm 103$  °C sampai mencapai berat konstan.
4. Kemudian ditimbang beratnya dan dicatat nilainya.
5. Setelah diketahui nilainya maka nilai kadar air dapat dihitung menggunakan rumus kadar air.

#### C. Pengujian Pengembangan Tebal

Prosedur pengujian pengembangan tebal yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Disiapkan contoh uji sampel uji berukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm.
2. Diukur tebal papan partikel dalam keadaan kering yang telah dibuat dan melalui proses penyimpanan selama 7 hari yang bertujuan agar papan partikel sudah dalam keadaan stabil.
3. Selanjutnya contoh uji direndam dalam air dingin selama 24 jam.
4. Diukur dimensinya setelah perendaman.
5. Setelah diketahui nilainya maka pengembangan tebal dapat dihitung menggunakan rumus pengembangan tebal.

### 3.5.2 Pengujian Sifat Mekanik

Proses pengujian sifat mekanik meliputi (keteguhan lentur dan keteguhan patah) yaitu sebagai berikut:

#### A. Pengujian Keteguhan Lentur (MOE)

1. Contoh uji pada pengujian kuat papan partikel berukuran 200 mm x 5 mm x 1 mm.

2. Kemudian diukur dimensi lebar dan tebal.
3. Contoh uji dibentangkan pada mesin tensilon.
4. Selanjutnya beban diberikan ditengah-tengah jarak sangga.
5. Pembebanan dilakukan sampai batas titik elastis contoh uji dan diamati kemudian dicatat hasilnya.

**B. Pengujian Keteguhan Patah (MOR)**

1. Contoh uji pada pengujian kuat papan partikel berukuran 200 mm x 5 mm x 1 mm.
2. Kemudian diukur dimensi lebar dan tebal.
3. Contoh uji dibentangkan pada mesin tensilon.
4. Selanjutnya beban diberikan ditengah-tengah jarak sangga.
5. Pembebanan dilakukan sampai batas titik elastis contoh uji dan diamati kemudian dicatat hasilnya.

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Karakterisasi Sifat Fisis**

Hasil pengujian karakterisasi sifat fisis papan partikel yaitu meliputi nilai kerapatan, kadar air, dan pengembangan tebal.

**4.1.1 Kerapatan**

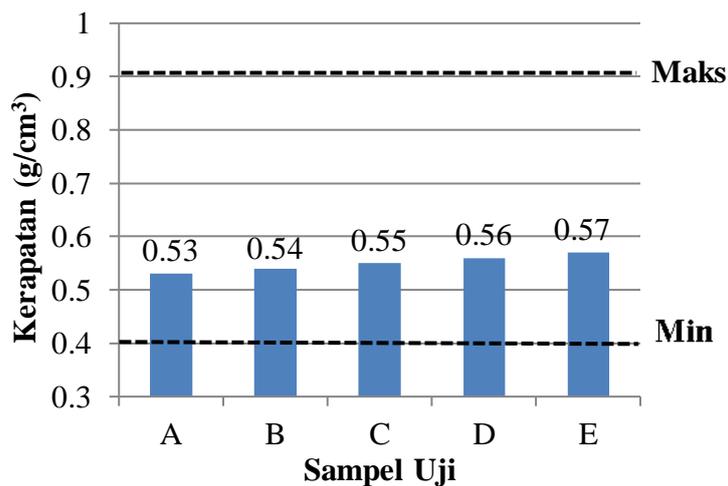
Setelah dilakukan pengukuran kerapatan papan partikel diperoleh data seperti pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Kerapatan Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	SNI 03-2105-2006
A	A <sub>1</sub>	0,54	0,53	0,40-0,90 g/cm <sup>3</sup>
	A <sub>2</sub>	0,51		
	A <sub>3</sub>	0,54		
B	B <sub>1</sub>	0,50	0,54	
	B <sub>2</sub>	0,57		
	B <sub>3</sub>	0,55		
C	C <sub>1</sub>	0,53	0,55	
	C <sub>2</sub>	0,59		
	C <sub>3</sub>	0,54		
D	D <sub>1</sub>	0,55	0,56	
	D <sub>2</sub>	0,58		
	D <sub>3</sub>	0,55		
E	E <sub>1</sub>	0,58	0,57	
	E <sub>2</sub>	0,59		
	E <sub>3</sub>	0,56		

Dari Tabel 4.1 di atas dapat dilihat bahwa nilai kerapatan dari papan partikel yang dihasilkan pada sampel A diperoleh sebesar 0,53 g/cm<sup>3</sup>, sampel B diperoleh sebesar 0,54 g/cm<sup>3</sup>, sampel C diperoleh sebesar 0,55 g/cm<sup>3</sup>, sampel D diperoleh sebesar 0,56 g/cm<sup>3</sup>, dan sampel E diperoleh sebesar 0,57 g/cm<sup>3</sup>. Didalam Standar

SNI 03-2105-2006 nilai kerapatan papan partikel yaitu 0,40-0,90  $\text{g/cm}^3$ . Dengan demikian nilai kerapatan rata-rata pada sampel A, B, C, D, dan E memenuhi Standar SNI 03-2105-2006 dengan nilai kerapatan papan partikel sedang. Berikut adalah grafik pengukuran kerapatan papan partikel dapat dilihat dari Gambar 4.4 di bawah ini:



Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Kerapatan Papan Partikel

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terjadinya kenaikan nilai kerapatan pada setiap penambahan perekat. Nilai kerapatan tertinggi terdapat pada papan partikel dengan komposisi sampel E 50%:50%:100% sebesar 0,57  $\text{g/cm}^3$ . Sedangkan nilai kerapatan terendah terdapat pada papan partikel dengan komposisi sampel A 50%:50%:42,86% sebesar 0,53  $\text{g/cm}^3$ . Nilai rata-rata kerapatan mengalami peningkatan dengan seiring bertambahnya perekat. Hal ini kemungkinan terjadi bahwa perekat mengalami interaksi dengan serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit melalui rongga-rongga yang diisinya. Adapun faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kerapatan yaitu banyaknya jumlah perekat yang digunakan dalam pembuatan papan partikel. Semakin banyak komposisi perekat yang digunakan maka nilai kerapatannya semakin tinggi dan sebaliknya semakin sedikit komposisi perekat yang digunakan maka semakin rendah nilai kerapatannya. Hal ini sesuai juga dengan penelitian Haloho (2018) di mana hasil pengukuran kerapatan rata-rata mengalami kenaikan pada setiap penambahan perekat.

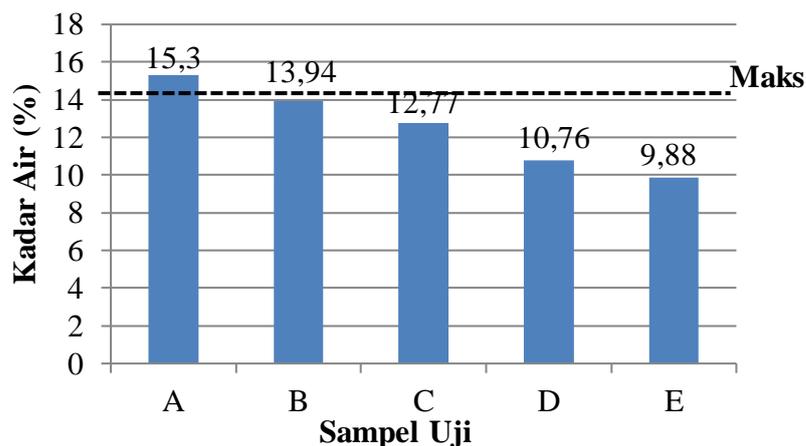
#### 4.1.2 Kadar Air

Setelah dilakukan pengukuran kadar air papan partikel diperoleh data seperti pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Nilai Kadar Air Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel	Kadar Air (%)	Rata-rata Kadar Air (%)	SNI 03-2105-2006
A	A <sub>1</sub>	14,24	15,3	≤14%
	A <sub>2</sub>	17,43		
	A <sub>3</sub>	14,23		
B	B <sub>1</sub>	15,30	13,94	
	B <sub>2</sub>	13,91		
	B <sub>3</sub>	12,62		
C	C <sub>1</sub>	14,9	12,77	
	C <sub>2</sub>	10,90		
	C <sub>3</sub>	12,51		
D	D <sub>1</sub>	10,61	10,76	
	D <sub>2</sub>	11,06		
	D <sub>3</sub>	10,62		
E	E <sub>1</sub>	10,15	9,88	
	E <sub>2</sub>	9,8		
	E <sub>3</sub>	9,7		

Dari Tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa nilai kadar air dari papan partikel yang dihasilkan pada sampel A diperoleh sebesar 15,3%, sampel B diperoleh sebesar 13,94%, sampel C diperoleh sebesar 12,77%, sampel D diperoleh sebesar 10,76%, dan sampel E diperoleh sebesar 9,88%. Di dalam Standar SNI 03-2105-2006 kadar air papan partikel yaitu <14%. Dengan demikian nilai kadar air rata-rata papan partikel sampel B, C, D, dan E memenuhi standar SNI 03-2105-2006 sedangkan pada sampel A tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Berikut adalah grafik pengukuran kadar air papan partikel.



Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Kadar Air Papan Partikel

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terjadinya penurunan nilai kadar air dalam setiap penambahan perekat. Nilai kadar air terendah terdapat pada sampel E dengan variasi E 50%:50%:100% sebesar 9,88% sedangkan nilai kadar air tertinggi pada sampel A dengan variasi 50%:50%:42,86% sebesar 15,3%. Hal ini kemungkinan terjadi bahwa semakin banyak perekat yang digunakan maka semakin rendah nilai kadar air. Secara umum nilai kadar air papan partikel cukup tinggi disebabkan karena sifat papan partikel yang bersifat higroskopis karena mengandung lignin dan selulosa, dimana semua bahan mengandung lignin dan selulosa sangat mudah menyerap maupun melepaskan air, selain bahan baku yang berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kadar air papan, penggunaan perekat yang dicampur dengan air dapat meningkatkan kadar air papan partikel. Adapun faktor lain yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kadar air adalah jenis perekat yang digunakan dan banyaknya jumlah perekat yang digunakan pada saat pembuatan papan partikel. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Haloho (2018) di mana nilai kadar air mengalami penurunan pada saat penambahan perekat.

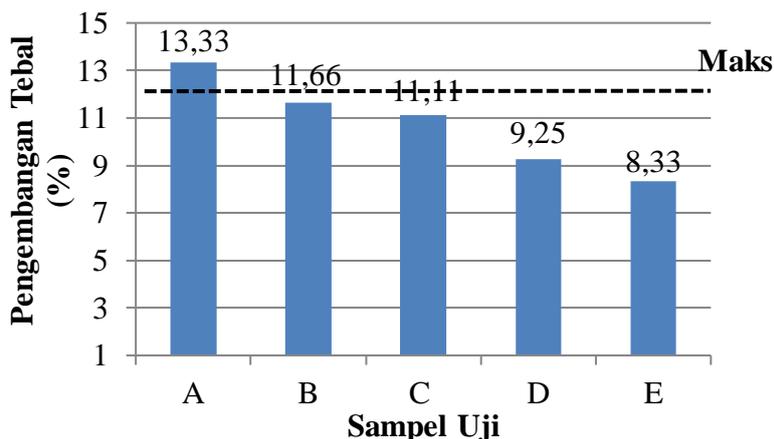
#### 4.1.3 Pengembangan Tebal

Pengukuran pengembangan tebal bertujuan untuk menentukan persentase pengembangan tebal pada papan partikel yang telah direndam selama 24 jam. Dari pengujian pengembangan tebal diperoleh data seperti pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Pengembangan Tebal Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel	Pengembangan Tebal (%)	Rata-rata Pengembangan Tebal (%)	SNI 03-2105-2006
A	A <sub>1</sub>	10	13,33	≤ 12%
	A <sub>2</sub>	10		
	A <sub>3</sub>	20		
B	B <sub>1</sub>	10	11,66	
	B <sub>2</sub>	10		
	B <sub>3</sub>	15		
C	C <sub>1</sub>	11,11	11,11	
	C <sub>2</sub>	11,11		
	C <sub>3</sub>	11,11		
D	D <sub>1</sub>	11,11	9,25	
	D <sub>2</sub>	5,55		
	D <sub>3</sub>	11,11		
E	E <sub>1</sub>	12,5	8,33	
	E <sub>2</sub>	6,25		
	E <sub>3</sub>	6,25		

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai pengembangan tebal dari papan partikel yang dihasilkan pada sampel A diperoleh sebesar 13,33%, sampel B diperoleh sebesar 11,66%, sampel C diperoleh sebesar 11,11%, sampel D diperoleh sebesar 9,25%, dan sampel E diperoleh sebesar 8,33%. Di dalam Standar SNI 03-2105-2006 pengembangan tebal papan partikel yaitu maks 12%. Dengan demikian nilai rata-rata pengembang tebal papan partikel memenuhi Standar SNI 03-2105-2006 papan partikel kecuali sampel A. Berikut adalah Grafik pengukuran pengembangan tebal papan partikel:



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Pengembangan Tebal Papan Partikel

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terjadinya penurunan nilai pengembangan tebal dalam setiap penambahan variasi perekat. Nilai pengembangan tebal terendah pada variasi perekat sampel E 50%:50%:100% yaitu sebesar 8,33%, sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada variasi perekat A 50%:50%:42,86% yaitu sebesar 13,33%. Hal ini menyatakan bahwa semakin kecil hasil pengembangan tebal pada grafik kualitas papan partikel semakin baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi perekat yang digunakan maka nilai pengembangan tebal semakin kecil dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi perekat yang digunakan maka pengembangan tebalnya semakin besar. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan tebal antara lain perbedaan jenis bahan baku, keseragaman dalam pencampuran perekat, dan banyaknya perekat yang digunakan. Hal ini juga sama dengan penelitian Haloho (2018) di mana hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kadar perekat mempengaruhi nilai pengembangan tebal papan partikel.

## 4.2 Karakterisasi Sifat Mekanik

Hasil pengujian karakterisasi sifat mekanik papan partikel yaitu meliputi nilai keteguhan lentur dan keteguhan patah.

### 4.2.1 Keteguhan lentur/*Modulus of Elasticity* (MOE)

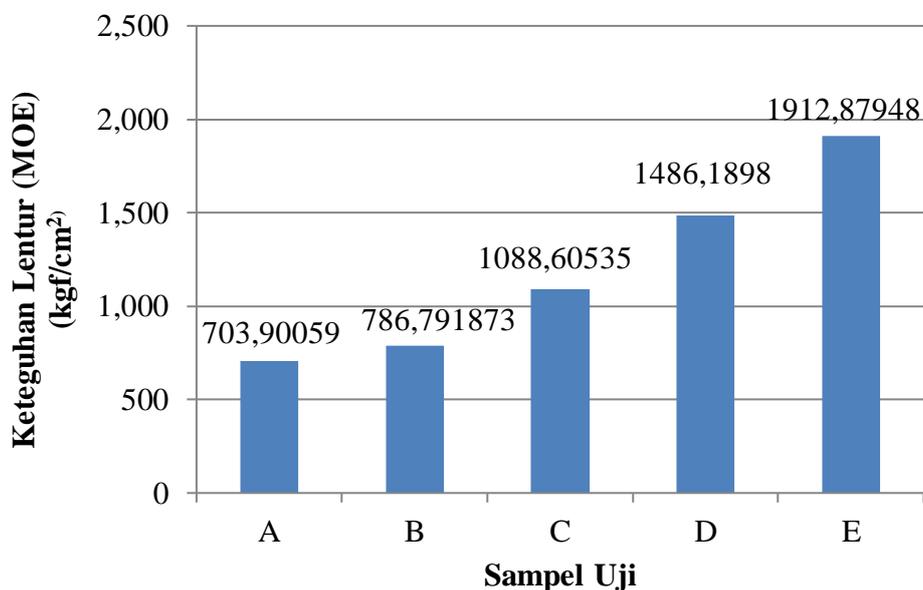
Setelah dilakukan pengujian keteguhan lentur papan partikel diperoleh data seperti pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel	Keteguhan Lentur (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata Keteguhan Lentur (kgf/cm <sup>2</sup> )	SNI 03-2105-2006
A	A <sub>1</sub>	615,596863	703,90059	≥ 20400 kgf/cm <sup>2</sup>
	A <sub>2</sub>	1105,87753		
	A <sub>3</sub>	390,227373		
B	B <sub>1</sub>	633,323245	786,791873	≥ 20400 kgf/cm <sup>2</sup>
	B <sub>2</sub>	634,189525		
	B <sub>3</sub>	1092,86285		
C	C <sub>1</sub>	902,747686	1088,60535	≥ 20400 kgf/cm <sup>2</sup>
	C <sub>2</sub>	1000,98491		
	C <sub>3</sub>	1344,08346		
D	D <sub>1</sub>	1572,44318	1486,1898	≥ 20400 kgf/cm <sup>2</sup>
	D <sub>2</sub>	1532,18609		
	D <sub>3</sub>	13,53,94014		
E	E <sub>1</sub>	1518,45666	1912,87948	≥ 20400 kgf/cm <sup>2</sup>
	E <sub>2</sub>	1175,40781		
	E <sub>3</sub>	3044,77398		

Dari Tabel 4.4 di atas dapat dilihat bahwa nilai keteguhan lentur dari papan partikel yang dihasilkan pada sampel A diperoleh sebesar 703,90059 kgf/cm<sup>2</sup>, sampel B diperoleh sebesar 786,791873 kgf/cm<sup>2</sup>, sampel C diperoleh sebesar 1088,60535 kgf/cm<sup>2</sup>, sampel D diperoleh sebesar 1486,1898 kgf/cm<sup>2</sup>, dan sampel E diperoleh sebesar 1912,87948 kgf/cm<sup>2</sup>. Di dalam standar SNI 03-2105-2006 nilai keteguhan lentur papan partikel yaitu  $\geq 20400$  kgf/cm<sup>2</sup>. Dengan demikian nilai rata-rata keteguhan lentur papan partikel semuanya belum

memenuhi standar SNI 03-2105-2006 papan partikel. Berikut adalah grafik pengujian kuat lentur papan partikel:



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Keteguhan Lentur Papan Partikel

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa terjadinya kenaikan nilai keteguhan lentur dalam setiap penambahan variasi perekat. Nilai keteguhan lentur terendah pada variasi sampel A 50%:50%:42,86% yaitu sebesar 703,90059 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan nilai keteguhan lentur tertinggi terdapat pada variasi sampel E 50%:50%:100% yaitu sebesar 1912,87948 kg/cm<sup>2</sup>. Secara nyata nilai diatas mengalami pengaruh peningkatan keteguhan lentur dengan seiring bertambahnya perekat. Adapun penyebab hasil keteguhan lentur yang masih jauh di bawah standar diakibatkan karena matriks tidak terdistribusi secara merata keseluruhan hal ini disebabkan karena pada saat pencampuran pembuatan papan partikel kurang merata antara serutan, serabut, dan perekat sehingga sampel uji bersifat getas. Faktor lain yang mempengaruhi sifat papan partikel adalah kerapatan, cara pembuatan, dan kualitas pembuatan seperti kerataan pencampuran perekat, keseragaman tebal dan kehomogenan kerapatan papan partikel. Hal ini sama juga dengan penelitian Haloho (2018) di mana pada penelitian ini nilai keteguhan lentur papan partikel mengalami kenaikan pada setiap penambahan perekat

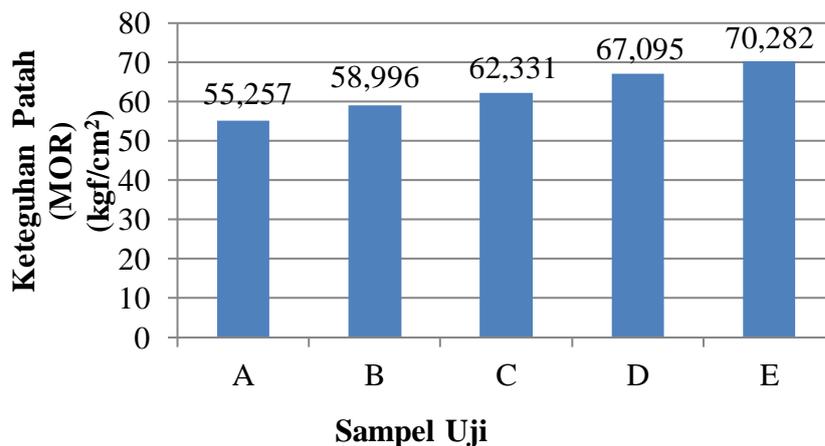
#### 4.2.2 Keteguhan Patah/*Modulus of Rupture* (MOR)

Setelah dilakukan pengujian keteguhan patah papan partikel diperoleh data seperti pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Keteguhan Patah Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel	Keteguhan Patah (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata Keteguhan Patah (kgf/cm <sup>2</sup> )	SNI 03-2105-2006
A	A <sub>1</sub>	51,368	55,257	≥ 82 kgf/cm <sup>2</sup>
	A <sub>2</sub>	56,601		
	A <sub>3</sub>	57,803		
B	B <sub>1</sub>	52,938	58,996	
	B <sub>2</sub>	59,494		
	B <sub>3</sub>	64,557		
C	C <sub>1</sub>	58,203	62,331	
	C <sub>2</sub>	65,619		
	C <sub>3</sub>	63,171		
D	D <sub>1</sub>	59,868	67,095	
	D <sub>2</sub>	66,911		
	D <sub>3</sub>	74,507		
E	E <sub>1</sub>	66,600	70,282	
	E <sub>2</sub>	68,625		
	E <sub>3</sub>	75,623		

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai keteguhan patah dari papan partikel yang dihasilkan pada sampel A diperoleh sebesar 55,257 kgf/cm<sup>2</sup>, sampel B diperoleh sebesar 58,996 kgf/cm<sup>2</sup>, sampel C diperoleh sebesar 62,331 kgf/cm<sup>2</sup>, sampel D diperoleh sebesar 67,095 kgf/cm<sup>2</sup>, dan sampel E diperoleh sebesar 70,282 kgf/cm<sup>2</sup>. Di dalam standar SNI 03-2105-2006 keteguhan patah papan partikel yaitu ≥82 kg/cm<sup>2</sup>. Dengan demikian nilai rata-rata keteguhan patah papan partikel semuanya belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 papan partikel. Berikut adalah Grafik pengujian keteguhan patah papan partikel:



Gambar 4.5 Diagram Pengujian Keteguhan Patah Papan Partikel

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa terjadinya kenaikan nilai keteguhan patah dalam setiap penambahan variasi perekat. Nilai keteguhan patah terendah pada variasi sampel A 50%:50%:42,86% yaitu sebesar 55,257 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan keteguhan patah tertinggi terdapat pada variasi sampel E 50%:50%:100% yaitu sebesar 70,282 kg/cm<sup>2</sup>. Adapun nilai rata-rata keteguhan patah dari seluruh perlakuan dengan perbedaan variasi perekat belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yang mempersyaratkan nilai paling rendah 82 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini sejalan dengan nilai keteguhan lentur yang rendah sehingga mempengaruhi nilai keteguhan patah yang rendah. Namun pada grafik diatas menunjukkan bahwa nilai semakin banyak perekat yang digunakan maka semakin tinggi nilai keteguhan patahnya hal ini diduga akibat pengaruh daya ikat urea formaldehida. Adapun faktor yang mempengaruhi nilai keteguhan patah yaitu banyak sikitnya perekat yang digunakan dan panjang pendeknya bahan yang digunakan. Hal ini juga sama dengan penelitian Haloho (2018) di mana hasil penelitian keteguhan patah mengalami kenaikan pada saat penambahan perekat.

### 4.3 Pembahasan Penelitian

Dari hasil penelitian papan partikel dengan penambahan variasi komposisi perekat menghasilkan:

1. Nilai kerapatan papan partikel adalah sebesar 0,53-0,57 g/cm<sup>3</sup> dan telah memenuhi standar nilai kerapatan papan partikel dengan kerapatan sedang

- yaitu 0,40-0,90 g/cm<sup>3</sup>. Nilai kerapatan papan partikel mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya perekat. Hal ini disebabkan karena perekat mengalami interaksi dengan serutan rotan dan serabut buah kelapa sawit melalui rongga-rongga yang diisinya. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya suatu kerapatan adalah banyaknya jumlah perekat yang digunakan.
2. Nilai kadar air papan partikel sebesar 9,88-15,3%. Nilai kadar air papan partikel mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya perekat dan telah memenuhi standar papan partikel kecuali pada sampel A. Adapun nilai kadar air papan partikel tidak lebih dari 14%. Hal ini disebabkan karena semakin banyak perekat yang digunakan maka nilai kadar airnya juga semakin rendah. Adapun faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kadar air adalah jenis perekat dan bahan baku yang digunakan saat pembuatan papan partikel berlangsung.
  3. Nilai pengembangan tebal papan partikel adalah sebesar 8,33-13,33% dan telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 papan partikel yaitu maks 12% kecuali pada sampel A. Nilai pengembangan tebal papan partikel mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya perekat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi perekat yang digunakan maka semakin kecil nilai pengembangan tebalnya.
  4. Nilai keteguhan lentur papan partikel sebesar 703,90059-1912,87948 kgf/cm<sup>2</sup> dan belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 papan partikel yaitu  $\geq 20400$  kgf/cm<sup>2</sup>. Nilai keteguhan lentur mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya perekat. Hal ini disebabkan karena pada saat pencampuran pembuatan papan partikel kurang merata antara serutan, serabut, dan perekat sehingga sampel uji bersifat getas.
  5. Nilai keteguhan patah papan partikel sebesar 55,257-70,282 kgf/cm<sup>2</sup>. Nilai keteguhan patah mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya perekat. Namun hasil dari rata-rata keteguhan patah belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 papan partikel yaitu  $\geq 82$  kgf/cm<sup>3</sup>. Hal ini sejalan dengan keteguhan lentur yang rendah sehingga mempengaruhi nilai keteguhan patah yang rendah. Faktor yang mempengaruhinya yaitu kandungan dan jenis perekat yang digunakan dan panjang pendeknya bahan yang digunakan.

6. Komposisi pencampuran serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimal yaitu pada komposisi 50%:50%:100% (sampel E).
7. Aplikasi papan partikel yang dihasilkan yaitu untuk bagian atas lemari, meja, rak buku, dan lain-lainnya karena memiliki nilai kerapatan sedang.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Papan partikel berhasil dibuat dengan memanfaatkan limbah serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida dengan nilai kerapatan 0,53-0,57 g/cm<sup>3</sup>, kadar air 9,88-15,3%, pengembangan tebal 8,33-13,33%, keteguhan lentur 703,90059-1912,87948 kgf/cm<sup>2</sup>, dan keteguhan patah 55,257-70,282 kgf/cm<sup>2</sup>. Seiring dengan bertambahnya komposisi perekat urea formaldehida maka nilai kerapatan, keteguhan lentur, dan keteguhan patah mengalami peningkatan sedangkan untuk nilai kadar air dan pengembangan tebal mengalami penurunan.
2. Komposisi pencampuran serutan rotan, serabut buah kelapa sawit, dan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimal yaitu pada komposisi 50%:50%:100% (sampel E).

#### 5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Diharapkan pada saat percetakan papan partikel perlu diperhatikan proses pencampuran bahan agar bahan dapat tercampur merata secara keseluruhan sehingga mendapatkan hasil papan partikel yang lebih maksimal.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar mengubah panjang serutan rotan dan serabut kelapa sawit yang lebih halus agar menghasilkan sifat fisis dan mekanik yang lebih maksimal.
3. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar mengubah variasi perekat sehingga mendapat nilai mekanik yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. (1990). *Kimia Kayu*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat . Bogor: Instiut Pertanian Bogor.
- Aminah, Setyawati, D., & Yani, A. (2018). Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel dari Limbah Kayu Acacia crassicarpa Pada Beberapa Ukuran Partikel dan Konsentrasi Urea Formaldehida. *Jurnal Hutan Lestari*, Vol. 6 No. 3, 557-568.
- Anjarani, D. H. (2018). *Pengaruh Kadar Perekat Isosianat Terhadap Sifat Fisis, Mekanik, dan Keawetan Sandwich Particleboard dari Batang Jagung dan Bambu Belangke*. Skripsi. Departement Teknologi Hasil Hutan. Medan: Uiversitas Sumatera Utara.
- Ayu, D. S., & Kurniadi , E. (2018). Ketahanan Papan Partikel Terhadap Suhu Tinggi, Serapan Air dan Perilaku Patah. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, Vol. 2 No. 2, 230-243.
- Darmawan, M., Santoso, A., & Poillot, J. (2018). Perancangan Aksesoris Interior Menggunakan Bahan Limbah Serbuk Rotan. *Jurnal Intra*, Vol. 6 No. 2, 258-265.
- Haloho, K. S. (2018). *Pengaruh Kadar Perekat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Fisika dan Mekanika Papan Partikel Limbah Gergaji Kayu Alu (Dacrydium spp)*.Skripsi. Fakultas pertanian. Palangka Raya: Universitas Palangka Raya.
- Haygen, D. J., & Browyer, J. M. (1996). *Forest Product and Wood Science An Introduction*. Loa: Loa State University.
- Haygreen, J. G., & Bowyer, J. (1989). *Hasil Hutan dan Ilmu kayu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Prees.
- Jaya, J. D., Darmawan, M. I., & Anisa, N. (2018). Pengaruh Jenis dan Komposisi Perekat Pada Pembuatan Papan Partikel Berbahan Baku Limbah Serabut Kelapa Sawit (Fiber). *Jurnal Budidaya Tanaman Perkebuan Politeknik Hasnur*, vol. 04 no. 2.

- Jumiati, E., Safitri, R., & Daulay, A. H. (2020). Analisis Sifat Mekanik Papan Partilek Berbasis Kulit Durian dan Ampas Tebu Dengan Perekat Urea Formaldehida. *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi, Vol.4 No. 1*.
- Kunut, A. A., Sudhartono, A., & Toknok, B. (2014). Keanekaragaman Jenis Rotan (*Calamus Spp*) Di Kawasan Hutan Lindung Wilayah Kecamatan Dampelas Sojol Kabupaten Donggala. *Jurnal Warta Rimba, Vol.2 No. 2*, 102-108.
- Kurniawan, A. D., & Yulianto, D. (2020). Pemanfaatan Limbah Buah Kelapa Sawit dan Plastik Daur Ulang (Polypropylene) Sebagai Material Komposit Papan Partikel. *journal Of Renewable Energy & Mechanics, Vol. 3 No.2*, 60-70.
- Kurniawan, A., & Yulianto, D. (2020). Pemanfaatan Limbah Serat Buah Kelapa Sawit dan Plastik Daur Ulang (polypropylene) Sebagai Material Komposit Papan Partikel. *Journal Of Renewable Energy & Mechanics (REM), Vol.03 No.02*, 60-70.
- Nababan, M. (2017). *Pengaruh Suhu Kempa Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Dengan Menggunakan Campuran Perekat Urea Formaldehida dan Isosianat. Skripsi*. Departemen Teknologi Hasil Hutan. medan: Universitas Sumatera Utara.
- Nasution, W. M., & Mora. (2018). Analisis Pengaruh Komposisi Papan Partikel Ampas Tebu dan Partikel Tempurung Kelapa terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit Papan Partikel Perekat Resin Epoksi. *Jurnal Fisika Unad, Vol. 77 No. 2*.
- Purwanto, D. (2016). Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel dari Limbah Campuran Serutan Rotan dan Serbuk Kayu. *Jurnal Riset Industri, Vol. 10 No. 3*, 125-133.
- Setiawan. (2008). *Kualitas Papan Partikel Sekam Padi*. Departemen Hasil Hutan . Fakultas Kehutanan . Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Situmorang, D. (2018). *Perbandingan Perekat Likuida dari Batang Sawit, Urea Formaldehida, Isosianat dan Aplikasinya untuk Papan Partikel. Skripsi*. Departement Teknologi Hasil Hutan. medan: Universitas Sumatera Utara.

- Suroto. (2010). Pengaruh Ukuran dan Konsentrasi Perekat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Limbah Rotan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, Vol. 2 No. 2, 18-30.
- Syaichurrozi, I., Winarni, D. T., Napitasari, M., Sandy, Y., Almundzir, Y., & Heriyanto, H. (2016). Pengaruh Rasio Molar Formaldehid/Urea (U/F) Menggunakan Katalis NaOH dan NH<sub>4</sub>OH Terhadap Pembuatan Resin Urea Formaldehid Skala Laboratorium. *Eksergi*, Vol. 13 No.1.
- Standar Nasional Indonesia. (2006). Papan Partikel. Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2105-2006
- Wirman , S. P., Fitri, Y., & Apriza, W. (2016). Karakterisasi Komposit Sabut Kelapa Sawit Dengan Perekat PVAc Sebagai Absorber. *JoP*, 1, 10-15.
- Yetti, F. E., & Mora. (2019). Pengaruh Presentase Massa Partikel Kayu dan Serat Lidah Mertua pada Core Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 8 No. 4.

**LAMPIRAN 1**  
**GAMBAR ALAT-ALAT PENELITIAN**

1. Mesin Press



7. Alat Cetakan Sampel



2. Wadah



8. Oven



3. Mistar



9. Jangka Sorong



4. Pengaduk



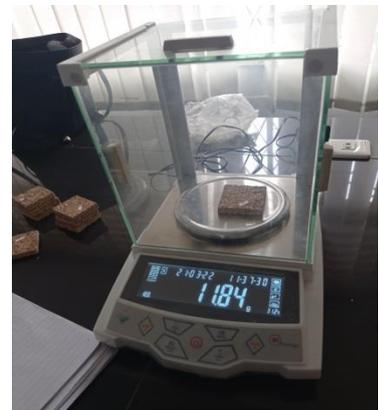
10. Gelas Ukur



5. Gerinda



11. Neraca Analitik Digital



6. Gunting



12. Tensilon



**LAMPIRAN 2**  
**GAMBAR BAHAN PENELITIAN**

1. Serutan Rotan



2. Sabut Buah Kelapa Sawit



3. Perekat Urea Formaldehida



**LAMPIRAN 3**  
**GAMBAR SAMPEL UJI PAPAN PARTIKEL**

1. Sampel Uji Kerapatan, Kadar Air, dan Pengembangan Tebal



2. Sampel Uji Kuat Lentur (MOE) dan Kuat Patah (MOR)



**LAMPIRAN 4**  
**DATA PENGUKURAN KERAPATAN**

Sampel	Kode Sampel	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Rata-rata kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )
A	A <sub>1</sub>	13,55	25	0,53
	A <sub>2</sub>	12,80		
	A <sub>3</sub>	13,64		
B	B <sub>1</sub>	12,66	25	0,54
	B <sub>2</sub>	14,33		
	B <sub>3</sub>	13,92		
C	C <sub>1</sub>	12,03	22,5	0,55
	C <sub>2</sub>	12,31		
	C <sub>3</sub>	13,40		
D	D <sub>1</sub>	12,40	22,5	0,56
	D <sub>2</sub>	13,25		
	D <sub>3</sub>	12,39		
E	E <sub>1</sub>	11,71	20	0,57
	E <sub>2</sub>	11,84		
	E <sub>3</sub>	11,25		

A. Untuk Sampel A dengan Komposisi Bahan dan Perekat 50%:50%:42,86%

1. Massa (m) = 13,55 gram

Volume (V) = 25 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{13,55 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0,54 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 12,80 gram

Volume (V) = 25 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12,80 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0,51 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 13,64 gram

Volume (V) = 25 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{13,64 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0,54 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kerapatan} &= \frac{0,54 \text{ g/cm}^3 + 0,51 \text{ g/cm}^3 + 0,54 \text{ g/cm}^3}{3} \\ &= 0,53 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

B. Untuk Sampel B dengan Komposisi Bahan dan Perekat 50%:50%:53,85%

1. Massa (m) = 12,66 gram

Volume (V) = 25 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12,66 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0,50 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 14,33 gram

Volume (V) = 25 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{14,33 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0,57 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 13,92 gram

Volume (V) = 25 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{13,92 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0,55 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kerapatan} &= \frac{0,50 \text{ g/cm}^3 + 0,57 \text{ g/cm}^3 + 0,55 \text{ g/cm}^3}{3} \\ &= 0,54 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

C. Untuk Sampel C dengan Komposisi Bahan dan Perekat 50%:50%:66,67%

1. Massa (m) = 12,03 gram

Volume (V) = 22,5 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12,03 \text{ gram}}{22,5 \text{ cm}^3} = 0,53 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 13,40 gram

Volume (V) = 22,5 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{13,40 \text{ gram}}{22,5 \text{ cm}^3} = 0,59 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 12,31 gram

Volume (V) = 22,5 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12,31 \text{ gram}}{22,5 \text{ cm}^3} = 0,54 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kerapatan} &= \frac{0,53 \text{ g/cm}^3 + 0,59 \text{ g/cm}^3 + 0,54 \text{ g/cm}^3}{3} \\ &= 0,55 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

D. Untuk Sampel D dengan Komposisi Bahan dan Perekat

50%:50%:81,82%

1. Massa (m) = 12,40 gram

Volume (V) = 22,5 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12,40 \text{ gram}}{22,5 \text{ cm}^3} = 0,55 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 13,25 gram

Volume (V) = 22,5 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{13,25 \text{ gram}}{22,5 \text{ cm}^3} = 0,58 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 12,39 gram

Volume (V) = 22,5 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12,39 \text{ gram}}{22,5 \text{ cm}^3} = 0,56 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kerapatan} &= \frac{0,55 \text{ g/cm}^3 + 0,58 \text{ g/cm}^3 + 0,56 \text{ g/cm}^3}{3} \\ &= 0,56 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

E. Untuk Sampel E dengan Komposisi Bahan dan Perekat 50%:50%:100%

1. Massa (m) = 11,71 gram

Volume (V) = 20 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{11,71 \text{ gram}}{20 \text{ cm}^3} = 0,58 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 11,84 gram

Volume (V) = 20 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{11,84 \text{ gram}}{20 \text{ cm}^3} = 0,59 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 11,25 gram

Volume (V) = 20 cm<sup>3</sup>

Besar kerapatan papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{11,25 \text{ gram}}{20 \text{ cm}^3} = 0,56 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kerapatan} &= \frac{0,58 \text{ g/cm}^3 + 0,59 \text{ g/cm}^3 + 0,57 \text{ g/cm}^3}{3} \\ &= 0,57 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

**LAMPIRAM 5**  
**DATA PENGUKURAN KADAR AIR**

Sampel	Kode Sampel	Massa Awal (g)	Massa Kering (cm <sup>3</sup> )	Rata-rata Kadar air (%)
A	A <sub>1</sub>	13,55	11,86	15,3
	A <sub>2</sub>	12,80	10,90	
	A <sub>3</sub>	13,64	11,94	
B	B <sub>1</sub>	12,66	10,98	13,94
	B <sub>2</sub>	14,33	12,58	
	B <sub>3</sub>	13,92	12,36	
C	C <sub>1</sub>	12,03	10,47	12,77
	C <sub>2</sub>	12,31	11,10	
	C <sub>3</sub>	13,40	11,91	
D	D <sub>1</sub>	12,40	11,21	10,76
	D <sub>2</sub>	13,25	11,93	
	D <sub>3</sub>	12,39	11,20	
E	E <sub>1</sub>	11,71	10,63	9,88
	E <sub>2</sub>	11,84	10,78	
	E <sub>3</sub>	11,25	10,25	

A. Untuk sampel A dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:42,86%

1. Massa awal (MA) = 13,55 gram

Massa kering (MK) = 11,86 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{13,55 \text{ g} - 11,86 \text{ g}}{11,86 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 14,24 \% \end{aligned}$$

2. Massa awal (MA) = 12,80 gram

Massa kering (MK) = 10,90 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{12,80 \text{ g} - 10,90 \text{ g}}{10,90 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 17,43\% \end{aligned}$$

3. Massa awal (MA) = 13,64 gram

Massa kering (MK) = 11,94 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{13,64 \text{ g} - 11,94 \text{ g}}{11,94 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 14,23\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kadar air} &= \frac{14,24\% + 17,43\% + 14,23\%}{3} \times 100\% \\ &= 15,3\% \end{aligned}$$

B. Untuk sampel B dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:53,85%

1. Massa awal (MA) = 12,66 gram

Massa kering (MK) = 10,98 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{12,66 \text{ g} - 10,98 \text{ g}}{10,98 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 15,30\% \end{aligned}$$

2. Massa awal (MA) = 14,33 gram

Massa kering (MK) = 12,58 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{14,33 \text{ g} - 12,58 \text{ g}}{12,58 \text{ g}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 13,91\%$$

3. Massa awal (MA) = 13,92 gram

Massa kering (MK) = 12,36 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{13,92 \text{ g} - 12,36 \text{ g}}{12,36 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 12,62 \%\end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata:

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata kadar air} &= \frac{15,30 + 13,91 + 12,62}{3} \times 100\% \\ &= 13,94\%\end{aligned}$$

C. Untuk sampel C dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:66,67%

1. Massa awal (MA) = 12,03 gram

Massa kering (MK) = 10,47 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{12,03 \text{ g} - 10,47 \text{ g}}{10,47 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 14,9\%\end{aligned}$$

2. Massa awal (MA) = 12,31 gram

Massa kering (MK) = 11,10 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{12,31 \text{ g} - 11,10 \text{ g}}{11,10 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 10,90\%\end{aligned}$$

3. Massa awal (MA) = 13,40 gram  
 Massa kering (MK) = 11,91 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{13,40 \text{ g} - 11,91 \text{ g}}{11,91} \times 100\% \\ &= 12,51\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kadar air} &= \frac{14,9\% + 10,90\% + 12,51\%}{3} \times 100\% \\ &= 12,77\% \end{aligned}$$

D. Untuk sampel D dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:81,82%

1. Massa awal (MA) = 12,40 gram  
 Massa kering (MK) = 11,21 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{12,40 \text{ g} - 11,21 \text{ g}}{11,21 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 10,61\% \end{aligned}$$

2. Massa awal (MA) = 13,25 gram  
 Massa kering (MK) = 11,93 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{13,25 \text{ g} - 11,93 \text{ g}}{11,93 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 11,06\% \end{aligned}$$

3. Massa awal (MA) = 12,39 gram  
 Massa kering (MK) = 11,20 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{12,39 \text{ g} - 11,20 \text{ g}}{11,20 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 10,62\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kadar air} &= \frac{10,61\% + 11,06\% + 10,62\%}{3} \times 100\% \\ &= 10,76\% \end{aligned}$$

E. Untuk sampel E dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:100%

1. Massa awal (MA) = 11,71 gram

Massa kering (MK) = 10,65 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{11,20 \text{ g} - 10,65 \text{ g}}{10,65 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 10,15\% \end{aligned}$$

2. Massa awal (MA) = 11,71 gram

Massa kering (MK) = 10,63 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{11,84 \text{ g} - 10,78 \text{ g}}{10,78 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 9,8\% \end{aligned}$$

3. Massa awal (MA) = 11,84 gram

Massa kering (MK) = 10,78 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{\text{MA}-\text{MK}}{\text{MK}} \times 100\% \\ &= \frac{11,25 \text{ g} - 10,25 \text{ g}}{10,25 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 9,7\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata:

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata kadar air} &= \frac{10,15 \% + 9,8\% + 9,7\%}{3} \times 100\% \\ &= 9,88\%\end{aligned}$$

**DATA PENGUKURAN PENGEMBANGAN TEBAL**

Sampel	Kode Sampel	Tebal Awal (mm)	Tebal Akhir (mm)	Rata-rata Pengembangan Tebal (%)
A	A <sub>1</sub>	10	11	13,33
	A <sub>2</sub>	10	11	
	A <sub>3</sub>	10	12	
B	B <sub>1</sub>	10	11	11,66
	B <sub>2</sub>	10	11	
	B <sub>3</sub>	10	11,5	
C	C <sub>1</sub>	9	10	11,11
	C <sub>2</sub>	9	10	
	C <sub>3</sub>	9	10	
D	D <sub>1</sub>	9	10	9,25
	D <sub>2</sub>	9	10	
	D <sub>3</sub>	9	9,5	
E	E <sub>1</sub>	8	9	8,33
	E <sub>2</sub>	8	8,5	
	E <sub>3</sub>	8	8,5	

A. Untuk sampel A dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:42,86%

1. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 10 mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 11 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\
 &= \frac{11 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \times 100\% \\
 &= 10\%
 \end{aligned}$$

2. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 10 mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 11 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned} \text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{11 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

3. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 10 mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 12 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned} \text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{12 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Untuk nilai pengembangan tebal rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata pengembangan tebal} &= \frac{10\% + 10\% + 20\%}{3} \\ &= 13.33\% \end{aligned}$$

B. Untuk sampel B dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:53,85%

1. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 10 mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 11 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned} \text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{11 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

2. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 10 mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 11 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\text{Pengembangan tebal} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{11 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{10 \text{ mm}}$$

$$= 10\%$$

3. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 10 mm  
 Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 11.5 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\text{Pengembangan tebal} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{11.5 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 15\%$$

Untuk nilai pengembangan tebal rata-rata:

$$\text{Rata-rata pengembangan tebal} = \frac{10\% + 10\% + 15\%}{3} \times 100\%$$

$$= 11.66\%$$

C. Untuk sampel C dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:66,67%

1. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 9 mm  
 Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 10 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\text{Pengembangan tebal} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{10 \text{ mm} - 9 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 11.11\%$$

2. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 9 mm  
 Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 10 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\text{Pengembangan tebal} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{10 \text{ mm} - 9 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 11.11\%$$

3. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 9 mm  
 Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 10 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned} \text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{10 \text{ mm} - 9 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 11.11\% \end{aligned}$$

Untuk nilai pengembangan tebal rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata pengembangan tebal} &= \frac{11.11\% + 11.11\% + 11.11\%}{3} \times 100\% \\ &= 11.11\% \end{aligned}$$

D. Untuk sampel D dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:81,82%

1. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 9 mm  
 Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 10 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned} \text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{10 \text{ mm} - 9 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 11.11\% \end{aligned}$$

2. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 9 mm  
 Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 10 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned} \text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{10 \text{ mm} - 9 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 11.11\% \end{aligned}$$

3. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 9 mm  
 Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 9.5 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned}\text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{9.5 \text{ mm} - 9 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 5,55\%\end{aligned}$$

Untuk nilai pengembangan tebal rata-rata:

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata pengembangan tebal} &= \frac{11.11\% + 11.11\% + 5.55\%}{3} \times 100\% \\ &= 9.25 \%\end{aligned}$$

E. Untuk sampel E dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:100%

1. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 8 mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 9 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned}\text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{9 \text{ mm} - 8 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 12.5\%\end{aligned}$$

2. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 8 mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 8.5 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned}\text{Pengembangan tebal} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{8.5 \text{ mm} - 8 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 6,25\%\end{aligned}$$

3. Tebal Awal ( $T_1$ ) = 8mm

Tebal Akhir ( $T_2$ ) = 8.25 mm

Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$\text{Pengembangan teba} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{8.5 \text{ mm} - 8 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 6.25\% \end{aligned}$$

Untuk nilai pengembangan tebal rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata pengembangan tebal} &= \frac{12.5\% + 6.25\% + 6.25\%}{3} \times 100\% \\ &= 8,33\% \end{aligned}$$

**LAMPIRAN 7**  
**DATA PENGUJIAN KETEGUHAN LENTUR (MOE)**

Sampel	Kode Sampel	$\Delta D$ (cm)	$\Delta B$ (kgf)	Rata-rata Keteguhan Lentur(kgf/cm <sup>2</sup> )
A	A <sub>1</sub>	0,086075	0,314	703,90059
	A <sub>2</sub>	0,04883	0,32	
	A <sub>3</sub>	0,09038	0,209	
B	B <sub>1</sub>	0,06608	0,248	786,791873
	B <sub>2</sub>	0,066788	0,251	
	B <sub>3</sub>	0,05636	0,365	
C	C <sub>1</sub>	0,126925	0,679	1088,60535
	C <sub>2</sub>	0,13453	0,798	
	C <sub>3</sub>	0,10496	0,836	
D	D <sub>1</sub>	0,06600	0,615	1486,1898
	D <sub>2</sub>	0,06443	0,585	
	D <sub>3</sub>	0,08737	0,701	
E	E <sub>1</sub>	0,088017	0,792	1912,87948
	E <sub>2</sub>	0,14529	1,012	
	E <sub>3</sub>	0,05243	0,946	

A. Untuk sampel A dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:42,86%

1. Beban sebelum batas proporsi( $\Delta B$ ) = 0,314 kgf
- Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,86075 cm
- Jarak sangga (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned}
 MOE &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\
 &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,314}{0,86075} \\
 &= \frac{3375}{20} \times \frac{0,314}{0,86075}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1059,75}{17,215}$$

$$= 615,596863 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) = 0,32 kgf  
 Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,04883 cm  
 Jarak sangga (S) = 15 cm  
 Lebar (L) = 5 cm  
 Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\text{MOE} = \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D}$$

$$= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,32}{0,04883}$$

$$= \frac{3375}{20} \times \frac{0,32}{0,04883}$$

$$= \frac{1080}{0,9766}$$

$$= 1105,87753 \text{ kgf/cm}^2$$

3. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) = 0,209 kgf  
 Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,09038 cm  
 Jarak sangga (S) = 15 cm  
 Lebar (L) = 5 cm  
 Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\text{MOE} = \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D}$$

$$= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,209}{0,09038}$$

$$= \frac{3375}{20} \times \frac{0,209}{0,09038}$$

$$= \frac{705,375}{1,8076}$$

$$= 390,227373 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk nilai keteguhan lentur rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata keteguhan lentur} &= \frac{615,596863 + 1105,87753 + 390,227373}{3} \\ &= 703,90059 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

B. Untuk sampel B dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:53,85%

1. Beban sebelum batas proporsi ( $\Delta B$ ) = 0,248 kgf
- Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,06608 cm
- Jarak sangga (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\ &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,248}{0,06608} \\ &= \frac{3375}{20} \times \frac{0,248}{0,06608} \\ &= \frac{837}{1,3216} \\ &= 633,323245 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Beban sebelum batas proporsi ( $\Delta B$ ) = 0,251 kgf
- Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,066788 cm
- Jarak sangga (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\ &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,251}{0,066788} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3375}{20} \times \frac{0,251}{0,066788} \\
&= \frac{847,125}{1,33576} \\
&= 634,189525 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

3. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) = 0,365 kgf  
Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,05636 cm  
Jarak sangga (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned}
\text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\
&= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,365}{0,05636} \\
&= \frac{3375}{20} \times \frac{0,365}{0,05636} \\
&= \frac{1231,875}{1,1272} \\
&= 1092,86285 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan lentur rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Rata-rata keteguhan lentur} &= \frac{633,323245 + 634,189525 + 1092,86285}{3} \\
&= 786,791873 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

C. Untuk sampel C dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:66,67%

1. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) = 0,679 kgf  
Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,126925 cm  
Jarak sangga (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned}
\text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\
&= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,679}{0,126925} \\
&= \frac{3375}{20} \times \frac{0,679}{0,126925} \\
&= \frac{2291,625}{2,5385} \\
&= 902,747686 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

2. Beban sebelum batas proporsi ( $\Delta B$ ) = 0,798 kgf  
Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,13453 cm  
Jarak sangga (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned}
\text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\
&= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,798}{0,13453} \\
&= \frac{3375}{20} \times \frac{0,798}{0,13453} \\
&= \frac{2693,25}{2,6906} \\
&= 1000,98491 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

3. Beban sebelum batas proporsi ( $\Delta B$ ) = 0,836 kgf  
Lenturan pada beban ( $\Delta D$ ) = 0,10496 cm  
Jarak sangga (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\text{MOE} = \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,836}{0,10496} \\
&= \frac{3375}{20} \times \frac{0,836}{0,10496} \\
&= \frac{2821,5}{12,0992} \\
&= 13444,08346 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan lentur rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Rata-rata keteguhan lentur} &= \frac{902,747686 + 1000,98491 + 1344,08346}{3} \\
&= 1088,60535 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

D. Untuk sampel D dengan variasi komposisi dan perekat 50%50%:81,82%

- |   |             |
|---|-------------|
| 1. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) | = 0,615 kgf |
| Lenturan pada beban ( $\Delta D$ )            | = 0,066 cm  |
| Jarak sangga (S)                              | = 15 cm     |
| Lebar (L)                                     | = 5 cm      |
| Tebal (T)                                     | = 1 cm      |

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned}
\text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\
&= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,615}{0,066} \\
&= \frac{3375}{20} \times \frac{0,615}{0,066} \\
&= \frac{2075,625}{1,32} \\
&= 1572,4431 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

- |   |              |
|---|--------------|
| 2. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) | = 0,585 kgf  |
| Lenturan pada beban ( $\Delta D$ )            | = 0,06443 cm |
| Jarak sangga (S)                              | = 15 cm      |
| Lebar (L)                                     | = 5 cm       |
| Tebal (T)                                     | = 1 cm       |

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned}
 \text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\
 &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,585}{0,06443} \\
 &= \frac{3375}{20} \times \frac{0,585}{0,06443} \\
 &= \frac{1974,375}{1,2886} \\
 &= 1532,18609 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

- |   |              |
|---|--------------|
| 3. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) | = 0,701 kgf  |
| Lenturan pada beban ( $\Delta D$ )            | = 0,08737 cm |
| Jarak sangga (S)                              | = 15 cm      |
| Lebar (L)                                     | = 5 cm       |
| Tebal (T)                                     | = 1 cm       |

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned}
 \text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\
 &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,701}{0,08737} \\
 &= \frac{3375}{20} \times \frac{0,701}{0,08737} \\
 &= \frac{2365,875}{1,7474} \\
 &= 1353,94014 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan lentur rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata keteguhan lentur} &= \frac{1572,44318 + 1532,18609 + 1353,94014}{3} \\
 &= 1486,1898 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

E. Untuk sampel E dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:100%

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. Beban sebelum batas proposi ( $\Delta B$ ) | = 0,792 kgf   |
| Lenturan pada beban ( $\Delta D$ )            | = 0,088017 cm |
| Jarak sangga (S)                              | = 15 cm       |

$$\text{Lebar (L)} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal (T)} = 1 \text{ cm}$$

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\ &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,792}{0,088017} \\ &= \frac{3375}{20} \times \frac{0,792}{0,088017} \\ &= \frac{2673}{1,76034} \\ &= 1518,45666 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$2. \text{ Beban sebelum batas proposi } (\Delta B) = 1,012 \text{ kgf}$$

$$\text{Lenturan pada beban } (\Delta D) = 0,14529 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak sangga (S)} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (L)} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal (T)} = 1 \text{ cm}$$

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\ &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{1,012}{0,14529} \\ &= \frac{3375}{20} \times \frac{1,012}{0,14529} \\ &= \frac{3415,5}{2,9058} \\ &= 1175,40781 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$3. \text{ Beban sebelum batas proposi } (\Delta B) = 0,946 \text{ kgf}$$

$$\text{Lenturan pada beban } (\Delta D) = 0,05243 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak sangga (S)} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (L)} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal (T)} = 1 \text{ cm}$$

Besar nilai keteguhan lentur berdasarkan persamaan (2.4) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOE} &= \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D} \\ &= \frac{15^3}{4 \times 5 \times 1^3} \times \frac{0,946}{0,05243} \\ &= \frac{3375}{20} \times \frac{0,946}{0,05243} \\ &= \frac{3192,75}{1,0486} \\ &= 3044,77398 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan lentur rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata keteguhan lentur} &= \frac{1518,45666 + 1175,40781 + 3044,77398}{3} \\ &= 1912,87948 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

**LAMPIRAN 8**  
**DATA PENGUJIAN KETEGUHAN PATAH (MOR)**

Sampel	Kode Sampel	Beban Maks(kgf)	Keteguhan Patah (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata Keteguhan Patah (kgf/cm <sup>2</sup> )
A	A <sub>1</sub>	11,415	51,368	55,257
	A <sub>2</sub>	12,578	56,601	
	A <sub>3</sub>	12,845	57,803	
B	B <sub>1</sub>	11,764	52,938	58,996
	B <sub>2</sub>	13,221	59,494	
	B <sub>3</sub>	14,346	64,557	
C	C <sub>1</sub>	12,934	58,203	62,331
	C <sub>2</sub>	14,582	65,619	
	C <sub>3</sub>	14,158	63,171	
D	D <sub>1</sub>	13,301	59,868	67,095
	D <sub>2</sub>	14,869	66,911	
	D <sub>3</sub>	16,557	74,507	
E	E <sub>1</sub>	13,800	66,600	70,282
	E <sub>2</sub>	15,250	68,625	
	E <sub>3</sub>	16,805	75,623	

A. Untuk sampel A dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:42,86%

1. Beban maks (B) = 11,415 kgf
- Jarak sanggah (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned}
 \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\
 &= \frac{3 \times 11,415 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\
 &= \frac{513,675}{10}
 \end{aligned}$$

$$= 51,368 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Beban maks (B) = 12,578 kgf  
Jarak sanggah (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 12,578 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{566,01}{10} \\ &= 56,601 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Beban maks (B) = 12,845 kgf  
Jarak sanggah (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 12,845 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{578,025}{10} \\ &= 57,803 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata keteguhan patah} &= \frac{51,368 + 56,601 + 57,803}{3} \\ &= \frac{165,772}{3} \\ &= 55,257 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

B. Untuk sampel B dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:53,85%

- 1. Beban maks (B) = 11,764 kg
- Jarak sanggah (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 11,764 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{529,38}{10} \\ &= 52,938 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

- 2. Beban maks (B) = 13,221 kg
- Jarak sanggah (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 13,221 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{594,945}{10} \\ &= 59,495 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

- 3. Beban maks (B) = 14,346 kgf
- Jarak sanggah (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\text{MOR} = \frac{3BS}{2LT^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3 \times 14,346 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\
&= \frac{645,57}{10} \\
&= 64,55 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan patah rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Rata-rata keteguhan patah} &= \frac{52,938 + 59,495 + 64,557}{3} \\
&= \frac{176,99}{3} \\
&= 58,996 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

C. Untuk sampel C dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%:66,67%

1. Beban maks (B) = 12,934 kgf
- Jarak sanggah (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned}
\text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\
&= \frac{3 \times 12,934 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\
&= \frac{582,03}{10} \\
&= 58,203 \text{ kgf/cm}^2
\end{aligned}$$

2. Beban maks (B) = 14,582 kgf
- Jarak sanggah (S) = 15 cm
- Lebar (L) = 5 cm
- Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned}
\text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\
&= \frac{3 \times 14,582 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}
\end{aligned}$$

$$= \frac{656,19}{10}$$

$$= 65,619 \text{ kgf/cm}^2$$

3. Beban maks (B) = 14,158 kgf  
 Jarak sanggah (S) = 15 cm  
 Lebar (L) = 5 cm  
 Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\text{MOR} = \frac{3BS}{2LT^2}$$

$$= \frac{3 \times 14,158 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{637,11}{10}$$

$$= 63,711 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk nilai keteguhan patah rata-rata:

$$\text{Rata-rata keteguhan patah} = \frac{58,203 + 65,619 + 63,711}{3}$$

$$= \frac{187,533}{3}$$

$$= 62,511 \text{ kgf/cm}^2$$

D. Untuk sampel D dengan variasi komposisi dan perekat 50 %:50%:81,82%

1. Beban maks (B) = 13,304 kgf  
 Jarak sanggah (S) = 15 cm  
 Lebar (L) = 5 cm  
 Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\text{MOR} = \frac{3BS}{2LT^2}$$

$$= \frac{3 \times 13,304 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{598,68}{10}$$

$$= 59,868 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Beban maks (B) = 14,869 kgf  
Jarak sanggah (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 14,869 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{669,105}{10} \\ &= 66,910 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Beban maks (B) = 16,557 kgf  
Jarak sanggah (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 16,557 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{745,065}{10} \\ &= 74,507 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata keteguhan patah} &= \frac{59,868 + 66,911 + 74,507}{3} \\ &= \frac{201,286}{3} \\ &= 67,095 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

E. Untuk sampel E dengan variasi komposisi dan perekat 50%:50%100%

1. Beban maks (B) = 14.800 kgf  
Jarak sanggah (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 14,800 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{666,000}{10} \\ &= 66,600 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Beban maks (B) = 15,250 kg  
Jarak sanggah (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 15,250 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \\ &= \frac{686,25}{10} \\ &= 68,625 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Beban maks (B) = 16,805 kg  
Jarak sanggah (S) = 15 cm  
Lebar (L) = 5 cm  
Tebal (T) = 1 cm

Besar nilai keteguhan patah berdasarkan persamaan (2.5) adalah

$$\begin{aligned} \text{MOR} &= \frac{3BS}{2LT^2} \\ &= \frac{3 \times 16,805 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{756,225}{10} \\ &= 75,623 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai keteguhan patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata keteguhan patah tebal} &= \frac{66,600+68,625+75,623}{3} \\ &= \frac{210,848}{3} \\ &= 70,282 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Tunjiah adalah nama penulis skripsi ini lahir pada tanggal 27 Desember 1997, di Belungkut, Kecamatan Marbau, Kab. Labuhanbatu Utara. Penulis merupakan anak ke 2 dari 4 bersaudara dari pasangan Sawar dan Nuriana.

Penulis pertama kali masuk pendidikan di SD Negeri 114350 Belongkut pada tahun 2004 dan tamat pada tahun 2010 pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 2 Marbau dan tamat pada tahun 2013. Setelah tamat SMP penulis melanjutkan ke SMA Negeri 1 Marbau dan tamat pada tahun 2016. Dan pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswi di Universitas Islam Negeri Sumatra Utara Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Fisika dan tamat pada tahun 2021.

Berkat petunjuk dan pertolongan Allah SWT, usaha dan disertai doa dari kedua orang tua dalam menjalani aktivitas akademi di perguruan Tinggi Universitas Islam Negeri Sumatra Utara Medan. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Perekat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Berbasis Limbah Serutan Rotan dan Serabut Buah Kelapa Sawit”.