

**STUDI PENGARUH *MESH* PELEPAH KELAPA SAWIT
PADA KOMPOSIT PAPAN PARTIKEL *BIODEGRADABLE*
DENGAN PENGUAT SERAT TANDAN KOSONG**

Skripsi



Disusun oleh:

Yudis Rahma Risky

3331200044

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

CILEGON - BANTEN

2024

**STUDI PENGARUH *MESH* PELEPAH KELAPA SAWIT
PADA KOMPOSIT PAPAN PARTIKEL *BIODEGRADABLE*
DENGAN PENGUAT SERAT TANDAN KOSONG**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S1
pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Disusun oleh:

Yudis Rahma Risky

3331200044

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

CILEGON - BANTEN

2024

TUGAS AKHIR

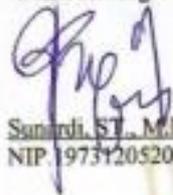
Studi Pengaruh Mesh Pelepah Kelapa Sawit Pada Komposit Papan Partikel Biodegradable Dengan Penguat Serat Tandan Kosong

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Yudis Rahma Risky
3331200044

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 26 Juni 2024

Pembimbing Utama

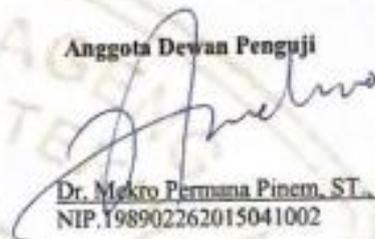


Sunardi, S.T., M.Eng.
NIP.197312052006041002

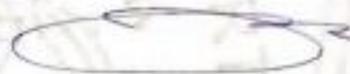


Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng.
NIP.198403132019032009

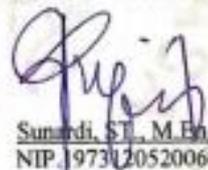
Anggota Dewan Penguji



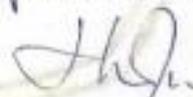
Dr. Makro Permana Pinem, ST., MT.
NIP.198902262015041002



Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.
NIP.197910302003121001



Sunardi, S.T., M.Eng.
NIP.197312052006041002



Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng.
NIP.198403132019032009

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 05 Juli 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP.198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda di bawah ini,

Nama : Yudis Rahma Risky

NPM : 3331200044

Judul Tugas Akhir : Studi Pengaruh *Mesh* Pelepah Kelapa Sawit Pada Komposit Papan Partikel *Biodegradable* Dengan Penguat Serat Tandan Kosong

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

MENYATAKAN

Bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Juni 2024



Yudis Rahma Risky

NPM. 331200044

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul "*Studi Pengaruh Mesh Pelepah Kelapa Sawit Pada Komposit Papan Partikel Biodegradable Dengan Penguat Serat Tandan Kosong*" sebagai salah satu syarat kelulusan untuk meraih gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, para sahabatnya, serta para pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis mengucapkan rasa syukur dan banyak terimakasih atas bantuan, bimbingan, dan masukan kepada semua pihak dalam menyelesaikan laporan skripsi ini, diantaranya:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Prof. Dr. Eng Hendra, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberi motivasi dari awal perkuliahan hingga akhir pelaksanaan studi penulis.
3. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng dan Ibu Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan ide, waktu, perhatian, dan kesabaran dalam membimbing penulis menyelesaikan laporan skripsi ini.
4. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T sebagai Dosen Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
5. Staff pengajar, karyawan dan karyawan, dan asisten laboratorium di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah mengajarkan dan memberi ilmu kepada penulis selama perkuliahan dan praktikum.
6. Bapak Risman dan Ibu Rismurti sebagai orang tua saya yang telah mendoakan dan memberi semangat penulis selama menyelesaikan laporan skripsi ini.
7. Kakak Hendri Risfandi dan kakak Sylvia Ris Fanny sebagai kakak saya yang memberi dukungan penuh selama menyelesaikan laporan skripsi.

8. Sahabat yang selalu memberikan bantuan, semangat dan motivasi kepada penulis khususnya kepada Falencia Mauri, Salwa Nindri, Ghazi Fauzan, Langlang Nurcahyoko, Ricky Romadhon, Saddam Husein, Ari Leonardo, dan Rahmadita Amalia.
9. Teman-teman dari jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa terutama Teknik Mesin 20 yang telah membantu dalam pengerjaan atau penulisan laporan skripsi.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu baik berupa doa, dukungan, dan lain sebagainya.

Penulis menyadari bahwa laporan yang ditulis masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun penulis butuhkan demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan bagi pihak yang membutuhkan.

Cilegon, Juni 2024

Penulis

ABSTRACT

Particle board is an artificial board made from sawmill waste or cellulose material which is bonded using adhesive and other additional materials using a fairly high pressure, temperature process and over a certain period of time. The use of wood as a raw material for making particle board can be replaced using other materials. Mixed materials that can be used in making particle board are palm oil waste such as fronds and empty palm fruit bunches. This palm oil waste can be used for purposes such as furniture, and others. Therefore, palm fronds and empty fruit bunches can be alternative materials for making particle board. In this research, palm fronds were used as filler with varying mesh sizes of 35, 60, and 80. The percentages used in this research were 50% palm frond particles, 15% empty palm fruit bunch fiber, 20% PVAc, and 15% epoxy resin. This research uses a single punch cold press compaction process at a pressure of 30 bar within 120 minutes and a curing process at a temperature of 150°C for 60 minutes. This research will obtain the best data on density, water content, thickness expansion, modulus of rupture, and modulus of elasticity on mesh 80. The test results obtained a density of 0.877 g/cm³, water content 4.6%, thickness expansion 1.13%, modulus of rupture 201.71 kgf/cm², and the modulus of elasticity is 11012.92 kgf/cm². All particle board specimens meet SNI 03-2105-2006 standards. However, the modulus of elasticity does not meet the standard criteria for particle board.

Keywords: *Mesh, Particles, Particle Board, Physical, Mechanical*

ABSTRAK

Papan partikel ialah papan buatan yang terbuat dari limbah gergaji kayu atau bahan selulosa yang diikat menggunakan perekat dan bahan tambahan lainnya dengan proses tekanan, suhu yang cukup tinggi dan dalam waktu tertentu. Penggunaan kayu sebagai bahan baku pembuatan papan partikel dapat digantikan menggunakan bahan lain. Bahan campuran yang dapat dimanfaatkan pada pembuatan papan partikel adalah limbah kelapa sawit seperti pelepah dan tandan kosong kelapa sawit. Limbah kelapa sawit ini dapat diaplikasikan untuk keperluan seperti mebel atau *furniture*, dan lainnya. Oleh karena itu, pelepah dan tandan kosong kelapa sawit dapat menjadi bahan alternatif untuk pembuatan papan partikel. Dalam penelitian ini, pelepah kelapa sawit digunakan sebagai pengisi dengan variasi ukuran *mesh* 35, 60, dan 80. Persentase yang digunakan pada penelitian ini yaitu 50% partikel pelepah kelapa sawit, 15% serat tandan kosong kelapa sawit, 20% PVAc, dan 15% resin *epoxy*. Penelitian ini menggunakan proses kompaksi *cold press single punch* pada tekanan 30 bar dalam waktu 120 menit dan proses *curing* pada suhu 150°C selama 60 menit. Penelitian ini akan memperoleh data densitas, kadar air, pengembangan tebal, *modulus of rupture*, dan *modulus of elasticity* terbaik pada *mesh* 80. Hasil pengujian yang diperoleh densitas 0.877 g/cm³, kadar air 4.6%, pengembangan tebal 1.13%, *modulus of rupture* 201.71 kgf/cm², dan *modulus of elasticity* 11012.92 kgf/cm². Semua spesimen papan partikel sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Namun, *modulus of elasticity* belum memenuhi standar kriteria papan partikel.

Kata Kunci: *Mesh, Partikel, Papan Partikel, Fisis, Mekanis*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATAR PENGANTAR	iv
ABSTRACK	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II STUDI PUSTAKA	
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Papan Partikel	6
2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit	7
2.4 Pelepah Kelapa Sawit	8
2.5 <i>Polyvinyl Acetate (PVAc)</i>	9
2.6 Resin <i>Epoxy</i>	10
2.7 <i>Mesh</i> Partikel.....	11
2.8 Proses Pengujian	12
2.8.1 Pengujian Densitas	12
2.8.2 Pengujian Pengembangan Tebal	12
2.8.3 Pengujian Kadar Air	13
2.8.4 Pengujian <i>Modulus of Rupture (MOR)</i>	13
2.8.5 Pengujian <i>Modulus of Elasticity (MOE)</i>	14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.2.1 Alat Penelitian	17
3.2.2 Bahan Penelitian	21
3.3 Variabel Penelitian	23
3.4 Tahapan Penelitian	23
3.4.1 Pembuatan Partikel dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit	23
3.4.2 Pembuatan Serat dari Limbah Tandan Kosong	24
3.4.3 Penimbangan Bahan Penyusun	24
3.4.4 Pembuatan Papan Partikel	25
3.5 Teknik Pengumpulan Data dan Analisa Data	25
3.5.1 Densitas	25
3.5.2 Pengembangan Tebal	26
3.5.3 Kadar Air	27
3.5.4 MOR (<i>Modulus of Rupture</i>)	27
3.5.5 MOE (<i>Modulus of Elasticity</i>)	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Bahan-Bahan Penyusun Papan Partikel	29
4.1.1 Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Fisis	29
4.1.2 Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Mekanis	30
4.2 Pengujian Sifat Fisis	30
4.2.1 Pengujian Densitas	30
4.2.2 Pengujian Kadar Air	32
4.2.3 Pengujian Pengembangan Tebal dan Daya Serap Air	34
4.3 Pengujian Sifat Mekanis	38
4.1.1 Pengujian <i>Modulus of Rupture</i>	38
4.1.2 Pengujian <i>Modulus of Elasticity</i>	40
4.4 Hubungan Densitas, Pengembangan Tebal, dan Daya Serapan Air Terhadap <i>Modulus of Elasticity</i>	42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	45
----------------------	----

5.2 Saran 45

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit	8
Gambar 2.2 Pelepah Kelapa Sawit	9
Gambar 2.3 Titik Pembebanan Uji Bending	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2 Ayakan	17
Gambar 3.3 Mesin <i>Press</i>	17
Gambar 3.4 Cetakan	17
Gambar 3.5 <i>Universal Testing Machine</i>	18
Gambar 3.6 Gerinda	18
Gambar 3.7 Neraca Digital	18
Gambar 3.8 Gelas Ukur	19
Gambar 3.9 Alat Pengaduk	19
Gambar 3.10 Jangka Sorong	19
Gambar 3.11 Oven	20
Gambar 3.12 Gunting	20
Gambar 3.13 Sarung Tangan APD	20
Gambar 3.14 Partikel Pelepah Kelapa Sawit	21
Gambar 3.15 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit	21
Gambar 3.16 <i>Polyvinyl Acetate</i>	21
Gambar 3.17 Resin Epoksi	22
Gambar 3.18 NaOH	22
Gambar 3.19 Aquades	22
Gambar 3.20 Pembuatan Partikel Pelepah Kelapa Sawit	23
Gambar 3.21 Pembuatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit	24
Gambar 3.22 Penimbangan Bahan Penyusun	24
Gambar 3.23 Pembuatan Papan Partikel	25
Gambar 3.24 Uji Densitas	26
Gambar 3.25 Uji Pengembangan Tebal	26

	Halaman
Gambar 3.26 Uji Kadar Air	27
Gambar 3.27 Uji <i>Modulus of Rupture</i>	27
Gambar 3.28 Uji <i>Modulus of Elasticity</i>	28
Gambar 4.1 Pengujian Densitas.....	32
Gambar 4.2 Pengujian Kadar Air	33
Gambar 4.3 Persentase Massa Pengujian Kadar Air	34
Gambar 4.4 Pengujian Pengembangan Tebal.....	35
Gambar 4.5 Persentase Tebal Pengujian Pengembangan Tebal.....	36
Gambar 4.6 Pengujian Daya Serap Air	37
Gambar 4.7 Persentase Massa Serapan Air	38
Gambar 4.8 Pengujian <i>Modulus of Rupture</i>	40
Gambar 4.9 Pengujian <i>Modulus of Elasticity</i>	41
Gambar 4.10 Hubungan Densitas Terhadap <i>Modulus of Elasticity</i>	42
Gambar 4.11 Hubungan Pengembangan Tebal Terhadap <i>Modulus of Elasticity</i>	43
Gambar 4.12 Hubungan Daya Serap Air Terhadap <i>Modulus of Elasticity</i>	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 <i>State of The Art</i>	5
Tabel 2.2 <i>Ukuran Mesh</i>	11
Tabel 2.3 <i>Sifat Fisik dan Mekanik dari Papan Partikel</i>	12
Tabel 4.1 <i>Kerapatan Bahan</i>	29
Tabel 4.2 <i>Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Fisis</i>	29
Tabel 4.3 <i>Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Mekanis</i>	30
Tabel 4.4 <i>Hasil Pengujian Densitas</i>	31
Tabel 4.5 <i>Hasil Pengujian Kadar Air</i>	32
Tabel 4.6 <i>Persentase Selisih Massa Pengujian Kadar Air</i>	34
Tabel 4.7 <i>Hasil Pengujian Pengembangan Tebal</i>	34
Tabel 4.8 <i>Persentase Selisih Tebal Pengujian Pengembangan Tebal</i>	36
Tabel 4.9 <i>Hasil Pengujian Daya Serap Air</i>	36
Tabel 4.10 <i>Persentase Selisih Massa Pengujian Daya Serap Air</i>	38
Tabel 4.11 <i>Hasil Pengujian Modulus of Rupture</i>	39
Tabel 4.12 <i>Hasil Pengujian Modulus of Elasticity</i>	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya bahan baku pembuatan papan partikel terbuat dari kayu. Namun jumlah dan kualitas kayu mengalami penurunan. Oleh karena itu, bahan teknik mulai dikembangkan pada material komposit. Material komposit ini dapat diaplikasikan untuk berbagai keperluan termasuk dalam pembuatan papan partikel. Hal ini merupakan upaya dalam mencari bahan alternatif yang sangat melimpah ketersediaannya.

Berdasarkan perkembangan zaman, material komposit yang dapat digunakan untuk bahan penguat ialah serat alam. Dimana serat alam bersifat *biodegradable* yang dimana biaya yang murah dan ramah lingkungan serta dapat terurai dengan mudah (Laksano, 2012). Indonesia adalah negara yang memiliki area perkebunan kelapa sawit yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia. Hasil perkebunan kelapa sawit berupa limbah padat seperti daun, tandan kosong, pelepah, cangkang, batang, dan akar. Menurut Suherman dkk, (2021), Pelepah kelapa sawit adalah salah satu limbah perkebunan kelapa sawit yang belum banyak dimanfaatkan dengan baik. Pada tanaman dewasa sawit ditemukan antara 40-50 pelepah atau lebih dengan panjang mencapai 7,5-10 meter. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah sawit yang jumlahnya cukup banyak dan sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Setiap 1 hektar, kebun kelapa sawit mampu menghasilkan sekitar 1,5 ton tandan kosong. Oleh sebab itu, pelepah dan tandan kosong kelapa sawit dapat dijadikan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan papan partikel.

Papan partikel merupakan produk papan buatan dari limbah pelepah dan tandan kosong dengan bantuan perekat sintetis yang dipress sehingga membentuk papan partikel. Kualitas standar papan partikel berdasarkan SNI yaitu nilai kerapatan papan partikel antara 0,40 – 0,90 g/cm³, nilai kadar air tidak melebihi 14%, nilai pengembangan tebal tidak melebihi 12 %, dan nilai *modulus of rupture* melebihi 82 kgf/cm². Ukuran *mesh* pada pembuatan papan partikel sangat berpengaruh pada sifat fisis dan mekanik papan partikel. Variasi

ukuran partikel akan membentuk sifat fisik dan mekanik yang berbeda. Ukuran *mesh* yang kecil akan menghasilkan permukaan yang kasar dan ikatan partikel yang lemah sehingga terdapatnya pori diantara partikel serta tidak semua partikel berikatan baik dengan matrik. Namun sebaliknya, semakin besar ukuran *mesh* maka akan menghasilkan permukaan yang halus dan ikatan antar partikel yang baik karena matrik berikatan baik dengan partikel.

Penelitian mengenai pembuatan papan partikel sudah ada dilaksanakan menggunakan limbah-limbah yang tidak terpakai misalnya pada penelitian Andrian (2012) mengenai, Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Batang Kelapa Sawit Terhadap Sifat Mekanis Papan Partikel dengan ukuran variasi *mesh* 18, 40, 60, dan 80. Dimana hasil penelitian pada pengujian densitas ukuran *mesh* 80 mendapatkan nilai densitas tertinggi dibandingkan variasi *mesh* lainnya. Pada pengujian pengembangan tebal didapatkan nilai terbaik pada *mesh* 80 dimana semakin tinggi ukuran *mesh* memperoleh nilai terbaik untuk pengembangan tebal. Pada pengujian *modulus of rupture* didapatkan nilai kekuatan lentur paling tinggi terjadi pada komposit variasi 80 *mesh* dibandingkan dengan variasi yang lainnya. Maka pada penelitian Andrian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi ukuran *mesh* yang digunakan maka semakin besar nilai densitas dan kekuatan lentur tetapi berbanding terbalik terhadap persentase pengembangan tebalnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Parulian (2015) mengenai Karakteristik Papan Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Variasi Besar Butiran *Filler* dengan ukuran variasi *mesh* 18, 40, 60, dan 80. Dimana hasil penelitian pada pengujian densitas ukuran *mesh* 80 mendapatkan dengan nilai terbaik dibandingkan variasi lainnya. Pada pengujian pengembangan tebal didapatkan nilai terbaik pada *mesh* 80 yang dimana mengalami penurunan nilai persentase dengan semakin tingginya ukuran *mesh* memperoleh nilai terbaik untuk pengembangan tebal. Pada pengujian *modulus of rupture* diperoleh nilai batas elastis paling optimal terjadi pada variasi ukuran *mesh* 18 dibandingkan dengan variasi ukuran *mesh* 40, 60, dan 80. Maka dari penelitian Parulian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi ukuran *mesh* yang digunakan maka semakin besar nilai densitas dan nilai batas elastis akan tetapi berbanding

terbalik dengan persentase pengembangan tebal. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa ukuran *mesh* pada papan komposit akan mempengaruhi kualitas dari papan komposit.

Berdasarkan uraian penelitian diatas, perlu dilakukan penelitian mengenai Studi Pengaruh *Mesh* Pelelah Kelapa Sawit Pada Komposit Papan Partikel *Biodegradable* Dengan Penguat Serat Tandan Kosong. Penggunaan limbah padat kelapa sawit ini bertujuan untuk menjadi bahan alternatif yang kreatif dan inovatif seperti pembuatan papan partikel. Pada penelitian ini dilakukan pengujian papan partikel berdasarkan uji fisik yaitu kerapatan, kadar air, dan pengembangan tebal. Sedangkan pengujian papan partikel secara mekanik berupa *modulus of rupture* (MOR) dan *modulus of elasticity* (MOE).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian limbah padat kelapa sawit antara lain:

1. Bagaimana pengaruh *mesh* terhadap sifat mekanis dan fisis pada papan partikel?
2. Bagaimana evaluasi produk papan partikel dari limbah pelelah dan tandan kosong kelapa sawit berdasarkan SNI 03-2105-2006?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian limbah padat kelapa sawit ini antara lain:

1. Memanfaatkan limbah pelelah dan tandan kosong kelapa sawit yang tidak terpakai sebagai bahan alternatif pembuatan papan partikel.
2. Menganalisis pengaruh *mesh* papan partikel berdasarkan sifat fisis dan mekanis.
3. Mengevaluasi produk papan partikel dari limbah pelelah dan tandan kosong kelapa sawit berdasarkan SNI 03-2105-2006.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diperlukan pada penelitian ini agar terfokus dan tidak meluas antara lain:

1. Limbah padat kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan baku adalah pelepah dan tandan kosong kelapa sawit.
2. Menggunakan limbah pelepah sebagai *filler* dan limbah tandan kosong sebagai penguat.
3. Menggunakan resin *epoxy* dan PVAc sebagai matriks pada pembuatan papan partikel.
4. Menggunakan larutan NaOH 5% sebagai media perendaman dengan waktu 120 menit.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dari penelitian limbah padat kelapa sawit antara lain:

1. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dapat memanfaatkan hasil penelitian sebagai bahan alternatif papan partikel di wilayah Banten.
2. Pemerintah Provinsi Banten, dapat mengembangkan material papan partikel yang ramah lingkungan di wilayah Provinsi Banten.
3. Masyarakat, dapat tertarik dalam produksi papan partikel sebagai produk yang dapat meningkatkan nilai ekonomi.
4. Mahasiswa, dapat mengetahui manfaat secara teori dan referensi pembuatan papan partikel bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian dengan topik yang sama.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 *State of The Art*

Penelitian mengenai papan partikel ini dilakukan mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya sebagai literatur dan sumber referensi. Berdasarkan tabel 2.1 menunjukkan sumber referensi berdasarkan jurnal atau tulisan ilmiah dalam penelitian ini.

Tabel 2.1 *State of Art*

No.	Judul dan Tahun Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
			Hasil penelitian berdasarkan pengujian yang dilakukan yaitu:
1.	Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Batang Kelapa Sawit Terhadap Sifat Mekanis Papan Partikel (Johan Andrian, 2012)	Pemanfaatan serbuk batang kelapa sawit sebagai bahan alam sebagai <i>filler</i> pada pembuatan papan komposit dalam mengetahui sifat mekanis berdasarkan variasi ukuran partikel.	1. Densitas terbaik didapatkan pada ukuran <i>mesh</i> 80 dengan nilai 1.076 g/cm ³ . 2. Pengembangan tebal terbaik didapatkan pada ukuran <i>mesh</i> 80 dengan nilai 1.59%. 3. <i>Modulus of rupture</i> paling tinggi terjadi pada ukuran <i>mesh</i> 80 dengan nilai 146.43 kgf/cm ³ .

		Hasil penelitian berdasarkan pengujian yang dilakukan yaitu:
Karakteristik Papan Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa	Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit dan kayu sengan dengan variasi butiran <i>filler</i> kayu sengan <i>mesh</i> 18, 40, 60, dan 80.	1. Densitas terbaik didapatkan pada ukuran <i>mesh</i> 80 dengan nilai 0.985 g/cm ³ .
2. Sawit Variasi Besar Butiran <i>Filler</i> (Rumandong Parulian, 2015)		2. Pengembangan tebal terbaik pada ukuran <i>mesh</i> 80 dengan nilai 2.05%.
		3. <i>Modulus of rupture</i> paling optimal terjadi pada ukuran <i>mesh</i> 18 dengan nilai 1157.86 N/mm ² .

2.2 Papan Partikel

Papan partikel merupakan suatu komposit yang dibuat dari potongan-potongan kayu dan serbuk gergajian. Papan partikel ialah papan buatan yang terbuat dari limbah gergaji kayu atau bahan selulosa yang diikat menggunakan perekat dan bahan tambahan lainnya dengan proses tekanan, suhu yang cukup tinggi dan dalam waktu tertentu. Menurut (Pratama, 2016), Papan partikel adalah salah satu jenis produksi/suatu panel yang dibuat dalam bentuk potongan kecil atau partikel dicampur dengan perekat sintetis atau perekat lain yang sesuai dan direkat bersama-sama dibawah tekanan suatu alat kempa dingin dan di *curing* agar terjadi ikatan antara partikel dan perekat yang telah ditambahkan.

Menurut (Roihan, 2015), Papan partikel adalah suatu jenis produk komposit yang terbuat dari partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa yang diikat dengan perekat dengan cara dikempa. Dibandingkan dengan

kayu, papan partikel mempunyai kelebihan diantaranya, yaitu papan partikel bebas mata kayu, kerapatan dan ukurannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan sekitar, serta mudah dikerjakannya. Pada umumnya papan partikel terbuat dari limbah kayu industri penggergajian berupa serbuk kayu dan potongan kayu. Akan tetapi, sekitar 80% hasil kayu hutan Indonesia dimanfaatkan untuk produk jadi dikarenakan kayu-kayu hasil hutan Indonesia memiliki kualitas yang baik.

Berdasarkan kerapatan/tipe papan partikel dibedakan menjadi 3 macam (Pratama, 2016), yaitu:

1. Papan partikel berkerapatan rendah (*Low Density Particleboard*)

Papan partikel berkerapatan rendah merupakan papan partikel yang mempunyai kerapatan kurang dari 0.4 gram/cm^3 atau berat jenis kurang dari 0.59 gram/cm^3 .

2. Papan partikel berkerapatan sedang (*Medium Density Particleboard*)

Papan partikel berkerapatan sedang merupakan papan partikel yang mempunyai kerapatan dari $0.4 - 0.8 \text{ gram/cm}^3$ atau berat jenis kurang dari $0.59 - 0.80 \text{ gram/cm}^3$.

3. Papan partikel berkerapatan tinggi (*High Density Particleboard*)

Papan partikel berkerapatan tinggi merupakan papan partikel yang mempunyai kerapatan lebih dari 0.8 gram/cm^3 atau berat jenis lebih dari 0.80 gram/cm^3 .

2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Limbah tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah utama sebesar 23% berasal dari proses pengolahan kelapa sawit. Setiap pengolahan 1ton tandan buah segar menghasilkan tandan kosong kelapa sawit sebesar 22-23% atau 220-230 kg. Selama ini limbah tandan kosong kelapa sawit dimanfaatkan untuk ditimbun (*open dumping*) dan dibakar dalam incinerator (Warsito, 2016). Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah padat kelapa sawit dengan jumlah yang banyak sehingga dijadikan sebagai pupuk kompos. Selain itu, limbah tandan kosong dilibatkan pada proses pembakaran. Proses

pembakaran tandan kosong menghasilkan sumber kalium. Namun, abu terbang hasil pembakaran menimbulkan polusi udara (Harahap, 2020).



Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit memiliki keunggulan antara lain kandungan kalium tinggi, tanpa penambahan *starter* dan bahan kimia, memperkaya hara didalam tanah, dan mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi (Subagio, 2018). Tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi kimia berupa selulosa sebesar 45,95%, hemiselulosa sebesar 16,49%, lignin sebesar 16,49%, minyak sebesar 2,41%, dan abu sebesar 1,23%. Berdasarkan komposisi kimia yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit maka berpotensi untuk dijadikan bahan baku industri seperti papan partikel dan mengolahnya menjadi produk mebel atau *furniture* rumah tangga (Lubis, 2022).

2.4 Pelepah Kelapa Sawit

Pelepah kelapa sawit adalah salah satu limbah dari perkebunan kelapa sawit dari sisa tanaman yang tertinggal pada saat permanen dan pemangkasan kelapa sawit yang belum banyak dimanfaatkan dengan baik. Pelepah kelapa sawit biasanya ditumpuk disekitar pohon kelapa sawit sebagai pakan ternak dan pupuk kompos atau dibakar hingga menjadi abu untuk dimanfaatkan sebagai pupuk kalium (Sulaiman, 2019). Pada tanaman dewasa sawit ditemukan antara 40-50 pelepah atau lebih dengan panjang mencapai 7,5-0 meter, dengan produksi perbatang mencapai 27 pelepah setiap tahunnya tergantung umur tanaman sawit dan jenis unsur tanannya. Siklus pemangkasan pada kelapa sawit ini terjadi setiap 14 hari, yang dimana setiap pemangkasan kelapa sawit mempunyai lahan yang ditanami sekitar 148

pohon. Oleh karena itu, setiap 14 hari mampu menghasilkan 4.440 kg atau 8.800 kg/bulan setiap hektar (Suherman, 2021).



Gambar 2.2 Pelepah Kelapa Sawit
(Sumber: Suherman, 2021)

Pada pelepah kelapa sawit terdapat kandungan nutrisi bahan kering (% BK) yang sama dengan rumput alam yang ada di padang penggembalaan. Banyak jenis zat yang terkandung dalam pelepah kelapa sawit ini diantaranya seperti bahan kering sebesar 48,78%, hemiselulosa sebesar 21,11%, selulosa sebesar 27,9%, sedangkan kandungan serat kasar pada pelepah kelapa sawit sebesar 31,09%, lignin sebesar 31,09%, dan silika sebesar 0,6%, serta abu pelepah sebesar 4,48%. Kandungan selulosa adalah suatu kualitas selulosa yang paling tinggi (murni). Dengan mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi ini maka dapat berpotensi pelepah kelapa sawit ini dapat diolah lebih lanjut dan memperoleh hasil dengan berbagai manfaat dan meningkatkan nilai ekonomi (Suherman, 2021).

2.5 Polyvinyl Acetate (PVAc)

Polyvinyl acetate atau biasa disebut PVAc merupakan bahan baku pembuatan lem kertas, lebih fleksibel dan bersifat asam lemah, serta hidrofobik yang dapat larut dalam pelarut aromatik seperti *karbon tetraklorida* dan tidak larut dalam bensin, minyak, lemak, alkohol dan pelarut alifatik. Kegunaan *polyvinyl acetate* antara lain untuk bahan perekat kayu, dan untuk melindungi kayu dari jamur dan kelembaban (Asni, 2015).

PVAc merupakan perekat yang cocok digunakan untuk bahan kertas dan kayu. Perekat PVAc dinilai ramah lingkungan dibanding penggunaan resin

karena PVAc termasuk polimer karet yang bersifat *biodegradable*. Sifat PVAc yang lunak dan berpori, kertas dan serabut kelapa berpotensi untuk dijadikan bahan panel serap bunyi (Setyanto, 2011).

Penggunaan PVAc banyak digunakan pada industri per kayu karena mudah dalam penggunaannya dan memberi keteguhan rekat yang tinggi pada kelembapan temperatur normal. Perakat *polyvinyl asetat* memiliki keunggulan dan kekurangan (Hanif, 2020) diantaranya:

- a. Keunggulan perakat *polyvinyl asetat*
 1. Mudah dalam penggunaan.
 2. Garis perekatannya baik dan bersih.
 3. Memiliki waktu simpan yang lama.
 4. Tahan terhadap serangan mikroorganisme.
 5. Tidak mencemari kayu dan meninggalkan bercak.
 6. Memerlukan tekanan kempa rendah dalam pengerjaan perekatan.
 7. Dapat menutup celah (*gap-filing*).
- b. Kelemahan perakat *polyvinyl asetat*
 1. Sangat sensitif terhadap air
 2. Kekuatan rekatnya menurun pada saat terkena panas dan air.
 3. Sifat visko elastisitas tidak baik sehingga terjadi *creep* besar dan ketahanan terhadap *fatigue* rendah.

2.6 Resin Epoxy

Resin merupakan suatu material polimer yang kaku atau semi kaku pada suhu kamar. Sedangkan *epoxy* merupakan polimer *thermosetting* yang merupakan produk reaksi dari resin *epoxy* dan hardener amini. Maka dari itu, resin *epoxy* merupakan ikatan kimia yang digunakan dalam preparat lapisan khusus atau perakat. Polimer yang masih digunakan yaitu *epoxy vinylester* (*polyester thermosetting*), plastik, dan resin *denol formaldehid* (Rahayu, 2018).

Resin *epoxy* merupakan suatu material termoset yang mudah digunakan dan cepat mengeras pada saat temperatur 5°C hingga 150°C. Adapun kelebihan dari resin ini ialah bersifat tahan aus dan tahan fatik. Sedangkan

resin *epoxy* memiliki kekurangan diantaranya kekuatan rendah, peka terhadap takik dan bersifat getas. Maka dari itu resin *epoxy* ini dapat dicampurkan dengan serbuk material penguat agar sifat getas dan kekuatan yang kurang dapat diperbaiki (Suyoko, 2020). Resin *epoxy* memiliki keunikan tersendiri diantara resin termoset lainnya yaitu:

- a. Tekanan minimum diperlukan dalam proses fabrikasi produk.
- b. Penyusutan saat mengeras relatif kecil sehingga memperkecil tegangan sisa yang terjadi pada produk.
- c. Pemilihan hardener yang digunakan pada temperatur dapat mengendalikan derajat *crosslinking* yang baik.

2.7 Mesh Partikel

Mesh partikel merupakan suatu alat yang dapat menyaring partikel menjadi ukuran yang sudah ditentukan dengan ukuran *mesh*. *Mesh* adalah jumlah lubang yang terdapat pada ayakan tiap 1 *inch* persegi. Semakin besar angka *mesh* maka ukuran lubang akan semakin kecil (Pratama, 2016). Material komposit memiliki penyusun berbentuk ukuran partikel yang sangat berpengaruh. Bentuk, orientasi, distribusi, dan ukuran dari penguat sangat berpengaruh besar dalam pembentukan sifat suatu material komposit (Yani, 2018). Partikel yang ukuran lebih besar akan memiliki nilai konduktivitas lebih kecil. Akan tetapi, ukuran partikel yang lebih kecil akan memiliki konduktivitas lebih besar. Oleh karena itu, ukuran suatu partikel sangat berpengaruh terhadap terjadinya rongga pada komposit papan partikel.

Tabel 2.2 Ukuran *Mesh*

Ukuran <i>mesh</i>	Milimeter	Mikron
10	2	2.000
18	1	1.000
28	0,7	700
30	0,595	595
35	0,5	500
40	0,42	420
60	0,25	250
80	0,177	177
100	0,149	149

2.8 Proses Pengujian

Pengujian komposit papan partikel ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari penelitian menggunakan metode karakteristik. Adapun karakteristik material berdasarkan SNI 03-2105-2006 sebagai acuan dalam menentukan kualitas papan partikel dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik dari Papan Partikel

No.	Sifat fisik dan mekanik	SNI 03-2105-2006
1.	Kerapatan (gr/cm^3)	0,40-0,90
2.	Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
3.	Kadar Air (%)	Maks 14
4.	<i>Modulus of Rupture</i> (kgf/cm^2)	Min 82
5.	<i>Modulus of Elasticity</i> (kgf/cm^2)	Min 20.400

Pada penelitian ini dilakukan pengujian fisis dan mekanis yaitu pengujian densitas, pengujian pengembangan tebal, pengujian kadar air, MOR (*Modulus of Rupture*), dan MOE (*Modulus of Elasticity*). Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut terkait pengujian karakteristik antara lain:

2.8.1 Pengujian Densitas

Pengujian densitas merupakan pengujian yang dilakukan dengan cara menimbang massa sampel kering dan dibagi dengan volume sampel. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 nilai densitas berkisar 0,4 – 0,9 g/cm^3 . Berikut rumus dari densitas antara lain:

$$\text{Densitas} = \frac{M_k}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

M_k = Massa sampel pada saat kering (gram)

V = Volume sampel (cm^3)

2.8.2 Pengujian Pengembangan Tebal

Pengujian pengembangan tebal merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui daya serap air terhadap papan partikel. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 nilai pengembangan tebal tidak melebihi 12%. Berikut rumus dari pengembangan tebal antara lain:

$$\text{Pengembangan tebal}(\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

T_1 = Tebal sebelum perendaman (mm)

T_2 = Tebal sesudah perendaman (mm)

2.8.3 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air merupakan pengujian yang dilakukan dengan cara menghitung massa awal dan massa kering. Massa kering diperoleh sesudah dioven setiap 2 jam selama 24 jam. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 nilai kadar air tidak melebihi 14%. Berikut rumus dari daya kadar air antara lain:

$$\text{Kadar air(\%)} = \frac{ma - mk}{mk} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

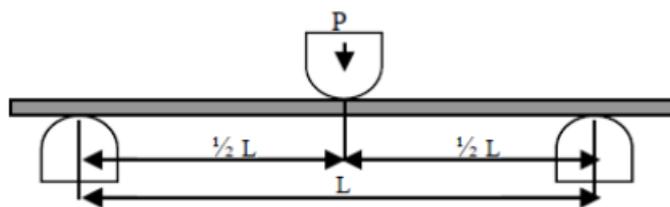
Dimana:

ma = Massa awal (g)

mk = Massa kering (g)

2.8.4 Pengujian *Modulus of Rupture* (MOR)

Pengujian kekuatan patah dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap pembebanan yang diberikan pada titik lentur (Parulian, 2015). Berdasarkan standar ASTM D790 ukuran spesimen (8 x 1.5 x 0.6) cm³.



Gambar 2.3 Titik Pembebanan Uji Bending
(Sumber: Parulian, 2015)

Berikut rumus yang dapat digunakan dalam menentukan MOR antara lain:

$$MOR = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

MOR = Modulus patah (*MPa*)

P = Massa beban sampai patah (*N*)

L = Jarak sangga (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

h = Tebal benda uji (mm)

2.8.5 Pengujian *Modulus of Elasticity* (MOE)

Pengujian kekuatan lentur (MOE) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan spesimen dalam mempertahankan perubahan bentuk terhadap pembebanan. Berdasarkan standar ASTM D790 ukuran spesimen lebar 8 cm x 1.5 cm x 0.6 cm. Berikut rumus dalam menentukan MOE antara lain:

$$MOE = \frac{L^3 m}{4bh^3} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

MOE = Modulus lentur (*MPa*)

L = Jarak sangga (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

h = Tebal benda uji (mm)

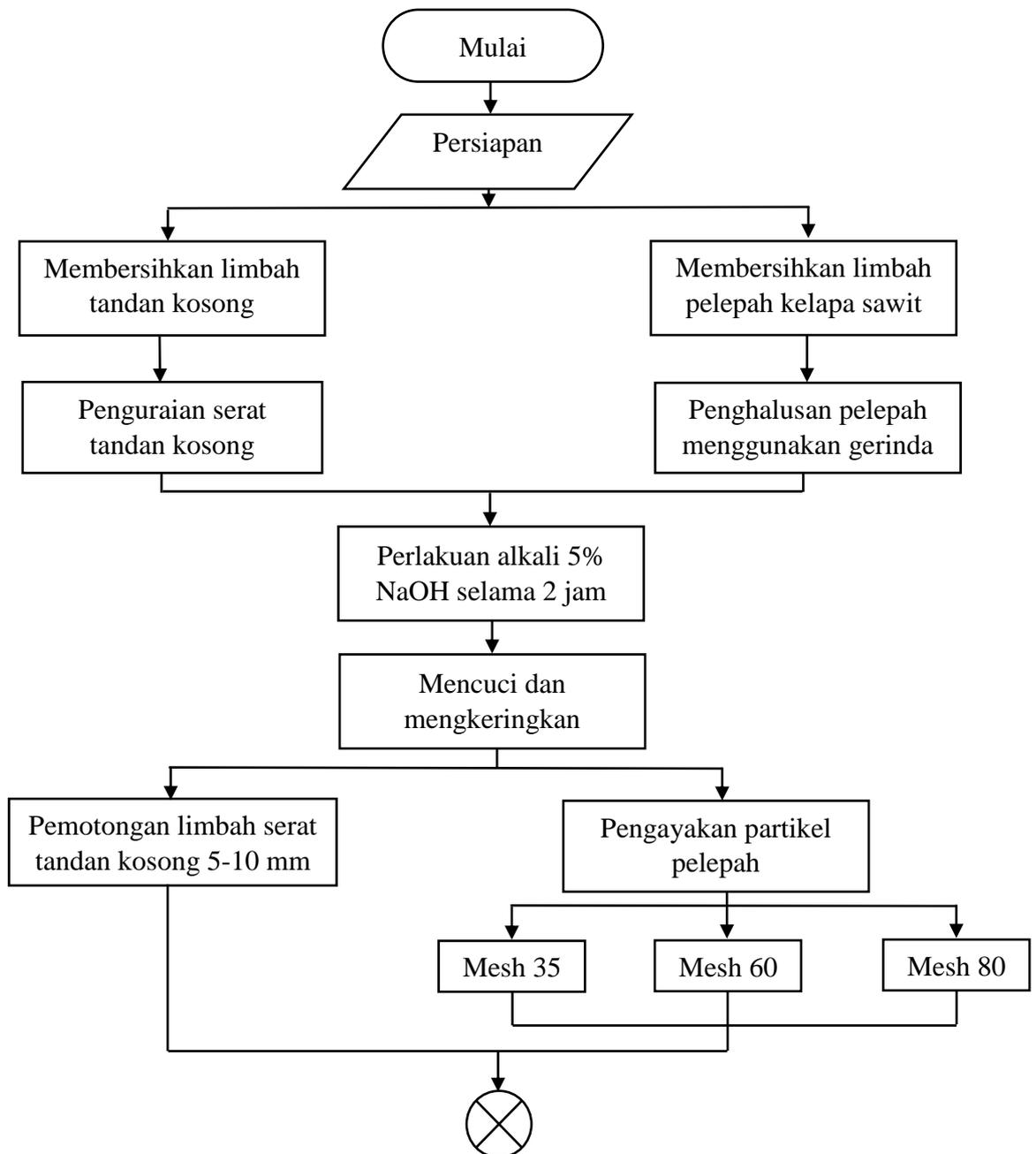
m = *slope tangent* pada kurva beban defleksi (*N/mm*)

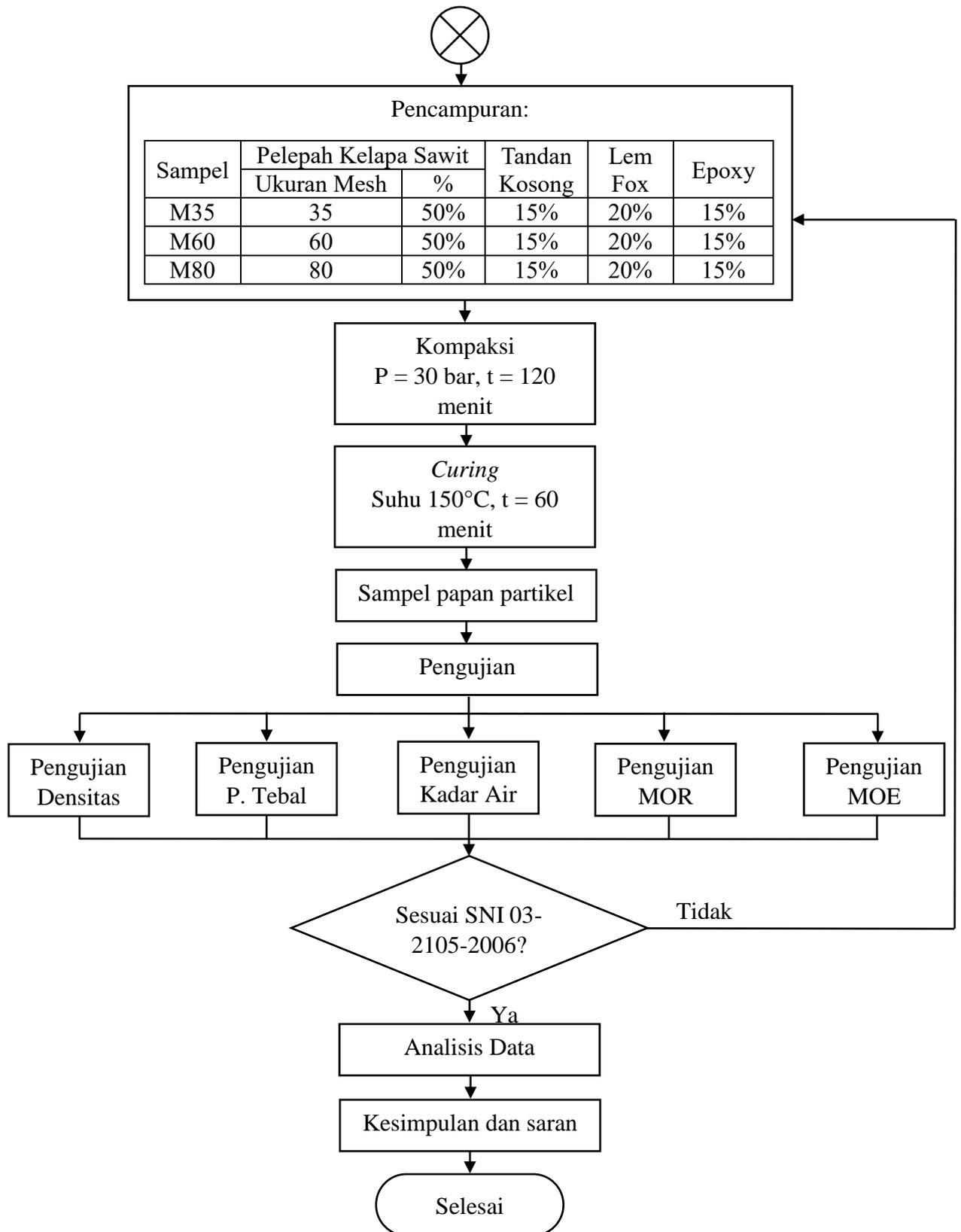
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir yang digunakan pada penelitian ini yang dapat menggambarkan proses dimulai dari persiapan hingga analisa hasil pengujian. Berikut merupakan diagram alir penelitian:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang dapat digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

3.2.1 Alat Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat- alat yang digunakan dalam proses pembuatannya. Alat yang digunakan yaitu sebagai berikut.

1. Ayakan (*35 mesh, 60 mesh, 80 mesh*)

Berfungsi untuk menyaring partikel pelepah kelapa sawit.



Gambar 3.2 Ayakan

2. Mesin *press*

Berfungsi untuk menekan (*press*) spesimen pada cetakan.



Gambar 3.3 Mesin *press*

3. Cetakan

Berfungsi untuk membuat spesimen uji.



Gambar 3.4 Cetakan

4. *Universal Testing Machine (UTM)*

Berfungsi untuk mengukur pengujian keteguhan lentur dan keteguhan patah.



Gambar 3.5 *Universal Testing Machine (UTM)*

5. Gerinda

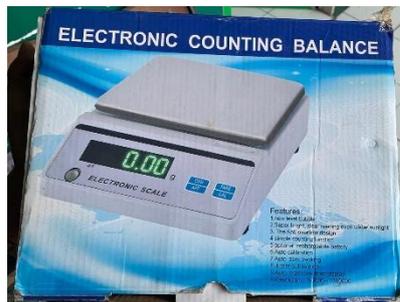
Berfungsi untuk menghalus partikel pelepah kelapa sawit.



Gambar 3.6 Gerinda

6. Neraca Digital

Berfungsi untuk mengukur berat bahan dan spesimen uji.



Gambar 3.7 Neraca Digital

7. Gelas Ukur

Berfungsi sebagai wadah dalam mengukur berat bahan.



Gambar 3.8 Gelas Ukur

8. Alat Pengaduk (*mixer*)

Berfungsi untuk mengaduk bahan komposit hingga merata.



Gambar 3.9 Alat Pengaduk

9. Jangka sorong

Berfungsi untuk mengukur spesimen uji.



Gambar 3.10 Jangka Sorong

10. Oven

Berfungsi sebagai alat dalam pengujian kadar air spesimen uji.



Gambar 3.11 Oven

11. Gunting

Berfungsi untuk memotong serat tandan kosong kelapa sawit.



Gambar 3.12 Gunting

12. Sarung tangan APD

Berfungsi untuk melindungi tangan dan mengatasi cedera pada saat penelitian.



Gambar 3.13 Sarung tangan APD

3.2.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang dapat digunakan dalam penelitian ini yaitu.

1. Partikel pelepah kelapa sawit

Berfungsi sebagai *filler*/pengisi pada pembuatan papan partikel.



Gambar 3.14 Partikel Pelepah Kelapa Sawit

2. Serat tandan kosong kelapa sawit

Berfungsi sebagai *fiber*/penguat pada pembuatan papan partikel.



Gambar 3.15 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

3. Perekat PVAc

Berfungsi sebagai matriks pada pembuatan papan partikel.



Gambar 3.16 Polyvinyl Acetate

4. Resin Epoksi

Berfungsi sebagai matriks pada pembuatan papan partikel.



Gambar 3.17 Resin Epoksi

5. NaOH

Berfungsi untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, serta meningkatkan zat selulosa.



Gambar 3.18 NaOH

6. Aquades

Berfungsi untuk membersihkan *glass ware*.



Gambar 3.19 Aquades

3.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini mempunyai beberapa jenis variabel sebagai berikut.

a. Variabel bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah rasio ayakan partikel pelepah kelapa sawit yaitu 35 *mesh*, 60 *mesh* dan 80 *mesh*.

b. Variabel terikat

Variabel terikat dari penelitian ini adalah densitas, pengembangan ketebalan, kadar air, keteguhan lentur, dan keteguhan patah.

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol dari penelitian ini adalah jenis serat, jenis matriks, waktu perendaman NaOH, dan metode pembuatan papan partikel.

3.4 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tahapan penelitian yang diperlukan dalam penelitian. Berikut merupakan tahapan prosedur penelitian yang dapat digunakan antara lain:

3.4.1 Pembuatan Partikel dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit

Pada tahap ini yaitu pembuatan serbuk pelepah yang akan digunakan sebagai *filler*. Tahap pertama yaitu menyiapkan dan mencuci limbah padat pelepah kelapa sawit. Selanjutnya menjemur limbah pelepah kelapa sawit di bawah sinar matahari untuk menurunkan kadar air. Setelah itu proses penghalusan pelepah dengan gerinda hingga menjadi partikel. Setelah menjadi partikel, dilakukan perlakuan alkali terhadap partikel menggunakan 5% NaOH selama 2 jam, mencuci partikel pelepah menggunakan air bersih agar efek dari NaOH bisa direduksi dan dijemur hingga kering. Langkah terakhir yaitu mengayak partikel menggunakan ukuran 35 *mesh*, 60 *mesh*, dan 80 *mesh*.



Gambar 3.20 Pembuatan Partikel Pelepah Kelapa Sawit

3.4.2 Pembuatan Serat dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pada tahap ini yaitu pembuatan serat dari limbah tandan kosong kelapa sawit yang akan digunakan sebagai *fiber*/penguat. Tahap pertama yang dilakukan adalah menyiapkan limbah tandan kosong kelapa sawit. Selanjutnya membersihkan dan menjemur limbah tandan kosong agar serat mudah terurai. Setelah itu dilakukan penguraian serat. Setelah penguraian serat, langkah selanjutnya melakukan perlakuan alkali terhadap serat menggunakan 5% NaOH selama 2 jam. Setelah proses alkalisasi, mencuci serat menggunakan air bersih agar efek dari NaOH bisa direduksi. Langkah terakhir yaitu memotong serat tandan kosong dengan panjang 5-10 mm menggunakan alat potong.



Gambar 3.21 Pembuatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

3.4.3 Penimbangan Bahan Penyusun

Pada tahap ini yaitu proses penimbangan bahan penyusun untuk pembuatan papan partikel komposit ini. Proses penimbangan bahan yang akan dilakukan menggunakan neraca digital diantaranya penimbangan serbuk pelepah sebesar 50%, penimbangan serat tandan kosong sebesar 15%, penimbangan PVAc sebesar 20%, penimbangan resin epoxy sebesar 15%. Penentuan persentase bahan ini mengacu pada ukuran bahan yang akan dibuat.



Gambar 3.22 Penimbangan Bahan Penyusun

3.4.4 Pembuatan Papan Partikel

Pada tahap ini yaitu proses pembuatan papan partikel. Tahap pertama yang dilakukan setelah penimbahan bahan penyusun dilakukan yaitu proses pencampuran (*mixing*) bahan penyusun hingga merata sesuai komposisi yang sudah di tentukan. Langkah selanjutnya menuangkan adonan ke dalam cetakan yang tersedia. Setelah itu melakukan proses kompaksi menggunakan teknik *cold press single punch* pada tekanan 30 bar dalam waktu 120 menit. Setelah proses kompaksi selesai, spesimen dikeluarkan dari cetakan dan diberikan perlakuan *curing* pada suhu 150°C selama 60 menit.



Gambar 3.23 Pembuatan Papan Partikel

3.5 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

Adapun teknik pengumpulan data menggunakan metode karakteristik ini dapat dilakukan beberapa pengujian. Berikut merupakan pengujian lebih lanjut antara lain:

3.4.1 Densitas

Pengujian densitas atau kerapatan dilakukan dengan mengukur volume dari sampel kering dibagi dengan massa kering sampel. Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan pengujian densitas antara lain:

1. Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran $(3 \times 3 \times 1,5) \text{ cm}^3$.
2. Melakukan pengukuran panjang dan lebar pada kedua sisi papan partikel, 5 cm dari tepi dengan ketelitian 0,01 mm.
3. Melakukan pengukuran ketebalan pada keempat sisi sudutnya.

4. Melakukan penimbangan untuk menentukan massanya dengan ketelitian 0,01 g.
5. Melakukan pengukuran rata-rata panjang, lebar, dan tebalnya untuk menentukan volume.
6. Nilai kerapatan dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.1.



Gambar 3.24 Uji Densitas

3.4.2 Pengembangan Tebal

Pengujian pengembangan tebal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui daya serap air terhadap papan partikel. Berikut merupakan tahapan dalam pengujian pengembangan tebal antara lain:

1. Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran $(3 \times 3 \times 1,5) \text{ cm}^3$.
2. Melakukan pengukuran tebal pada bagian tengahnya menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm.
3. Melakukan perendaman di bawah permukaan air secara mendatar dengan suhu kamar dan di rendam selama 24 jam.
4. Mengangkat sampel setelah 24 jam.
5. Nilai pengembangan tebal dapat dihitung rumus persamaan 2.2.



Gambar 3.25 Uji Pengembangan Tebal

3.4.3 Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat di dalam papan partikel. Berikut merupakan tahapan pengujian kadar air antara lain:

1. Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran $(3 \times 3 \times 1,5) \text{ cm}^3$ dan ditimbang untuk menentukan berat awal dengan ketelitian 0,01 g.
2. Memasukan sampel ke dalam oven pada suhu 103°C .
3. Menghitung selang waktu 2 jam untuk setiap penimbangan.
4. Nilai kadar air dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.3.



Gambar 3.26 Uji Kadar Air

3.4.4 MOR (*Modulus of Rupture*)

Pengujian *modulus of rupture* dilakukan untuk mengetahui kekuatan maksimum spesimen ketika diberikan pembebanan hingga mengalami patah. Berikut merupakan tahapan pengujian *modulus of rupture* antara lain:

1. Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran $(8 \times 1.5 \times 0.6) \text{ cm}^3$.
2. Melakukan pengukuran panjang, lebar, dan tebalnya.
3. Meletakkan sampel pada penyangga menggunakan lebar bentang.
4. Meletakkan beban pada bagian pusat dengan kecepatan 2 mm/menit, tanpa di catat defleksinya.
5. Nilai MOR dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.4.



Gambar 3.27 Uji *Modulus of Rupture*

3.4.5 MOE (*Modulus of Elasticity*)

Pengujian *modulus of elasticity* dilakukan untuk mengetahui kekuatan spesimen ketika diberikan pembebanan. Berikut merupakan tahapan pengujian *modulus of elasticity* antara lain:

1. Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran $(8 \times 1.5 \times 0.6) \text{ cm}^3$.
2. Melakukan pengukuran panjang, lebar, dan tebalnya.
3. Meletakkan sampel pada penyangga UTM dengan menggunakan lebar bentang
4. Meletakkan beban pada bagian pusat dengan kecepatan 2 mm/menit, kemudian di catat defleksinya.
5. Nilai MOE dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.5.



Gambar 3.28 Uji *Modulus of Elasticity*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Bahan-Bahan Penyusun Papan Partikel

Pada penelitian pembuatan papan partikel komposit ini terdapat beberapa bahan penyusun. Bahan penyusun papan komposit ini yaitu partikel pelepah sawit dengan ukuran *mesh* sebesar 35, 60, dan 80, serat tandan kosong dengan panjang 5-10 mm, lem PVAc, dan resin *epoxy*. Perhitungan bahan yang digunakan meliputi persentase masing-masing bahan, kerapatan bahan, dan volume dari cetakan. Adapun perhitungan bahan pada pengujian sifat fisis dan mekanis sebagai berikut.

Tabel 4.1 Kerapatan bahan

Bahan	Persentase (%)	Kerapatan ($\frac{gr}{cm^3}$)
Pelepah kelapa sawit	50	0,43
Tandan kosong kelapa sawit	15	0,24
Resin <i>Epoxy</i>	15	1,10
PVAc	20	1,07
Total	100	

4.1.1 Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Fisis

Bahan komposit sampel fisis memiliki ukuran 10 x 5 x 3 cm. Adapun perhitungan bahan komposit sampel fisis antara lain:

Tabel 4.2 Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Fisis

Bahan	Perhitungan	Hasil (gr)
Pelepah Kelapa Sawit	50% x 150 x 0,43	32,25
Tandan Kosong Kelapa Sawit	15% x 150 x 0,24	5,4
Resin <i>Epoxy</i>	15% x 150 x 1,1	24,75
Lem PVAc	20% x 150 x 1,07	32,1
Total		94,45

Berdasarkan Tabel 4.2 bahwa kebutuhan bahan komposit yang digunakan pada pembuatan sampel fisis papan partikel yaitu pelepah kelapa sawit sebanyak 32,25 gram, tandan kosong kelapa sawit sebanyak 5,4 gram, resin epoksi sebanyak 24,75 gram, dan lem PVAc sebanyak 32,1 gram sehingga total semua bahan 94,45 gram. Semua bahan dicampurkan menggunakan alat pengaduk selama 10 menit.

4.2.2 Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Mekanis

Bahan komposit sampel mekanis memiliki ukuran 10 x 5 x 1,5 cm. Adapun perhitungan bahan komposit sampel mekanis antara lain:

Tabel 4.3 Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Mekanis

Bahan	Perhitungan	Hasil (gr)
Pelepah Kelapa Sawit	$50\% \times 75 \times 0,43$	16,125
Tandan Kosong Kelapa Sawit	$15\% \times 75 \times 0,24$	2,7
Resin <i>Epoxy</i>	$15\% \times 75 \times 1,1$	12,375
Lem PVAc	$20\% \times 75 \times 1,07$	16,05
Total		47,25

Berdasarkan Tabel 4.3 bahwa kebutuhan bahan komposit yang digunakan pada pembuatan sampel mekanis papan partikel yaitu pelepah kelapa sawit sebanyak 16,125 gram, tandan kosong kelapa sawit sebanyak 2,7 gram, resin epoksi sebanyak 12,375 gram, dan lem PVAc sebanyak 16,05 gram sehingga total semua bahan 47,25 gram. Semua bahan dicampurkan menggunakan alat pengaduk selama 10 menit.

4.2. Pengujian Sifat Fisis

Pada papan partikel ini akan dilakukan beberapa pengujian sifat fisis dengan tujuan untuk mengetahui sifat dari papan komposit tersebut. Adapun pengujian fisis yang akan dilakukan yaitu densitas, pengembangan tebal, dan kadar air.

4.2.1 Pengujian Densitas

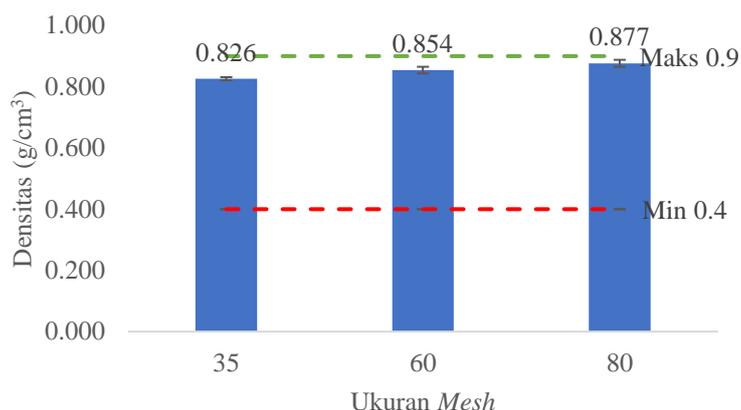
Densitas secara teoritis adalah massa per satuan volume. Variasi dari ukuran *mesh* akan mempengaruhi densitas bahan komposit. Nilai densitas

dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.1. Adapun hasil pengujian dari densitas atau kerapatan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Densitas

Variabel Mesh	Sampel	Massa (gr)	Volume (cm ³)	Hasil (gr/cm ³)	Standar Deviasi	Rata-Rata (gr/cm ³)
35	1	12,67	15,228	0,832	0,005	0,826
	2	12,28	14,893	0,825		
	3	12,32	14,989	0,822		
60	1	12,29	14,561	0,844	0,011	0,854
	2	12,11	14,186	0,854		
	3	12,04	13,909	0,866		
80	1	12,45	14,232	0,875	0,011	0,877
	2	12,05	13,909	0,866		
	3	12,04	13,545	0,889		

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa hasil densitas tertinggi pada papan komposit ini didapatkan pada ukuran *mesh* 80 dengan nilai sebesar 0,877 gr/cm³. Sedangkan nilai densitas terendah terdapat pada papan komposit dengan ukuran *mesh* 35 dengan nilai 0,826 gr/cm³. Sedangkan papan komposit dengan ukuran *mesh* 60 didapatkan nilai densitas sebesar 0,854 gr/cm³. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel bahwa nilai dari densitas berkisar 0,4 – 0,9 g/cm³. Mengacu pada standar tersebut ketiga ukuran *mesh* tersebut sudah memenuhi standar yang berlaku. Hasil penelitian ini diperkuat berdasarkan penelitian Parulian (2015) dan penelitian Sunardi (2017) diperoleh nilai densitas terbaik pada *mesh* 80 dengan nilai 0,985 g/cm³. Maka dari itu semakin besar nilai ukuran *mesh* maka semakin kecil ukuran butiran *filler* sebagai pengisi komposit, sehingga ikatan antar partikel semakin baik dan dapat meningkatkan nilai kerapatan komposit. Hal ini disebabkan karena penyebaran partikel yang merata dalam pembuatan papan komposit. Ukuran *mesh* yang besar akan berikatan baik dengan perekat sehingga udara yang terdapat pada papan komposit lebih sedikit (Desiasni, 2023). Adapun grafik dari pengujian densitas ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Pengujian Densitas

4.2.2 Pengujian Kadar Air

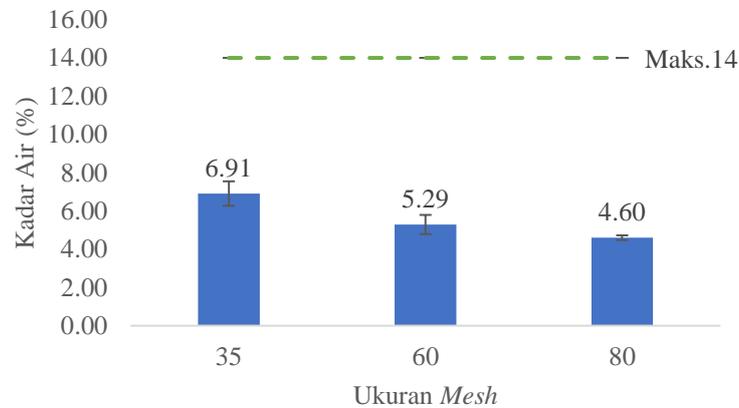
Pengujian kadar air dilakukan dengan cara menghitung massa awal dan massa kering. Massa kering diperoleh sesudah dioven setiap 2 jam selama 24 jam. Nilai kadar air dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.3. Adapun hasil pengujian dari kadar air yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Air

Variabel Mesh	Sampel	ma(gr)	mk (gr)	Hasil (%)	Standar Deviasi	Rata-Rata (%)
35	1	12,67	11,77	7,65	0,640	6,91
	2	12,28	11,53	6,50		
	3	12,32	11,56	6,57		
60	1	12,36	11,80	4,75	0,502	5,29
	2	12,17	11,51	5,73		
	3	12,12	11,5	5,39		
80	1	12,20	11,68	4,45	0,127	4,60
	2	12,11	11,57	4,67		
	3	12,09	11,55	4,68		

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa persentase kadar air cenderung mengalami penurunan seiring kenaikan ukuran *mesh*. Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung didalam papan komposit. Nilai kadar air terbaik adalah nilai persentase terkecil karena sifat dari papan komposit yang mencerminkan banyaknya air yang terkandung pada

komposit dalam kesetimbangan dengan lingkungan sekitar (Desiasni, 2023). Hasil pengujian kadar air terendah diperoleh pada ukuran *mesh* 80 persentase sebesar 4,60%. Sedangkan nilai kadar air tertinggi didapatkan pada ukuran *mesh* 35 persentase sebesar 6,91%. Pada ukuran *mesh* 60 didapatkan persentase sebesar 5,29%. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel bahwa kadar air papan partikel kurang dari 14%. Dilihat dari standar yang berlaku ukuran *mesh* 35, 60, dan 80 telah memenuhi standar kriteria dari papan partikel karena memiliki kemampuan yang rendah dalam menyerap air. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai ukuran *mesh* maka ukuran butiran *filler* semakin kecil sebagai pengisi sehingga banyaknya air yang terkandung di dalam papan komposit lebih sedikit. Kualitas papan partikel mengalami penurunan karena kandungan molekul air dalam komposit tinggi. Maka dari itu, perlakuan panas mengakibatkan rendahnya air yang terkandung didalam komposit tersebut (Sulaiman, 2019). Adapun grafik hasil pengujian kadar air papan komposit ini ditunjukkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut.

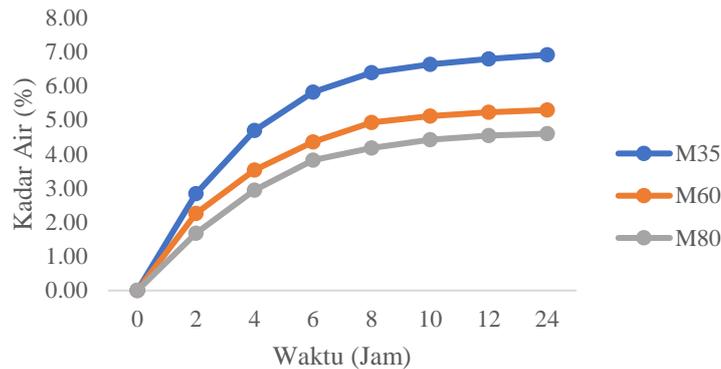


Gambar 4.2 Pengujian Kadar Air

Pada Gambar 4.2 menjelaskan bahwa nilai kadar air berbanding terbalik dengan nilai densitas. Dimana nilai densitas yang semakin tinggi memiliki ikatan yang kuat antar partikel, sehingga air yang terkandung didalam komposit lebih sedikit. Peristiwa ini ditunjukkan pada tabel 4.6 dan gambar 4.3 mengenai persentase selisih massa setelah dilakukan pengujian kadar air dengan selang waktu 2 jam selama 24 jam.

Tabel 4.6 Persentase Selisih Massa Pengujian Kadar Air

Variabel	Persentase Selisih Massa						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
M35	2,84	4,69	5,82	6,39	6,63	6,79	6,91
M60	2,26	3,53	4,36	4,93	5,11	5,23	5,29
M80	1,68	2,94	3,82	4,18	4,42	4,54	4,60

**Gambar 4.3** Persentase Massa Pengujian Kadar Air

4.2.3 Pengujian Pengembangan Tebal dan *Water Absorption*

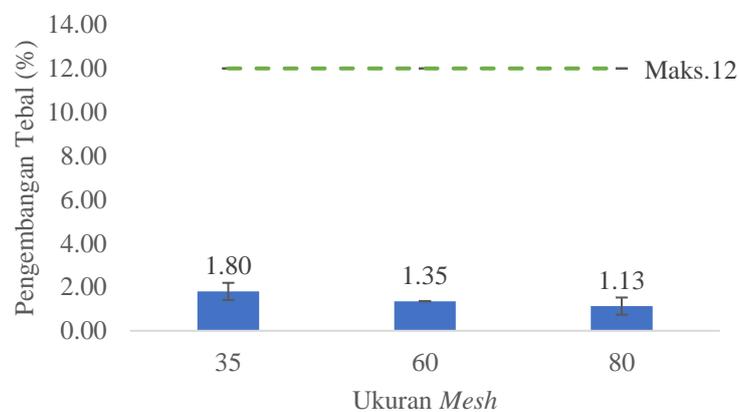
Pengujian pengembangan tebal dengan cara direndam dalam air selama 24 jam pada temperatur ruang. Persentase pengembangan tebal dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.2. Adapun hasil pengujian pengembangan tebal dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal

V. Mesh	Sampel	T2(mm)	T1(mm)	Hasil(%)	St.Deviasi	Rata-Rata(%)
35	1	15,10	14,80	2,03	0,395	1,80
	2	15,10	14,80	2,03		
	3	15,10	14,90	1,34		
60	1	15,10	14,90	1,34	0,009	1,35
	2	15,00	14,80	1,35		
	3	14,90	14,70	1,36		
80	1	15,00	14,80	1,35	0,393	1,13
	2	14,90	14,80	0,68		
	3	14,90	14,70	1,36		

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa persentase pengembangan tebal mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya ukuran *mesh*.

Nilai pengembangan tebal yang terbaik merupakan nilai persentase pengembangan terkecil karena mampu mengantisipasi penyerapan air terhadap papan partikel. Hasil pengujian pengembangan tebal terbaik pada ukuran *mesh* 80 dengan persentase 1,13%. Sedangkan nilai pengembangan tebal terkecil pada ukuran *mesh* 35 dengan persentase 1,80%. Pada ukuran *mesh* 60 didapatkan persentase sebesar 1,35%. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel bahwa pengembangan tebal pada papan partikel kurang dari 12%. Mengacu pada standar tersebut ketiga ukuran *mesh* 35, 60, dan 80 telah memenuhi standar kriteria papan partikel. Hasil penelitian ini dapat dibandingkan terhadap penelitian Andrian (2012) diperoleh nilai pengembangan tebal mengalami penurunan dengan nilai terbaik pada ukuran *mesh* 80 sebesar 1,59%. Maka dari itu, nilai rata-rata pengembangan tebal dari *filler* pelepah kelapa sawit lebih bagus dibandingkan menggunakan *filler* batang kelapa sawit. Hasil penelitian ini diperkuat dari penelitian Sunardi dkk, (2017) bahwa semakin tinggi ukuran *mesh* maka nilai pengembangan tebal semakin menurun. Adapun grafik pengujian pengembangan tebal dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



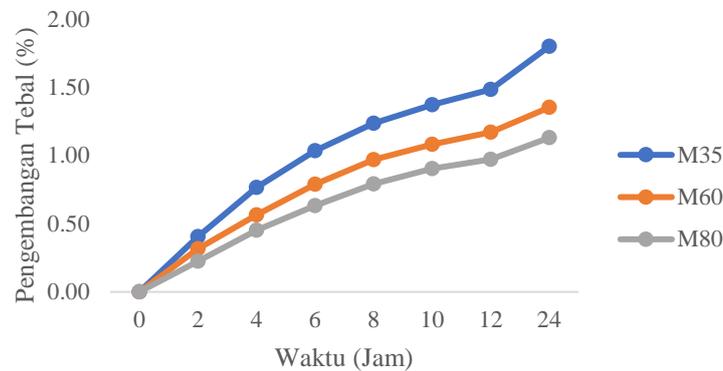
Gambar 4.4 Pengujian Pengembangan Tebal

Pada Gambar 4.4 menjelaskan bahwa secara teori pengembangan tebal berbanding terbalik dengan densitas karena semakin kecil ukuran butiran *filler* maka akan semakin kecil serapan air terhadap papan partikel. Penurunan persentase pengembangan tebal dipengaruhi dari peningkatan nilai densitas. Hal tersebut berdampak pada kuatnya ikatan antar partikel

(Sunardi, 2017). Peristiwa dapat diperjelas pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.5 mengenai persentase selisih tebal setelah dilakukan perendaman dengan selang waktu 2 jam selama 24 jam.

Tabel 4.8 Persentase Selisih Tebal Pengujian Pengembangan Tebal

Variabel	Persentase Selisih Tebal						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
M35	0,40	0,76	1,03	1,24	1,37	1,48	1,80
M60	0,32	0,56	0,79	0,97	1,08	1,17	1,35
M80	0,23	0,45	0,63	0,79	0,90	0,97	1,13



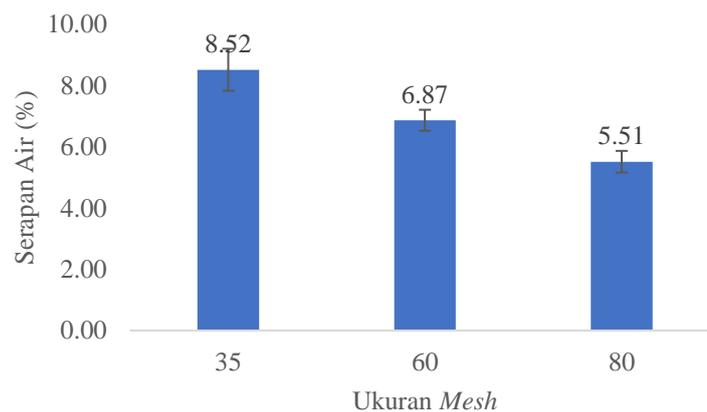
Gambar 4.5 Persentase Pengujian Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal dilakukan bersamaan dengan serapan air. Serapan air dilakukan untuk mengetahui berat setelah perendaman. Persentase serapan air dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.3. Adapun hasil dari pengujian serapan air dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Serapan Air

V. Mesh	Sampel	DS2(g)	DS1(g)	Hasil(%)	St.Deviasi	Rata-Rata(%)
35	1	13,08	12,12	7,92	0,687	8,52
	2	12,85	11,76	9,27		
	3	12,95	11,95	8,37		
60	1	12,81	12,03	6,48	0,343	6,81
	2	12,60	11,76	7,14		
	3	12,72	11,89	6,98		
80	1	12,65	12,03	5,15	0,354	5,51
	2	12,22	11,58	5,53		
	3	12,28	11,60	5,86		

Berdasarkan pada Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa persentase serapan air mengalami penurunan seiring besarnya ukuran *mesh*. Persentase serapan air terendah pada ukuran *mesh* 80 sebesar 5,51%. Sedangkan persentase tertinggi pada ukuran *mesh* 35 sebesar 8,52%. Papan komposit dengan ukuran *mesh* 60 memiliki persentase serapan air sebesar 6,87%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase hasil pengujian pengembangan tebal dan serapan air berbanding terbalik terhadap besarnya ukuran *mesh* yang digunakan. Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian Kusuma (2024) diperoleh persentase serapan air terbaik pada ukuran *mesh* 80 sebesar 50,78%. Maka dari itu, nilai rata-rata persentase serapan air dari *filler* pelepah kelapa sawit lebih rendah dibandingkan menggunakan *filler* bambu. Adapun grafik hasil pengujian serapan air papan partikel dapat dilihat pada Gambar 4.6 di bawah ini.

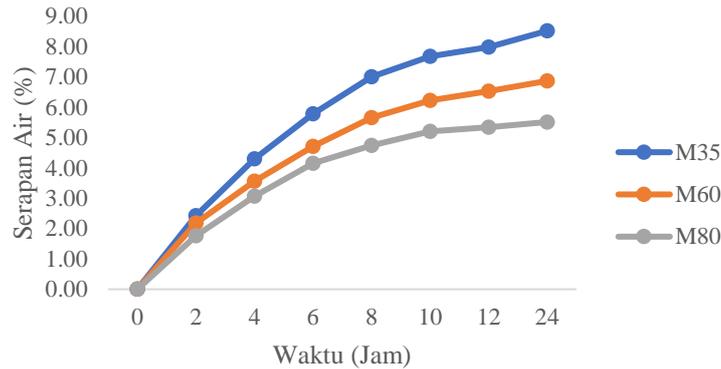


Gambar 4.6 Pengujian Serapan Air

Pada Gambar 4.6 menjelaskan bahwa serapan air akan meningkat seiring dengan pengembangan tebal namun berbanding terbalik dengan semakin tinggi ukuran *mesh* yang digunakan. Hal ini disebabkan semakin tinggi kerapatan bahan maka molekul air akan sulit mengisi rongga papan partikel komposit tersebut (Kusuma, 2024). Peristiwa ini ditunjukkan pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.7 mengenai persentase selisih massa setelah dilakukan perendaman dengan selang waktu 2 jam selama 24 jam.

Tabel 4.10 Persentase Selisih Massa Pengujian Serapan Air

Variabel	Persentase Selisih Berat						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
M35	2,43	4,30	5,78	7,01	7,68	7,99	8,52
M60	2,19	3,56	4,71	5,66	6,22	6,53	6,87
M80	1,76	3,07	4,15	4,75	5,20	5,34	5,51



Gambar 4.7 Persentase Massa Serapan Air

4.3. Pengujian Sifat Mekanis

Pada papan partikel ini akan dilakukan beberapa pengujian sifat mekanis dengan tujuan untuk mengetahui reaksi sampel terhadap gaya yang diberikan. Adapun pengujian mekanis yang akan dilakukan yaitu *modulus of rupture* (MOR) dan *modulus of elasticity* (MOE).

4.3.1 Pengujian *Modulus of Rupture*

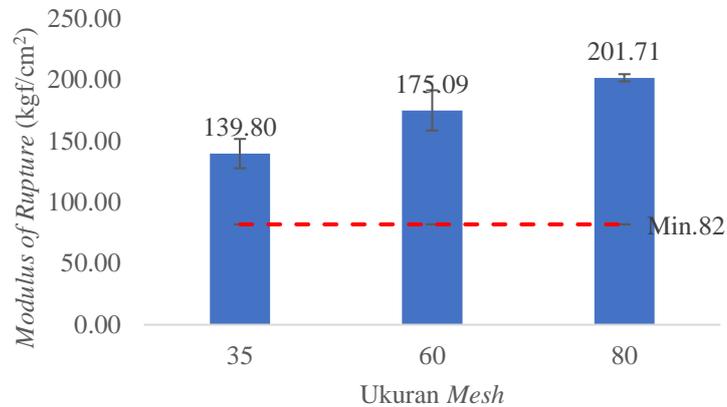
Modulus of rupture merupakan pengujian dalam mengetahui ketahanan maksimum suatu bahan terhadap pembebanan yang diberikan hingga mengalami patah. Pengujian ini menggunakan metode *Three Point Bending* dengan standar ASTM D790. Spesimen uji berukuran panjang 100 mm, lebar 15 mm, dan tebal 6 mm. Nilai *modulus of rupture* dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.4. Adapun hasil pengujian *modulus of rupture* dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian *Modulus of Rupture*

Variabel	Sampel	Hasil (kgf/cm ²)	Standar Deviasi	Rata-Rata (kgf/cm ²)
Mesh 35	1	130,72	11,96	139,80
	2	135,33		
	3	153,35		
Mesh 60	1	167,80	16,45	175,09
	2	163,55		
	3	193,93		
Mesh 80	1	205,03	2,97	201,71
	2	200,81		
	3	199,30		

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa nilai *modulus of rupture* mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan ukuran *mesh* yang digunakan. Nilai *modulus of rupture* terkecil pada ukuran *mesh* 35 dengan nilai 139,80 kgf/cm². Sedangkan nilai *modulus of rupture* tertinggi terjadi pada ukuran *mesh* 80 dengan nilai 201,71 kgf/cm². *Modulus of rupture* pada ukuran *mesh* 60 didapatkan nilai sebesar 175,09 kgf/cm². Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel bahwa *modulus of rupture* pada papan partikel minimal 82 kgf/cm². Mengacu pada standar tersebut ketiga ukuran *mesh* 35, 60, dan 80 telah memenuhi standar kriteria papan partikel. Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian (Andrian, 2012) diperoleh nilai *modulus of rupture* mengalami kenaikan dengan hasil terbaik pada *mesh* 80 sebesar 146,43 kgf/cm². Oleh karena itu, rata-rata hasil pengujian *modulus of rupture* dari *filler* pelepah kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan menggunakan *filler* batang kelapa sawit. Hasil pengujian ini diperkuat dari penelitian Desiasni dkk, (2023) bahwa meningkatnya nilai *modulus of rupture* dipengaruhi oleh ukuran *mesh* yang digunakan dimana semakin besar ukuran *mesh* maka nilai *modulus of rupture* semakin tinggi. Berdasarkan teori nilai *modulus of rupture* berbanding lurus dengan nilai densitas karena semakin kecil ukuran butiran *filler*. Diperolehnya hasil mekanik *modulus of rupture* yang kuat maka bahan yang diolah pada papan komposit tersebut akan memiliki ketahanan yang baik terhadap tekanan ataupun perubahan cuaca (Khayati, 2020).

Adapun grafik hasil pengujian *modulus of rupture* dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Pengujian *Modulus of Rupture*

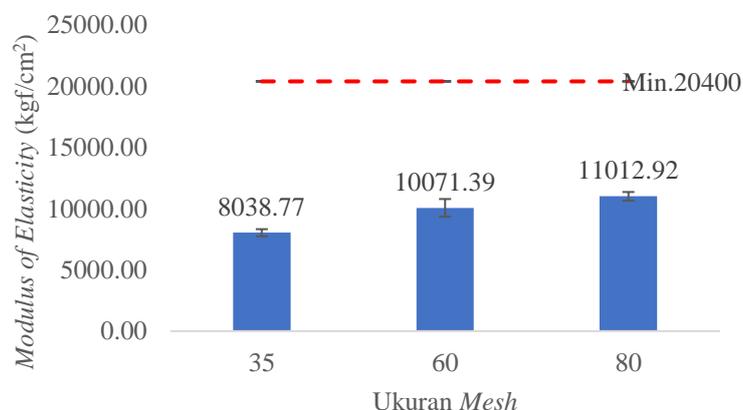
4.3.2 Pengujian *Modulus of Elasticity*

Modulus of elasticity atau kekuatan lentur merupakan pengujian dalam mengetahui ukuran ketahanan papan partikel dalam mempertahankan perubahan bentuk terhadap pembebanan yang diberikan. Pengujian ini dilakukan secara bersamaan dengan *modulus of rupture*. Nilai *modulus of elasticity* dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2.5. Adapun hasil pengujian *modulus of elasticity* dapat dilihat pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian *Modulus of Elasticity*

Variabel	Sampel	Hasil (kgf/cm ²)	Standar Deviasi	Rata-Rata (kgf/cm ²)
Mesh 35	1	7953,78	289,90	8038,77
	2	7800,85		
	3	8361,66		
Mesh 60	1	1003398	719,63	10071,39
	2	9371,19		
	3	1080899		
Mesh 80	1	11420,81	353,24	11012,92
	2	10808,98		
	3	10808,98		

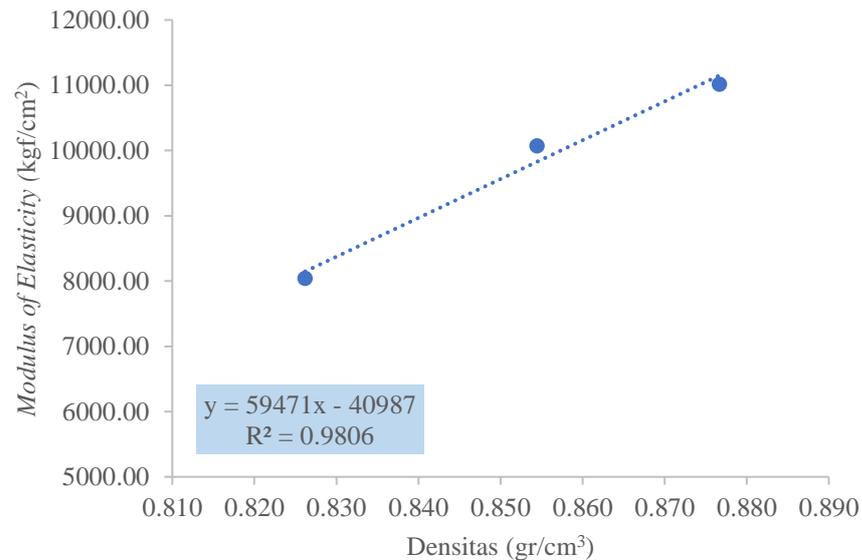
Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa nilai kekuatan lentur mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan ukuran *mesh* yang digunakan. Nilai kekuatan lentur paling terkecil pada ukuran *mesh* 35 dengan nilai 8038,77 kgf/cm². Sedangkan nilai kekuatan lentur paling tertinggi terjadi pada ukuran *mesh* 80 dengan nilai 11012,92 kgf/cm². Nilai kekuatan lentur pada ukuran *mesh* 60 didapatkan sebesar 10071,39 kgf/cm². Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel bahwa *modulus of elasticity* pada papan partikel minimal 20.400 kgf/cm². Mengacu pada standar tersebut ketiga ukuran *mesh* 35, 60, dan 80 belum memenuhi standar kriteria papan partikel. Nilai rata-rata kekuatan lentur pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata kekuatan lentur dari bambu dalam penelitian Pratiwi (2015). Hal ini diperkuat dari penelitian Sunardi dkk, (2017) bahwa pola distribusi partikel berpengaruh terhadap sifat mekanik dari papan partikel. Kekuatan lentur papan partikel semakin baik apabila ikatan antara matrik, *filler*, dan serat terjadi secara merata dan tidak terjadi *pull out*. Peningkatan kekuatan lentur pada komposit dipengaruhi oleh penyebaran pengisi secara merata yang terdapat di dalam matrik, sehingga kekuatan ikatan antarmuka antara partikel dan matrik akan mendistribusikan konsentrasi tegangan yang terjadi yang menghasilkan kekuatan lentur menjadi lebih tinggi. Secara teori nilai keteguhan lentur berbanding lurus dengan nilai densitas. Adapun grafik hasil pengujian *modulus of elasticity* dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4.9 Pengujian *Modulus of Elasticity*

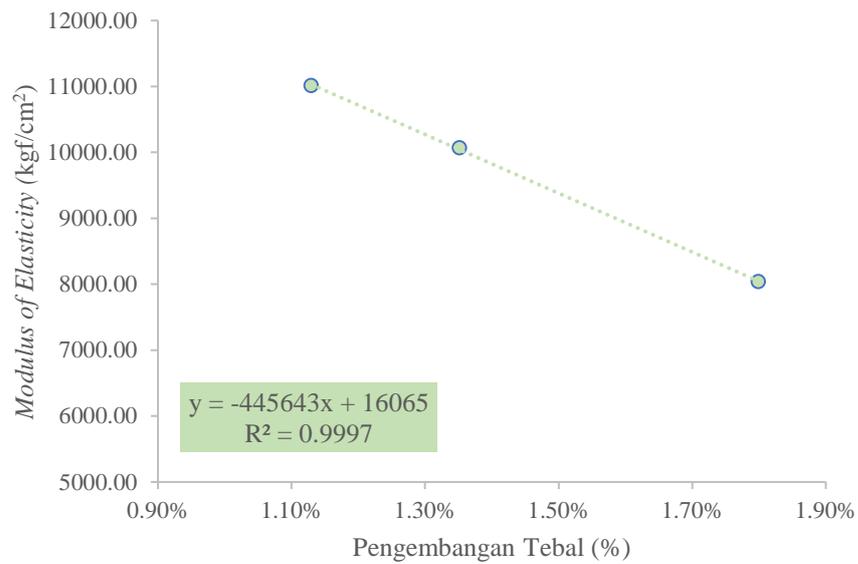
4.4. Hubungan Densitas, Pengembangan Tebal, dan Daya Serapan Air Terhadap *Modulus of Elasticity*

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan hubungan antara densitas, pengembangan tebal, dan daya serapan air terhadap kekuatan lentur. Adapun grafik dari hubungan antara densitas terhadap kekuatan lentur dapat dilihat pada Gambar 4.10 di bawah ini.

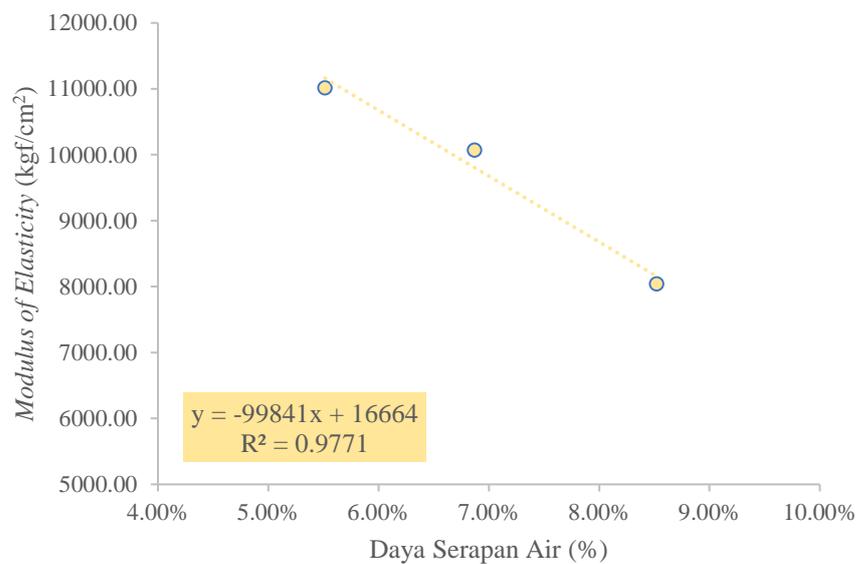


Gambar 4.10 Hubungan Densitas Terhadap *Modulus of Elasticity*

Pada Gambar 4.10 menjelaskan bahwa peningkatan densitas mengakibatkan nilai *modulus of elasticity* mengalami peningkatan sebesar 59471 kgf/cm². Nilai regresi sebesar 0,9806 menunjukkan hubungan antara kekuatan lentur dan densitas. Maka dari itu, 98,06% nilai *modulus of elasticity* dipengaruhi oleh nilai densitas. Dimana kerapatan pada papan komposit sangat mempengaruhi nilai kekuatan lentur. Hal ini terjadi adanya pola distribusi partikel mengakibatkan kekuatan lentur semakin baik jika ikatan antar serat, *filler*, dan matrik terjadi secara merata dan tidak terjadi *pull out* (Sunardi, 2017). Semakin tinggi nilai densitas mengakibatkan ikatan antar partikel semakin baik dalam mempertahankan bentuk terhadap pembengkokan karena adanya pembebanan yang diberikan (Sulaiman, 2019). Adapun grafik hubungan antara pengembangan tebal dan daya serapan air terhadap *modulus of elasticity* ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.11 Hubungan Pengembangan Tebal Terhadap *Modulus of Elasticity*



Gambar 4.12 Hubungan Daya Serapan Air Terhadap *Modulus of Elasticity*

Pada Gambar 4.11 menjelaskan bahwa penurunan nilai pengembangan tebal mengakibatkan nilai *modulus of elasticity* mengalami penurunan sebesar 445643 kgf/cm². Nilai regresi sebesar 0,9997 menunjukkan hubungan antara kekuatan lentur dan pengembangan tebal. Maka dari itu, 99,97% nilai *modulus of elasticity* dipengaruhi oleh nilai pengembangan tebal. Dimana nilai

pengembangan tebal mempengaruhi nilai kekuatan lentur. Sedangkan pada Gambar 4.11 menjelaskan bahwa penurunan nilai serapan air mengakibatkan nilai *modulus of elasticity* mengalami penurunan sebesar 99841 kgf/cm². Nilai regresi sebesar 0,9771 menunjukkan hubungan antara kekuatan lentur dan serapan air. Maka dari itu, 97,71% nilai *modulus of elasticity* dipengaruhi oleh nilai serapan air. Dimana nilai serapan air mempengaruhi nilai kekuatan lentur. Semakin kecil nilai pengembangan tebal dan serapan air mengakibatkan kekuatan lentur pada papan partikel semakin tinggi. Hal ini dikarenakan kandungan air pada komposit lebih sedikit. Apabila serapan air yang tinggi pada papan partikel dapat merusak struktur di dalamnya. Resapan air menyebabkan perubahan dimensi material dan kekuatan lentur mengalami penurunan (Sulaiman, 2019). Oleh karena itu, dalam mencapai kekuatan lentur yang optimal perlu memperhatikan nilai pengembangan tebal dan daya serapan air dengan cara pemilihan bahan yang sesuai dan teknik pembuatan yang tepat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pembuatan papan partikel yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Variasi ukuran *mesh* partikel pelepah kelapa sawit dapat mempengaruhi sifat mekanis dan fisis pada papan partikel. Merujuk pada penelitian yang dilakukan dimana semakin besar ukuran *mesh* yang digunakan maka nilai densitas, *modulus of rupture*, *modulus of elasticity* semakin tinggi dan berbanding terbalik pada nilai kadar air dan pengembangan tebal yang mengalami penurunan. Maka dari itu, berdasarkan hasil pengujian dari ketiga variasi *mesh* yang digunakan diperoleh hasil variasi terbaik pada komposit ukuran *mesh* 80 dengan nilai densitas sebesar 0.877 g/cm³, nilai kadar air sebesar 4.6%, nilai pengembangan tebal sebesar 1.13%, nilai *modulus of rupture* sebesar 201.71 kgf/cm², dan nilai *modulus of elasticity* sebesar 11012.92 kgf/cm².
2. Dari penelitian yang dilakukan maka diperoleh produk papan partikel yang telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 mengenai papan partikel ketiga variasi *mesh* yang digunakan dengan pengujian densitas, kadar air, pengembangan tebal, dan *modulus of rupture*. Namun pada pengujian *modulus of elasticity* belum memenuhi standar kriteria papan partikel. Hal ini disebabkan komposisi serat yang kurang dan penyebaran antara matrik, *filler*, dan serat yang belum merata sehingga ikatan antarmuka yang terjadi belum memperoleh hasil kekuatan elastis yang lebih tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian pembuatan papan partikel yang telah dilakukan terdapat beberapa saran untuk peneliti selanjutnya yaitu melakukan penelitian selanjutnya dengan pengujian kekerasan, struktur mikro, dampak, kuat pegang sekrup, dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, J. (2012). Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Batang Kelapa Sawit Terhadap Sifat Mekanis Papan Partikel. *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*.
- Asni, N. (2015). Plastik Biodegradable Berbahan Ampas Singkong Dan Polivinil Asetat. *FMIPA, Universitas Indonesia*, 57-62.
- Desiasni, R. (2023). Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Papan Partikel Berdasarkan Variasi Ukuran Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Sebagai Material Alternatif : Papan Komposit. *JURNAL TAMBORA VOL 7*.
- Hanif, L. (2020). Perakat Polyvinyl Acetate (PVAc). *Fakultas Pertanian, Universitas Simalungun*, 46-55.
- Harahap, F. S. (2020). Pengaruh Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Arang Sekam Padi Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah pada Tomat. *Universitas Labuhanratu*, 1-5.
- Khayati, M. (2020). Analisa Pengaruh Konsentrasi Limbah Kertas Dalam Pembuatan Papan Komposit Terhadap Modulus Rupture. *Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 461 - 466.
- Kusuma, M. A. (2024). Pengaruh Variasi Ukuran Mesh Partikel Bambu Terhadap Sifat Mekanis Dan Sifat Fisis Pada Komposit Papan Partikel Berpenguat Stell Woll.
- Laksano, P. W. (2012). Desain Dan Manufaktur Green-Composite Ampas Tebu-Lem Putih Sebagai Bahan Papan Partikel Dan Berkarakteristik Hambat Panas. *Mekanika*, 17-22.
- Lubis, A. F. (2022). Pembuatan Papan Partikel Dengan Menggunakan Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Perakat Resin. *Jurnal Teknik Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit dan Karet*, 1-9.
- Parulian, R. (2015). Karakteristik Papan Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Variasi Besar Butiran Filler. *Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 22-24.

- Pratama, N. (2016). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Terhadap Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Tongkol Jagung. *FMIPA Universitas Negeri Padang*, 25-32.
- Pratiwi, D. F. (2015). Pembuatan Papan Partikel Dari Bambu Dengan Perekat Resin Damar. Institut Pertanian Bogor
- Rahayu, S. (2018). Karakteristik Raw Material Epoxy Resin Tipe BGTN-EX 157 Yang Digunakan Sebagai Matrik Pada Komposit . *Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*, 152-154.
- Roihan, A. (2015). Kualitas Papan Partikel Dari Komposisi Partikel Batang Kelapa Sawit Dan Mahoni Dengan Berbagai Variasi Kadar Perekat Phenol Formaldehida. *Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara*, 1-7.
- Setyanto, R. H. (2011). Pengaruh Faktor Jenis Kertas, Kerapatan dan Persentase Perekat Terhadap Kekuatan Bending Komposit Panel Serap Bunyi Berbahan Dasar Limbah Kertas dan Serabut Kelapa. *Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret*, 89-94.
- SNI Handbook ICS 79.060.20, 2004, Standar Nasional Indonesia 03-2105- 2006 Papan Partikel.
- Subagio, A. A. (2018). Pemanfaatan Kompos Tanda Kosong Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) di Lahan Pasca Tambang BatuBara. *Jurnal Silvikultur Tropika Vol. 09*, 161.
- Suherman. (2021). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Karakteristik Dan Mikrostruktur Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit. *Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 1-9.
- Sulaiman, D. A. (2019). Kualitas Papan Partikel Dari Pelepah Kelapa Sawit Dengan Perekat Damar. *JOM FAPERTA Vol. 6*, 1-13.
- Sunardi. (2017). Pengaruh Butiran Filler Kayu Sengon Terhadap Karakteristik Papan Partikel Yang Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 29-31.
- Suyoko, Y. (2020). Ketangguhan Retak Komposit Epoxy - Serbuk Cangkang Kerang. *Politeknik Pratama Mulia Surakarta*, 27-29.
- Warsito, J. (2016). Pembuatan Pupuk Organik Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Pendidikan Kimia/FKIP Universitas Tadulako, Palu*, 8-15.

Yani, M. (2018). Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat Serat Limbah Plastik Akibat Lendutan . *Mekanik Teknik Mesin ITM*, 77-84.

LAMPIRAN

A. Perhitungan

A.1 Perhitungan Ukuran Sampel Fisis dan Mekanis

a. Ukuran Sampel Fisis

Diketahui : $P = 10 \text{ cm}$, $L = 5 \text{ cm}$, dan $t = 3 \text{ cm}$

Ditanya : $V = ?$

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: V = P \times L \times t \\ &= 10 \times 5 \times 3 \\ &= 150 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Ukuran Sampel Mekanis

Diketahui : $P = 10 \text{ cm}$, $L = 5 \text{ cm}$, dan $t = 1,5 \text{ cm}$

Ditanya : $V = ?$

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: V = P \times L \times t \\ &= 10 \times 5 \times 1,5 \\ &= 75 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

A.2 Perhitungan Kompaksi

Berikut merupakan perhitungan kompaksi pada pembuatan papan partikel ini antara lain sebagai berikut.

Diketahui:

Diameter torak = 25 mm

$$A_1 \text{ (Luas Penampang Hidrolik)} = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$A_2 \text{ (Luas Penampang Kompaksi)} = 5000 \text{ mm}^2$$

$$P_1 \text{ (Tekanan Hidrolik)} = 30 \text{ bar}$$

Ditanya : P_K (Tekanan Kompaksi)?

$$\text{Jawab} : P = \frac{F}{A} = \dots \text{ bar}$$

$$F = P \times A$$

$$= P_1 \times A_1 = P_2 \times A_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 \times A_1}{A_2} = \frac{30 \times 490,874}{5000} = 2,945 \text{ bar}$$

A.3 Perhitungan Densitas

Contoh perhitungan densitas komposit variasi *mesh* 35 sebagai berikut.

Diketahui : Massa = 12,67 gram

Volume = 15,228 cm³

Ditanya : Densitas (g/cm³) ?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} : \rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{12,67}{15,228} = 0,832 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

A.4 Perhitungan Kadar Air

Contoh perhitungan kadar air komposit variasi *mesh* 35 sebagai berikut.

Diketahui : Massa Awal = 12,67 gram

Massa Kering = 11,77 gram

Ditanya : Kadar air (%)?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} : \text{KA} &= \frac{Ma - Mk}{Mk} \times 100\% \\ &= \frac{12,67 - 11,77}{11,77} \times 100\% = 7,65\%\end{aligned}$$

A.5 Perhitungan Pengembangan Tebal dan Daya Serap Air

Contoh perhitungan pengembangan tebal komposit variasi *mesh* 35 sebagai berikut.

Diketahui : T₁ (Tebal Awal) = 14,8 mm

T₂ (Tebal Akhir) = 15,1 mm

Ditanya : Pengembangan tebal (%)?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} : \text{PT} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{15,1 - 14,8}{14,8} \times 100\% = 2,03\%\end{aligned}$$

Contoh perhitungan daya serap air komposit variasi *mesh* 35 sebagai berikut.

Diketahui : DS₁ (Massa Awal) = 12,12 gram

DS₂ (Massa Akhir) = 13,08 gram

Ditanya : Daya serap air (%)?

$$\text{Jawab} : \text{DSA} = \frac{DS_2 - DS_1}{DS_1} \times 100\%$$

$$= \frac{13,08-12,12}{12,12} \times 100\% = 7,92\%$$

A.7 Perhitungan *Modulus of Rupture*

Contoh perhitungan *modulus of rupture* komposit variasi *mesh 35* sebagai berikut.

Diketahui : P (Tekanan) = 67,16 N
 L (Panjang) = 80 mm
 b (Lebar) = 15,44 mm
 h (Tebal) = 6,38 mm

Ditanya : MOR?

Jawab :
$$\text{MOR} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$= \frac{3 \times 67,16 \times 80}{2 \times 15,44 \times 6,38^2} = 12,82 \text{ MPa} \sim 130,72 \text{ kgf/cm}^2$$

A.8 Perhitungan *Modulus of Elasticity*

Contoh perhitungan *modulus of elasticity* komposit variasi *mesh 35* sebagai berikut.

Diketahui : L (Panjang) = 80 mm
 b (Lebar) = 15,44 mm
 h (Tebal) = 6,38 mm
 m (Slope Tangent) = 2,492 kgf/mm

Ditanya : MOE?

Jawab :
$$\text{MOR} = \frac{L^3 m}{4bh^3}$$

$$= \frac{80^3 \times 2,492}{4 \times 15,44 \times 6,38^3} = 79,5378 \text{ kgf/mm}^2 \sim 7953,78 \text{ kgf/cm}^2$$

B. Data Hasil Pengujian

B.1 Hasil Pengujian Densitas

Data hasil pengujian densitas dapat dilihat pada Tabel B.1 di bawah ini.

Tabel B.1 Data Hasil Pengujian Densitas

No	Variabel	Sampel	Massa (gr)	Volume (cm ³)	Hasil (gr/cm ³)	Rata-Rata (gr/cm ³)
1	Mesh 35	1	12.67	15.228	0.832	0.826
		2	12.28	14.893	0.825	
		3	12.32	14.989	0.822	
2	Mesh 60	1	12.29	14.561	0.844	0.854
		2	12.11	14.186	0.854	
		3	12.04	13.909	0.866	
3	Mesh 80	1	12.45	14.232	0.875	0.877
		2	12.05	13.909	0.866	
		3	12.04	13.545	0.889	

B.2 Hasil Pengujian Kadar Air

Data hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel B.2 dan data selisih berat pengujian kadar air pada Tabel B.3 di bawah ini.

Tabel B.2 Data Hasil Kadar Air

No	Variabel	Sampel	ma (gr)	mk (gr)	Hasil (%)	Rata-Rata (%)
1	Mesh 35	1	12.67	11.77	7.65	6.91
		2	12.28	11.53	6.50	
		3	12.32	11.56	6.57	
2	Mesh 60	1	12.29	11.8	4.75	5.29
		2	12.11	11.51	5.73	
		3	12.04	11.5	5.39	
3	Mesh 80	1	12.45	11.68	4.45	4.60
		2	12.05	11.57	4.67	
		3	12.04	11.55	4.68	

Tabel B.3 Selisih Berat Pengujian Kadar Air

Variabel	Selisih Berat						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
M35(1)	0.39	0.61	0.76	0.83	0.86	0.88	0.9
M35(2)	0.31	0.52	0.65	0.7	0.73	0.74	0.75
M35(3)	0.33	0.54	0.64	0.71	0.73	0.75	0.76

M60(1)	0.26	0.4	0.47	0.52	0.54	0.55	0.56
M60(2)	0.26	0.43	0.54	0.61	0.64	0.65	0.66
M60(3)	0.29	0.42	0.52	0.59	0.6	0.62	0.62
M80(1)	0.17	0.32	0.43	0.46	0.49	0.51	0.52
M80(2)	0.22	0.34	0.46	0.51	0.52	0.53	0.54
M80(3)	0.21	0.38	0.45	0.49	0.53	0.54	0.54

B.3 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal dan Daya Serap Air

Data hasil pengujian pengembangan tebal dapat dilihat pada Tabel B.4 dan data selisih tebal pengujian pengembangan tebal pada Tabel B.5 di bawah ini.

Tabel B.4 Data Hasil Pengembangan Tebal

No	Variabel	Sampel	T2 (mm)	T1 (mm)	Hasil (%)	Rata-Rata (%)
1	Mesh 35	1	15.1	14.8	2.03	1.78
		2	15.1	14.8	2.03	
		3	15.1	14.9	1.34	
2	Mesh 60	1	15.1	14.9	1.34	1.35
		2	15	14.8	1.35	
		3	14.9	14.7	1.36	
3	Mesh 80	1	15	14.8	1.35	1.13
		2	14.9	14.8	0.68	
		3	14.9	14.7	1.36	

Tabel B.5 Selisih Tebal Pengujian Pengembangan Tebal

Variabel	Selisih Tebal						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
M35(1)	0.07	0.12	0.16	0.2	0.23	0.25	0.3
M35(2)	0.06	0.12	0.17	0.2	0.22	0.24	0.3
M35(3)	0.05	0.1	0.13	0.15	0.16	0.17	0.2
M60(1)	0.05	0.09	0.13	0.16	0.17	0.18	0.2
M60(2)	0.05	0.08	0.11	0.14	0.16	0.17	0.2
M60(3)	0.04	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.2
M80(1)	0.04	0.08	0.11	0.14	0.16	0.17	0.2
M80(2)	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.1
M80(3)	0.04	0.08	0.12	0.15	0.17	0.18	0.2

Adapun data hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada Tabel B.6 dan selisih berat pengujian daya serap air pada Tabel B.7 di bawah ini sebagai berikut.

Tabel B.6 Data Hasil Daya Serap Air

No	Variabel	Sampel	DS2(g)	DS1(g)	Hasil (%)	Rata-Rata (%)
1	Mesh 35	1	13.08	12.12	7.92%	8.52%
		2	12.85	11.76	9.27%	
		3	12.95	11.95	8.37%	
2	Mesh 60	1	12.81	12.03	6.48%	6.87%
		2	12.6	11.76	7.14%	
		3	12.72	11.89	6.98%	
3	Mesh 80	1	12.65	12.03	5.15%	5.51%
		2	12.22	11.58	5.53%	
		3	12.28	11.6	5.86%	

Tabel B.7 Selisih Berat Pengujian Daya Serap Air

Variabel	Selisih Berat						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
M35(1)	0.28	0.48	0.64	0.78	0.85	0.89	0.96
M35(2)	0.29	0.54	0.72	0.88	0.96	1	1.09
M35(3)	0.3	0.52	0.71	0.85	0.94	0.97	1
M60(1)	0.25	0.43	0.56	0.67	0.71	0.74	0.78
M60(2)	0.25	0.42	0.56	0.68	0.75	0.81	0.84
M60(3)	0.28	0.42	0.56	0.67	0.76	0.78	0.83
M80(1)	0.2	0.33	0.46	0.53	0.58	0.6	0.62
M80(2)	0.2	0.35	0.48	0.56	0.61	0.63	0.64
M80(3)	0.22	0.4	0.52	0.58	0.64	0.65	0.68

B.4 Hasil Pengujian *Modulus of Rupture*

Data hasil pengujian *modulus of rupture* dapat dilihat pada Tabel B.8 di bawah ini.

Tabel B.8 Hasil Pengujian *Modulus of Rupture*

No	Variabel	Sampel	Hasil (kgf/cm ²)	Rata-Rata(kgf/cm ²)
1	Mesh 35	1	130.72	139.80
		2	135.33	
		3	153.35	

		1	167.80	
2	Mesh 60	2	163.55	175.09
		3	193.93	
		1	205.03	
3	Mesh 80	2	200.81	201.71
		3	199.30	

B.5 Hasil Pengujian Modulus of Elasticity

Data hasil pengujian *modulus of elasticity* dapat dilihat pada Tabel B.9 di bawah ini.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian *Modulus of Elasticity*

No	Variabel	Sampel	Hasil (kgf/cm ²)	Rata-Rata(kgf/cm ²)
		1	7953.78	
1	Mesh 35	2	7800.85	8038.77
		3	8361.66	
		1	10033.98	
2	Mesh 60	2	9371.19	10071.39
		3	10808.99	
		1	11420.81	
3	Mesh 80	2	10808.98	11012.92
		3	10808.98	

C. Dokumentasi Kegiatan

C.1 Penghalusan dan penjemuran partikel pelepah



C.2 Penguraian Serat



C.3 Alkalisasi



C.4 Pengayakan Partikel Pelepah



C.5 Kompaksi



C.6 Pemotongan Spesimen Uji





Flexural Test report

Customer : Yudis Rahma Risky

Material : Sampel Variabel M35

Test standard : ASTM D 790

Machine data : Zwick Z020

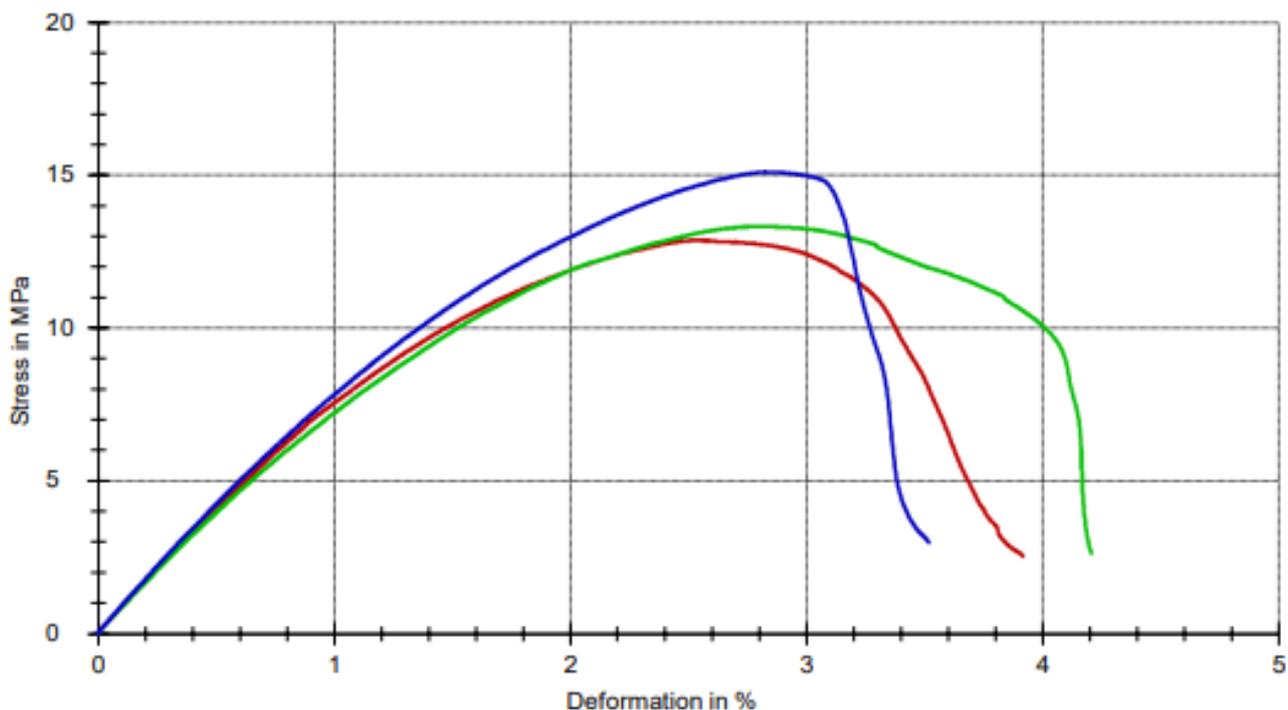
Pre-load : 0,2 N

Test speed : 2 mm/min

Test results:

Legend	No.	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_f %	ϵ_B %	σ_B MPa	L mm	d mm	b mm
Red	1	67,16	780	12,8	3,9	3,9	2,56	80	6,38	15,44
Green	2	80,37	765	13,3	4,2	4,2	2,65	80	6,68	16,28
Blue	3	93,45	820	15,0	3,5	3,5	3,01	80	6,86	15,84

Series graph:



Statistics:

Series	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_f %	ϵ_B %	σ_B MPa	L mm	d mm	b mm
n = 3									
x	80,33	788	13,7	3,9	3,9	2,74	80	6,64	15,85
s	13,14	28,4	1,17	0,35	0,35	0,235	0,000	0,2425	0,4202
V [%]	16,36	3,60	8,55	8,91	8,91	8,58	0,00	3,65	2,65



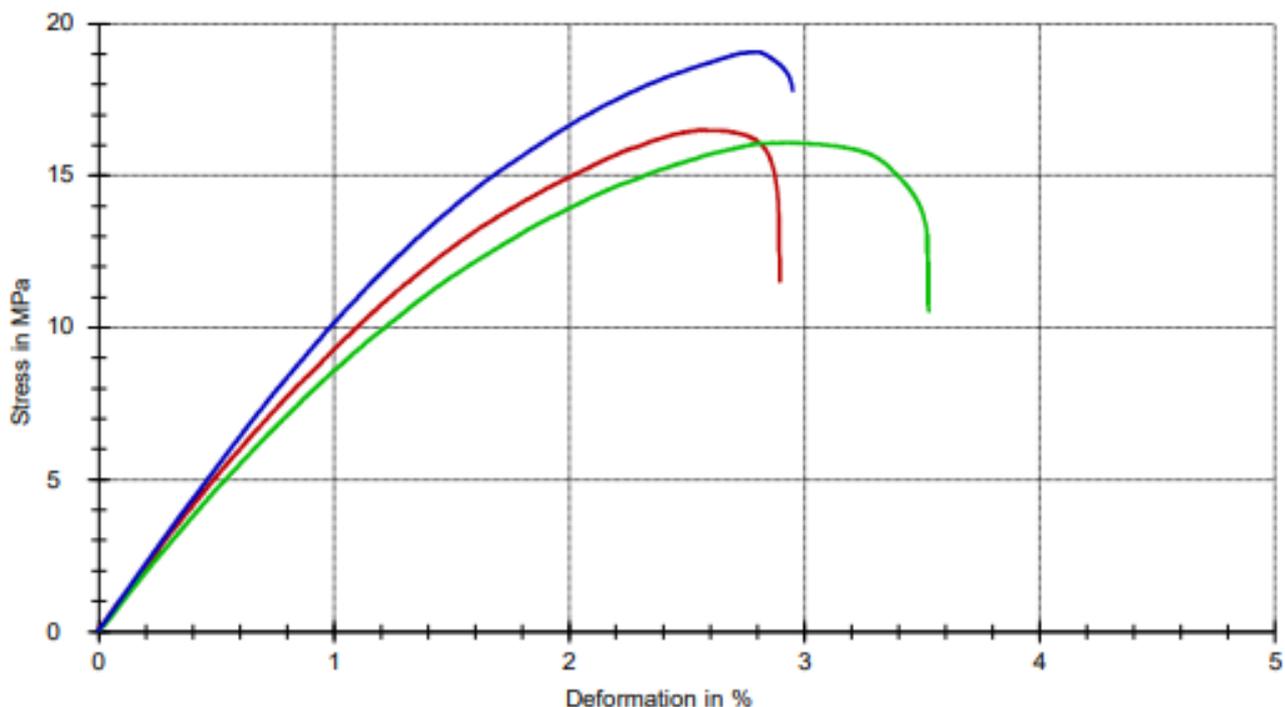
Flexural Test report

Customer : Yudis Rahma Risky Material : Sampel Variabel M60
Test standard : ASTM D 790 Machine data : Zwick Z020
Pre-load : 0,2 N
Test speed : 2 mm/min

Test results:

Legend	No.	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_r %	ϵ_B %	σ_B MPa	L mm	d mm	b mm
Red	1	64,40	984	16,5	2,9	2,9	11,5	80	5,38	16,22
Green	2	75,57	919	16,0	3,5	3,5	10,5	80	6	15,7
Blue	3	100,81	1060	19,0	2,9	2,9	17,7	80	6,32	15,92

Series graph:



Statistics:

Series	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_r %	ϵ_B %	σ_B MPa	L mm	d mm	b mm
n = 3									
x	80,26	988	17,2	3,1	3,1	13,3	80	5,9	15,95
s	18,65	71,0	1,61	0,35	0,35	3,91	0,000	0,4779	0,261
v [%]	23,24	7,18	9,39	11,21	11,21	29,52	0,00	8,10	1,64



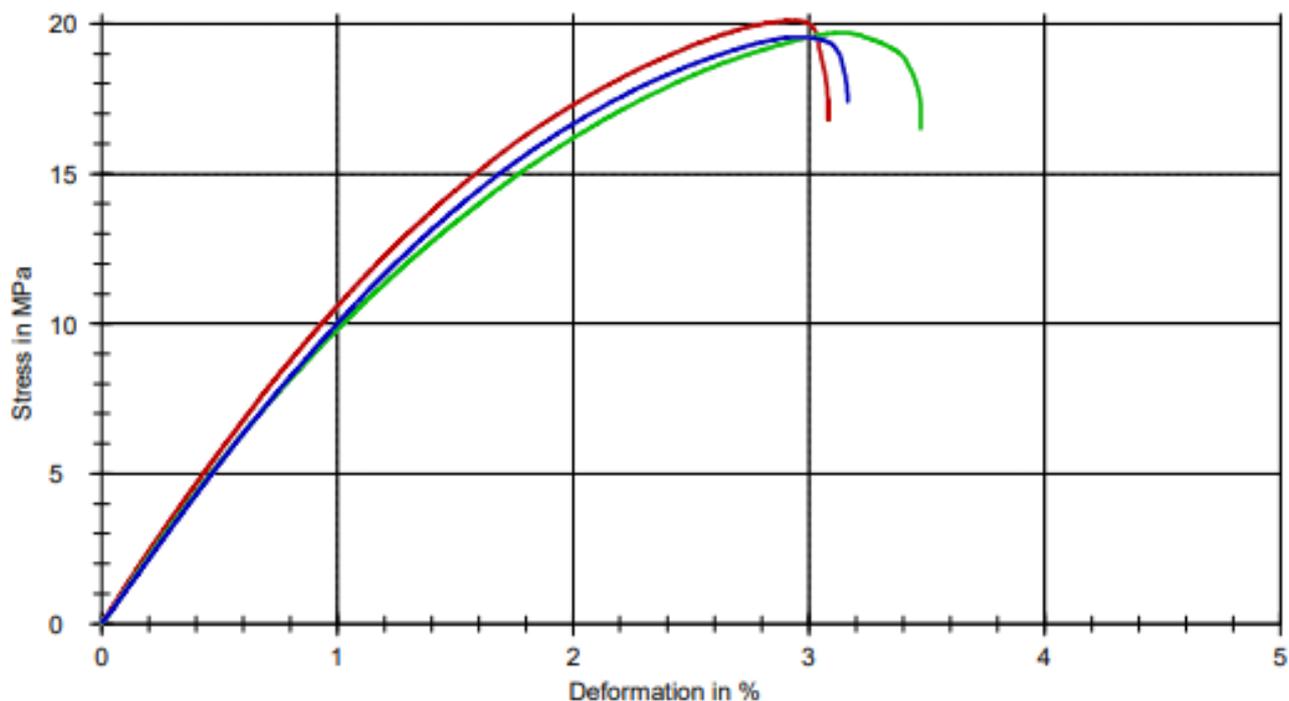
Flexural Test report

Customer : Yudis Rahma Risky Material : Sampel Variabel M80
Test standard : ASTM D 790 Machine data : Zwick Z2020
Pre-load : 0,2 N
Test speed : 2 mm/min

Test results:

Legend	No.	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_f %	ϵ_B %	σ_{FB} MPa	L mm	d mm	b mm
Red	1	97,56	1120	20,1	3,1	3,1	16,8	80	6,18	15,24
Green	2	116,09	1060	19,7	3,5	3,5	16,5	80	6,88	14,94
Blue	3	117,95	1060	19,6	3,2	3,2	17,4	80	6,64	16,42

Series graph:



Statistics:

Series	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_f %	ϵ_B %	σ_{FB} MPa	L mm	d mm	b mm
n = 3									
\bar{x}	110,53	1080	19,8	3,2	3,2	16,9	80	6,567	15,53
s	11,28	32,3	0,291	0,21	0,21	0,470	0,000	0,3557	0,7824
v [%]	10,20	2,99	1,47	6,36	6,36	2,78	0,00	5,42	5,04