

Turnitin

by Turnitin

Submission date: 30-Jan-2025 08:56AM (UTC+0000)

Submission ID: 249650036

File name: xkCwTINC8eeZItfIIm9g.pdf (1.77M)

Word count: 11535

Character count: 65895

**STUDI RASIO PARTIKEL BAMBU DAN PELEPAH KELAPA SAWIT
SEBAGAI *FILLER HYBRID* PADA PAPAN PARTIKEL**

TUGAS AKHIR



Disusun oleh:

Miftah Hadi Ramadhan

3331200064

7

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

CILEGON - BANTEN

2025

TUGAS AKHIR

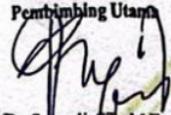
STUDI RASIO PARTIKEL BAMBUN DAN PELEPAH KELAPA SAWIT SEBAGAI FILLER HYBRID PADA PAPAN PARTIKEL

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Miftah Hadi Ramadhan
3331200064

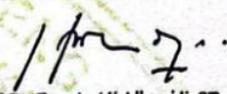
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 08 Januari 2025

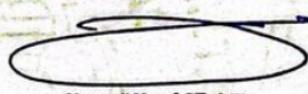
Pembimbing Utama


Dr. Sunardi, ST., M.Eng.
NIP. 197312052006041002


Shofiatul Ulfah, S.Pd.L., M.Eng.
NIP. 198403132019032009

Anggota Dewan Penguji


Prof. Dr. Eng. A. Ali Alhamidi, ST., MT.
NIP. 197312131999031001


Yusyardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001


Dr. Sunardi, ST., M.Eng.
NIP. 197312052006041002


Shofiatul Ulfah, S.Pd.L., M.Eng.
NIP. 198403132019032009

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

Tanggal, 22 Januari 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



L. Dhimas Satria, ST., M.Eng.
NIP. 198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Miftah Hadi Ramadhan

NPM : 3331200064

Judul Tugas Akhir : Studi Rasio Partikel Bambu dan Pelepah Kelapa Sawit

Sebagai *Filler Hybrid* pada Papan Partikel

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, Januari 2025



Miftah Hadi Ramadhan

NPM. 3331200064

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “*Studi Rasio Partikel Bambu dan Pelepah Kelapa Sawit sebagai Filler Hybrid pada Papan Partikel*” dalam keadaan sehat jasmani dan rohani. Dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Sehingga pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNTIRTA.
 2. Haryadi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik.
 3. Dr. Sunardi, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing satu yang telah banyak membantu selama proses penelitian.
 4. Shofiatul Ula, M.Eng selaku Dosen Pembimbing dua yang telah banyak membantu selama proses penelitian.
 5. Yusvardi Yusuf, S.T., M.T selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
 6. Staff pengajar dan asisten laboratorium di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah mengajarkan dan memberi ilmu kepada penulis selama perkuliahan dan praktikum.
 7. Bapak Haris Tamin dan Ibu Iis Sutarsih sebagai orang tua saya yang selalu memberikan semangat serta doa yang tak pernah berhenti selama penulis menjalankan perkuliahan.
 8. Teman yang selalu memberikan bantuan, motivasi, dan semangat kepada penulis khususnya kepada Ricky Romadhon, Yudis Rahma Risky, Saddam Husein, Ghazi Fauzan Bratanegara, dan Langlang Nurcahyoko.
 9. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu baik berupa doa, dukungan, dan lain sebagainya.
- Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang sangat mendukung dalam

pembuatan tugas akhir ini diharapkan oleh penulis. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Cilegon, Januari 2025



Miftah Hadi Ramadhan

ABSTRAK

77
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rasio partikel bambu dan pelepah kelapa sawit sebagai filler hybrid terhadap kinerja papan partikel. Penelitian dilakukan di COE 2, lantai 3 Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode statistik dan mencakup tiga sampel: pelepah kelapa sawit sebagai filler (A), campuran pelepah kelapa sawit dan bambu (B), dan bambu (C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian fisis, penggunaan campuran pelepah kelapa sawit dan bambu sebagai filler mempengaruhi nilai densitas sehingga mencapai $0,879 \text{ g/cm}^3$. Sebaliknya, penggunaan filler bambu mempengaruhi kadar air (12,4%), pengembangan tebal (9,2%), dan persentase serapan air (13,7%). Pada pengujian mekanis, filler bambu mempengaruhi nilai kekuatan lentur mencapai $133,86 \text{ kgf/cm}^2$, sedangkan filler campuran pelepah kelapa sawit dan bambu mempengaruhi nilai Modulus of Elasticity (MOE), mencapai $19855,01 \text{ kgf/cm}^2$.

Kata Kunci: *Filler Hybrid, Papan Partikel, Fisis, Mekanis, SNI*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
⁶ KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pembatasan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Papan Partikel	7
⁶³ 2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit	9
2.4 Pelepah Kelapa Sawit	9
2.5 Bambu.....	10
2.6 PVac.....	11
2.7 Resin Epoxy	12
2.8 Pengujian Material.....	13
³⁶ 2.8.1 Pengujian Densitas	13
2.8.2 Pengujian Pengembangan Tebal	14
2.8.3 Pengujian Kadar Air.....	14
2.8.4 Kekuatan Lentur.....	15
2.8.5 Pengujian Modulus of Elasticity (MOE).....	15

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	16
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	18
3.2.1	Alat Penelitian	18
3.2.2	Bahan Penelitian	22
3.3	Tahapan Pembuatan Penelitian	24
3.3.1	Pembuatan Serat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit	24
3.3.2	Pembuatan <i>Filler</i> dari Pelepah Kelapa Sawit	25
3.3.3	Pembuatan <i>Filler</i> dari Bambu	25
3.3.4	Penimbangan Bahan Penyusun	25
3.3.5	Pembuatan Papan Partikel	26
3.4	Teknik Pengumpulan Data	
3.4.1	Densitas	26
3.4.2	Kadar Air	26
3.4.3	Pengembangan Tebal	27
3.4.4	Kekuatan Lentur	27
3.4.5	MOE (<i>Modulus of Elascity</i>)	27
3.5	Variabel Penelitian	27

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1	Bahan-Bahan Pembuatan Papan Partikel	29
4.2	Pengujian Sifat Fisis	29
4.2.1	Pengujian Densitas	29
4.2.2	Pengujian Kadar Air	31
4.2.3	Pengujian Pengembangan Tebal	34
4.2.4	Pengujian Persentase Serapan Air	36
4.3	Pengujian Sifat Mekanis	39
4.3.1	Kekuatan Lentur	39
4.3.2	Pengujian <i>Modulus of Elasticity</i> (MOE)	41

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43

DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit	9
Gambar 2.2 Pelepah Kelapa Sawit	10
Gambar 2.3 Bambu	11
Gambar 2.4 <i>Polyvinyl Acetate</i>	12
Gambar 2.5 Resin Epoksi	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 Cetakan	18
Gambar 3.3 Alat Pengaduk	18
Gambar 3.4 Sarung Tangan APD	18
Gambar 3.5 Ayakan 80 Mesh	19
Gambar 3.6 Gerinda	19
Gambar 3.7 Oven	19
Gambar 3.8 Jangka Sorong	20
Gambar 3.9 Mesin Press	20
Gambar 3.10 Universal Testing Machine (UTM)	20
Gambar 3.11 Gunting	21
Gambar 3.12 Neraca Digital	21
Gambar 3.13 Bambu	22
Gambar 3.14 Pelepah Kelapa Sawit	22
Gambar 3.15 Tandan Kosong Kelapa Sawit	22
Gambar 3.16 PVac	23
Gambar 3.17 NaOH	23
Gambar 3.18 Resin Epoksi	23
Gambar 3.19 Aquades	24
Gambar 3.20 Sampel Papan Partikel	24
Gambar 4.1 Pengujian Densitas	30
Gambar 4.2 Persentase Massa Pengujian Kadar Air	32
Gambar 4.3 Pengujian Kadar Air	33

Gambar 4.4 Persentase Pengujian Pengembangan Tebal ⁶⁸	34
Gambar 4.5 Pengujian Pengembangan Tebal	35
Gambar 4.6 Persentase Massa Serapan Air	37
Gambar 4.7 Pengujian Persentase Serapan Air ¹⁷	38
Gambar 4.8 Pengujian Kekuatan Lentur	40
Gambar 4.9 Pengujian <i>Modulus of Elasticity</i>	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel	13
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	29
Tabel 3.2 Rincian Variabel Penelitian.....	30
Tabel 4.1 Kerapatan Bahan.....	30
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Densitas	32
Tabel 4.3 Persentase Massa Pengujian Kadar Air	33
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Air	34
Tabel 4.5 Persentase Pengujian Pengembangan Tebal	35
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal.....	37
Tabel 4.7 Persentase Massa Serapan Air	37
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Serapan Air	38
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur.....	40
Tabel 4.10 Hasil Pengujian MOE.....	41

DAFTAR ISTILAH

PDB (Produk Domestik Bruto)

¹
MOR (*Modulus of Repture*)

MOE (*Modulus of Elasticity*)

Adesif (Aksi Gaya Tarik Menarik)

Wax (Lilin)

Pektin (Bahan Pengental dan Pembentuk Gel)

Hydrokospis (Kemampuan Zat dalam Menyerap Air)

⁶⁸
ASTM (*American Standard Testing and Material*)

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri hasil hutan merupakan sektor penting dalam perekonomian Indonesia yang memberikan kontribusi signifikan terhadap PDB nasional, terutama dari produk kayu. Untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, industri ini perlu menerapkan teknologi yang ramah lingkungan. Menurut Cahyana [1] industri pengolahan kayu menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan bahan baku. Oleh karena itu, pengembangan produk komposit yang ramah lingkungan menjadi salah satu alternatif yang potensial sekaligus mampu untuk meningkatkan nilai tambah dan keuntungan.

Papan partikel merupakan suatu campuran partikel kayu dengan kandungan lignoselulosa yang direkatkan menggunakan perekat alami atau sintetis. Adapun contoh kayu tersebut antara lain bambu dan tandan kosong kelapa sawit. Berdasarkan hasil penelitian Cahyana [1] menyatakan bahwa dalam pengujian sifat fisik dan mekanik tandan kosong kelapa sawit mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105-2006), tandan kosong kelapa sawit dapat dibuat secara halus dengan kadar air rata-rata kisaran 7,11 – 9,85% dan kerapatan kisaran 0,63 – 0,76 g/cm³. Keteguhan patah kisaran 211,67 kgf/cm² dengan 10 mesh dan suhu 180°C, nilai tertinggi lentur didapatkan sebesar 490,85 kgf/cm² dengan partikel 10 mesh dan suhu 160°C. Untuk pengembangan tebal tertinggi berkisar 22,59% dengan partikel 10 mesh 160°C tidak memenuhi persyaratan SNI.

Kelapa sawit merupakan komoditas utama di sektor Perkebunan yang memiliki tingkat produksi tertinggi dibandingkan dengan komoditas tanaman perkebunan lainnya. Menurut BPS [2] pada tahun 2021 untuk hasil produksi kelapa sawit di Indonesia bisa mencapai 46.6 juta ton, hal tersebut yang menjadikan produksi kelapa sawit untuk barang-barang industri makanan semakin meningkat sehingga menghasilkan material sisa kelapa sawit dalam jumlah yang banyak. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Haryanti [3]

menyatakan bahwa setiap produksi kelapa sawit sebanyak 1 ton menghasilkan sisa produksi sebanyak 23% setara 230 kg (tandan kosong), 6,5% cangkang, 4% setara 40 kg (lumpur sawit), 13% setara 130 kg (serabut) dan 50% (limbah cair).

Pemanfaatan limbah pelepah sawit masih belum maksimal. Saat ini, pelepah sawit sebagian besar hanya diolah menjadi pakan ternak dan pupuk kompos. Beberapa kandungan pada pelepah kelapa sawit seperti 34.89% selulosa, 27.14% hemiselulosa dan 19.8% lignin. Kandungan selulosa alfa yang melebihi 92% telah sesuai dengan kriteria pada bahan pembuatan propelan dan peledak. Sementara selulosa yang rendah dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bahan baku kertas maupun tekstil [4].

Bambu mengandung pati yang cukup tinggi pada usia 3 sampai 4 tahun, dengan kadar yang bervariasi tergantung pada jenis bambu, musim dan arah radial batang. Kandungan pati ini mempengaruhi ketahanan bambu dan dapat mempengaruhi proses perekatan nantinya. Selain pati, bambu juga terkandung beberapa kandungan seperti resin, tanin, lilin hingga garam anorganik. Kadar pada bambu akan bervariasi bergantung pada jenis bambu, umur, pertumbuhan maupun batang yang digunakan [5].

Bambu memiliki sifat mekanik dengan modulus elastisitas yang tinggi mencapai 33 Gpa, serta kekuatan tarik berkisar 140 hingga 800 Mpa dengan densitas 0.6 hingga 0.8 g/cm³. Sehingga hal tersebut menjadikan bambu merupakan material yang potensial untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan papan partikel. Menurut Rofaida [6] menyatakan bahwa berdasarkan SNI 03-2105-2006 sifat papan partikel yang memenuhi standar yaitu uji kerapatan, uji kadar air, uji daya serap air setelah perendaman selama 2 jam, kecuali pada perbandingan 70:30% dan 80:20%. Uji daya serap air setelah perendaman 24 jam juga memenuhi standar, kecuali pada perbandingan 60:40, 70:30 dan 80:20%. Uji pengembangan tebal sesuai standar, kecuali untuk perbandingan 80:20%. Uji MOR memenuhi persyaratan, kecuali pada perbandingan 50:50, 60:40, 70:30 dan 80:20%. Uji keteguhan rekat juga sesuai, kecuali pada perbandingan 80:20%. Uji kuat Tarik sektrup memenuhi

persyaratan, kecuali untuk perbandingan 80:20% sedangkan MOE belum memenuhi standar.

Pemanfaatan bahan baku hutan seperti pelepah kelapa sawit, tandan kelapa sawit, dan bambu memang memiliki banyak keunggulan. Penggunaan limbah tersebut selain berperan dalam mengurangi limbah di sekitar, tetapi juga menawarkan karakteristik unik dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Dalam studi ini akan dipelajari pengaruh *filler hybrid* partikel bambu dan kelapa sawit terhadap peningkatan performa papan partikel.

1.2 Pembatasan Masalah

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

1. *Filler* bambu dan pelepah kelapa sawit menggunakan partikel ukuran mesh 80.
2. Perlakuan alkali dilakukan pada larutan NaOH 5% selama 4 jam.
3. Memproduksi papan partikel menggunakan resin epoksi dan PVAc sebagai matriks.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian papan partikel ini antara lain:

1. Mengetahui rasio partikel bambu dan pelepah kelapa sawit sebagai *filler hybrid* terhadap performa papan partikel.
2. Mengevaluasi papan partikel dari limbah bambu, pelepah dan tandan kosong kelapa sawit berdasarkan SNI 03-2105-2006.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dari penelitian papan partikel komposit ini antara lain:

1. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa menciptakan inovasi baru terkait pengolahan limbah bambu dan kelapa sawit menjadi papan partikel.

2. Pemerintah Provinsi Banten dapat mengembangkan material papan partikel yang lebih ramah lingkungan di Provinsi Banten.
3. Masyarakat dapat melakukan edukasi dan meningkatkan kesadaran mengenai daur ulang limbah bambu dan kelapa sawit menjadi produk yang bermanfaat.
4. Mahasiswa dapat mempelajari proses pembuatan papan partikel dan mendapatkan referensi dari peneliti lain yang mengerjakan topik serupa.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen yang dianalisis menggunakan metode statistik untuk membandingkan performa antara papan partikel dari partikel bambu dan partikel pelepah kelapa sawit serta kombinasi keduanya. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh kombinasi bahan terhadap sifat fisik dan mekanik papan sesuai standar SNI 03-2105-2006. Adapun teknik pengumpulan data menggunakan metode ini dapat dilakukan beberapa pengujian yaitu diantaranya pengujian densitas, kadar air, pengembangan tebal, kekuatan lentur, *Modulus of Elasticity* (MOE).

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merujuk pada berbagai macam jenis penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan bidang yang sama terkait penelitian yang sedang dilakukan. Hal ini bertujuan untuk memperkuat argument dalam penelitian dan digunakan untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam literatur yang dapat diisi oleh penelitian yang sedang dilakukan. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang menjadi gambaran atau referensi dalam melakukan penelitian ini:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul dan Tahun Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Akibat Penambahan <i>Filler</i> Serat Bambu (Rofaida A, 2021).	Pemanfaatan serbuk bambu sebagai <i>filler</i> untuk mengetahui perilaku fisik dan mekanik pada papan partikel.	Hasil penelitian berdasarkan pengujian yang dilakukan sesuai dengan SNI 03-2105-2006 yaitu kualitas papan partikel terbaik di dapat pada papan dengan komposisi <i>filler</i> serat bambu 40:60%
2.	Kualitas Papan Partikel dari Pelepah Kelapa Sawit dengan Perekat Damar (Didik Agus Sulaiman <i>et al.</i> 2019).	Pemanfaatan pelepah kelapa sawit untuk bahan pembuatan	Hasil penelitian berdasarkan pengujian yang dilakukan untuk

		<p>¹³ papan partikel dengan menggunakan bantuan bahan perekat berupa getah damar.</p>	<p>formulasi pelepah kelapa sawit dengan perekat damar perlakuan 70% : 30% sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI 03-2105-⁵⁴ 2006 yaitu kadar air, kerapatan, daya serap air, <i>modulus</i> <i>elastisitas</i> (MOE) dan modulus patah (MOR).</p>
--	--	--	--

Limbah kelapa sawit dan bambu memiliki keunggulan tersendiri yang menjadikannya bahan yang sangat baik untuk pembuatan papan partikel. Adapun beberapa alasan spesifik penggunaan bambu dan kelapa sawit sebagai papan partikel antara lain:

- a. Sifat Mekanik yang Baik, serat kelapa sawit memiliki kekuatan tarik cukup tinggi dan fleksibilitas yang baik. Hal tersebut cukup penting karena dapat memberikan struktur dan daya tahan papan partikel yang baik.
- b. Ramah Lingkungan, pengolahan limbah kelapa sawit cukup ramah lingkungan karena dapat mengurangi jumlah limbah yang sifatnya mencemari lingkungan. Menggunakan bahan tersebut dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan membantu mengurangi pencemaran udara. Sedangkan bambu menyerap karbon dioksida dalam

jumlah besar yang ⁸⁶ dapat memberikan kontribusi positif dalam mengurangi emisi gas rumah kaca.

- c. Biaya Produksi yang Lebih Rendah, limbah kelapa sawit merupakan bahan yang murah dan mudah diperoleh, apabila dibandingkan dengan bahan baku lain yang lebih mahal dan sulit untuk diakses. Meskipun harga bambu sedikit lebih mahal dibandingkan dengan limbah kelapa sawit akan tetapi jika dibandingkan dengan bahan baku seperti kayu keras masih terjangkau lebih murah.
- d. Kekuatan dan Ketahanan, bambu memiliki kekuatan mekanik yang sangat baik bahkan lebih kuat dibandingkan dengan jenis kayu keras. Bambu tahan terhadap pembusukan dan kerusakan akibat serangga.

⁴ 2.2 Papan Partikel

Papan partikel merupakan suatu jenis material komposit yang terbuat dari beberapa serpihan kayu dan kemudian direkatkan menggunakan resin atau perekat sintesis di bawah tekanan dan panas. Secara umum, ⁴³ papan partikel digunakan sebagai komponen nonstruktural seperti partisi dan mebel. Hal ini sejalan dengan penjelasan dari Sriyanti [7] menyatakan bahwa ⁸ papan partikel merupakan hasil campuran dari beberapa jenis bahan seperti kayu atau material lainnya yang bersifat adesif. Menurut Ayu [8] ⁴ menyatakan bahwa papan partikel merupakan bahan pengganti kayu yang terdiri dari serbuk kayu direkatkan menggunakan perekat melalui proses tekanan, tujuannya untuk mencapai kepadatan yang diinginkan tanpa melibatkan bahan tambahan lainnya.

Menurut Hatta [9] menyatakan bahwa perbaikan sifat papan partikel mungkin disebabkan oleh pelarutan wax dan pektin pada permukaan serat yang meningkatkan interaksi antara serat dan perekat. Untuk meningkatkan sifat ketebalan papan, serat perlu diurai menjadi komponen yang lebih kecil. Sejalan dengan pernyataan Ayu [8] menyatakan bahwa untuk memperoleh ⁴³ harga material yang kompetitif, bahan partikel biasanya berasal dari limbah seperti serbuk kelapa sawit dan serbuk bambu. Sementara itu, jika menggunakan

bahan dari kayu biasanya menggunakan kayu dengan harga rendah seperti kayu nangka dan kayu randu.

Berdasarkan kerapatannya, papan partikel dibedakan menjadi tiga golongan yaitu diantaranya sebagai berikut :

- a. Papan partikel berkerapatan rendah (*low density particle board*) merupakan papan partikel dengan kerapatan yang kurang dari $0,4 \text{ g/cm}^3$.
- b. Papan partikel berkerapatan sedang (*medium density particle board*) merupakan papan partikel dengan kerapatan diantara $0,4 - 0,8 \text{ g/cm}^3$.
- c. Papan partikel berkerapatan tinggi (*high density particle board*) merupakan papan partikel dengan kerapatan lebih dari $0,8 \text{ g/cm}^3$.

Bahan penyusunan papan partikel sangat mempengaruhi sifat-sifat pada papan yang akan dibuat. Bahan pembuatan papan akan diproduksi dengan membedakan berdasarkan jenis kayu, ukuran dan bentuk partikel. Sifat fisik dan mekanik papan partikel dipengaruhi oleh berbagai faktor [10] :

- a. Jenis kayu, jenis kayu yang digunakan dapat menentukan rendah kerapatan papan yang akan dicapai. Ciri terpenting yang mempengaruhi kecocokan untuk pembuatan papan partikel ini yaitu jenisnya. Ciri spesies lainnya yaitu ekstraktif, pH dan kapasitas penyangga.
- b. Ukuran dan geometri partikel, bentuk dan ukuran memengaruhi kekuatan dan stabilitas dimensi papan partikel. Geometri partikel memengaruhi sifat mekanik, karakteristik permukaan papan, reaksi terhadap kelembapan dan sifat-sifat penghalusan.
- c. Jenis dan jumlah partikel, terdiri dari tiga macam yaitu urea formaldehida, fenol formaldehida dan melamin formaldehida.
- d. Kerapatan papan, dapat mempengaruhi karakteristik papan partikel serta biaya produksi. Tujuan utama adalah untuk menjaga kerapatan serendah mungkin sambil memenuhi standar atau kebutuhan yang ditentukan oleh pembeli.
- e. Kadar air partikel berhubungan erat dengan proses pemanasan dan pengempasan sehingga memiliki dampak signifikan terhadap kualitas papan partikel yang dihasilkan.

2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kelapa sawit merupakan sisa yang dihasilkan dari proses kelapa sawit, terdiri dari beberapa serat lignoselulosa yang cukup besar dan memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan papan partikel.



Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pemanfaatan tandan kelapa sawit sebagai bahan dasar untuk produksi papan partikel merupakan salah satu cara efisien untuk memanfaatkan limbah pertanian. Menurut Haryanti [3] menyatakan bahwa tanda kelapa umumnya dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, pupuk organik, pulp dan kertas. Material selain kayu yang dapat digunakan sebagai bahan baku papan harus memenuhi syarat, yaitu mengandung lignoselulosa. Pada tandan kelapa sawit mengandung selulosa sebanyak 30 – 50% dan lignin sebanyak 13 – 30%.

2.4 Pelepah Kelapa Sawit

Indonesia merupakan negara sebagai produsen utama kelapa sawit yang memiliki jumlah pelepah kelapa sawit sangat banyak sebagai limbah pertanian. Pada umumnya, pelepah kelapa sawit tidak dimanfaatkan dan hanya dibakar atau dibiarkan membusuk begitu saja. Pelepah kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar yang ramah lingkungan dalam pembuatan papan partikel.

Menurut Laksono [11] mengatakan bahwa penggunaan pelepah kelapa sawit dalam pembuatan papan partikel merupakan salah satu solusi untuk mendukung berkelanjutan industri dan pelestarian lingkungan dan juga dapat memberikan nilai tambah pada limbah pertanian yang sebelumnya tidak dimanfaatkan dengan baik. Pelepah kelapa sawit mengandung beberapa

89 kandungan yang mendukung untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan papan partikel diantaranya yaitu kandungan selulosa sebesar 30 – 40%, hemiselulosa sebesar 25 – 35%, lignin sebesar 15 – 25%, ekstraktif sebesar 5 – 15% dan kandungan air sebesar 60 – 70%.



Gambar 2.2 Pelepah Kelapa Sawit

Menurut Didik [12] menyatakan bahwa pelepah kelapa sawit dapat dimanfaatkan untuk memproduksi bahan alternatif sebagai bahan baku salah satu bahan pembuatan papan yang mengandung lignoselulosa cukup tinggi. Hasil penelitian didapatkan bahwa perlakuan terbaik yaitu formulasi pelepah kelapa sawit dan perekat damar 70% ; 30% menghasilkan 70 kerapatan $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$, kadar air 9,11%, 32 serap air 213,12%, pengembangan tebal 132,11%, modulus elastis (MOE) $3.159,48 \text{ kgf.cm}^{-2}$ dan modulus patah (MOR) $19,17 \text{ kgf.cm}^{-3}$ sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh SNI 03-2105.2006.

2.5 Bambu

84 Bambu merupakan tanaman yang memiliki laju pertumbuhan sangat cepat, dimana beberapa spesies bambu dapat tumbuh beberapa meter dengan waktu singkat. Berdasarkan hal tersebut yang menjadikan bambu sebagai sumber daya yang melimpah dan berkelanjutan, dapat di panen dengan waktu yang lebih singkat apabila dibandingkan dengan kayu konvensional. Pemanfaat bambu untuk pembuatan papan merupakan alternatif dengan bahan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Sifat mekanik yang dimiliki oleh bambu seperti kekuatan tarik yang tinggi dan fleksibel sangat cocok untuk digunakan dalam pembuatan papan partikel.



Gambar 2.3 Bambu

Menurut Laksono [11] menyatakan bahwa ¹³ bahan baku dalam memproduksi papan partikel tidak sebatas dari bahan berbasah dasar kayu maupun limbah kayu, semakin berkembangnya zaman menjadikan harga kayu tinggi dan masokan kayu terbatas. Pemanfaatan bahan berlignoselulosa seperti bambu dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan papan partikel. ²⁴ Bambu memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi karena kerapatannya yang rendah dan kekuatan mekanik yang cukup tinggi. Selain itu, papan partikel dari bambu merupakan salah satu alternatif dengan nilai ekonomis, ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk peningkatan limbah dari pengolahan bambu.

2.6 PVAc

⁴² Polyvinyl Acetate (PVAc) merupakan suatu jenis perekat polimer yang sangat sering digunakan dalam proses pembuatan papan partikel. Perekat jenis ini memiliki peran penting yaitu untuk memastikan partikel kayu atau serbuk bambu dapat menyatu dengan baik dan membentuk papan yang kuat dan stabil. Penggunaan bahan perekat jenis PVAc yaitu ramah lingkungan dibanding dengan perekat berbasis formaldehida, tidak mengeluarkan bau yang kuat atau beracun dan biaya penggunaannya cukup terjangkau karena relatif lebih murah dibanding dengan jenis perekat lainnya. Hal ini sejalan dengan penjelasan dari Sriyanti [7] menyatakan bahwa PVAc mempunyai kelebihan yaitu tidak berbau, tidak mudah terbakar dan cepat untuk mengeras. Perekat berbasis formaldehida memiliki kandungan cukup tinggi bahkan melebihi batas standar yang dapat berdampak negative terhadap Kesehatan. Sehingga penggunaan

perekat yang tidak mengandung emisi formal dehidat merupakan suatu inovasi dalam penggunaan perekat.



Gambar 2.4 *Polyvinyl Acetate* (PVAc)

Menurut Haryanti [3] menyatakan bahwa *Polyvinyl Acetate* (PVAc) pada papan dengan terbuat dari limbah pengergajian sering kali menunjukkan hasil memenuhi standar SNI berikut beberapa parameter yang diuji yaitu kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, keteguhan patah dan keteguhan tarik. Akan tetapi, nilai MOE hasilnya tidak memenuhi standar. Meski demikian, penggunaan PVAc dapat meningkatkan kualitas sifat fisik dan mekanik papan partikel.

2.7 Resin Epoxy

Resin epoksi dan *Polyvinyl Acetate* (PVAc) merupakan dua jenis bahan perekat yang umum digunakan berbagai aplikasi termasuk pembuatan papan. Kedua jenis rekatan tersebut tentu memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal sifat, penggunaan maupun keunggulan. Resin epoksi berasal dari pengeras (*Hardener*) yang dapat menyebabkan reaksi kimia eksotermik tujuannya untuk mengeras dan membentuk ikatan yang sangat kuat. Menurut Sari [13] menyatakan bahwa resin epoksi (RE) bisa menahan muatan hingga 9000 kg/m^2 sehingga perekat ini merupakan golongan perekat superior. Adapun keunggulan penggunaan perekat resin epoksi adalah memiliki tingkat kerusakan rendah apabila dibandingkan perekat lain. Berdasarkan penelitian didapatkan bahwa sifat mekanik papan dipengaruhi oleh bahan dan ukuran partikel dari suatu jenis bahan yang digunakan seperti ukuran pada partikel tempurung kelapa. Partikel 60 ke 120 mesh membuat sifat mekaniknya menjadi meningkat dan dihasilkan papan partikel ukuran 120 mesh dengan perekat resin

epoksi 20 vol.%. Penggunaan tempurung kelapa dengan resin epoksi mempunyai potensi untuk menghasilkan papan partikel standar.



Gambar 2.5 Resin Epoksi

2.8 Pengujian Material

Pengujian material dari papan partikel ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas dan kinerja pada papan yang dibuat dengan bahan serbuk kelapa sawit dan bambu. Menurut BSN [14] mengatakan bahwa karakteristik pengujian material dilakukan sesuai dengan SNI 03-21-5-2006 yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan kualitas papan partikel dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel

No.	Sifat Fisik dan Mekanik	SNI 03-2105-2006
1.	Kerapatan (g/cm^3)	0.40-0.90
2.	Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
3.	Kadar Air (%)	Maks 14
4.	Kekuatan Lentur (kgf/cm^2)	Min 82
5.	Modulus of Elasticity (kgf/cm^2)	Min 20.400

Berdasarkan penelitian ini, pengujian fisis dan mekanik dilakukan untuk mengevaluasi sifat-sifat penting dari papan partikel komposit. Pengujian ini mencakup pengujian densitas, pengujian pengembangan tebal. Pengujian kadar air, pengujian kekuatan lentur dan *Modulus of Elasticity* (MOE). Adapun penjelasan lebih lanjut mengenai pengujian karakteristik ini sebagai berikut :

2.8.1 Pengujian Densitas

Pengujian densitas merupakan pengujian dengan menimbang massa sampel kering yang dibagi dengan volume sampel. Pengujian densitas dapat

mempengaruhi kualitas dan karakteristik mekanik papan partikel baik itu kekuatan, kekakuan maupun kestabilan dimensi. Berikut merupakan rumus pengujian densitas yaitu :

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

Keterangan :

M_k = Massa sampel pada saat kering (g)

V = Volume sampel (cm^3)

2.8.2 Pengujian Pengembangan Tebal

Pengujian pada papan partikel menurut SNI 03-2105-2006 merupakan suatu metode yang dilakukan dengan menilai ketahanan pada papan melalui kelembapan hingga air. Papan partikel akan direndam selama beberapa waktu dalam air, tujuannya supaya mengetahui kemampuan papan dalam menyerap air dengan nilai pengembangan tidak melebihi 12%. Berikut merupakan rumus pengujian pengembangan tebal yaitu :

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

Keterangan :

T_1 = Tebal sebelum perendaman (mm)

T_2 = Tebal sesudah perendaman (mm)

2.8.3 Pengujian Kadar Air

Pengujian dalam papan partikel penting dilakukan tujuannya supaya memastikan bahwa papan memiliki sifat fisik stabil dan memenuhi standar kualitas yang diperlukan. SNI 03-2105-2006 menetapkan bahwa kadar air papan partikel harus dibawah 14%, kadar air tinggi dapat menyebabkan papan mengalami distrosi, pengembangan tebal maupun penurunan kekuatan mekanik. Berikut merupakan rumus pengujian kadar air yaitu :

$$\text{Kadar Air (S)} = \frac{m_a - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

m_a = Massa awal (g)

m_k = Massa kering (g)

2.8.4 Pengujian Kekuatan Lentur

Pengujian kekuatan lentur dalam papan partikel penting dilakukan karena bertujuan untuk memastikan papan mempunyai kekuatan cukup dalam menahan beban lentur. Pengujian kekuatan lentur dilakukan dengan menggunakan *Zwick Z020* dengan minimum kelenturan 82 kgf/cm². Berdasarkan ASTM D790 uji berukuran 8 x 1,5 x 0,6 cm. Berikut merupakan rumus pengujian kekuatan lentur yaitu :

$$MOR = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- MOR = kekuatan lentur (kgf/cm²)
 P = Massa beban sampai patah (kgf)
 L = Jarak sangga (cm)
 b = Lebar benda uji (cm)
 h = Tebal benda uji (cm)

2.8.5 Pengujian *Modulus of Elasticity* (MOE)

MOE merupakan pengujian dengan mengukur kekakuan pada papan partikel, semakin kaku suatu papan maka akan lebih sedikit papan tersebut dapat melentur dibawah beban. Pengujian MOE dilakukan dengan memakai contoh uji yang sama dengan nilai minimum elastisitas 2,04 x 10⁴ kgf/cm². Berdasarkan ASTM D790 contoh uji berukuran 8 x 1,5 x 0,6 cm. Berikut merupakan rumus pengujian MOE yaitu :

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

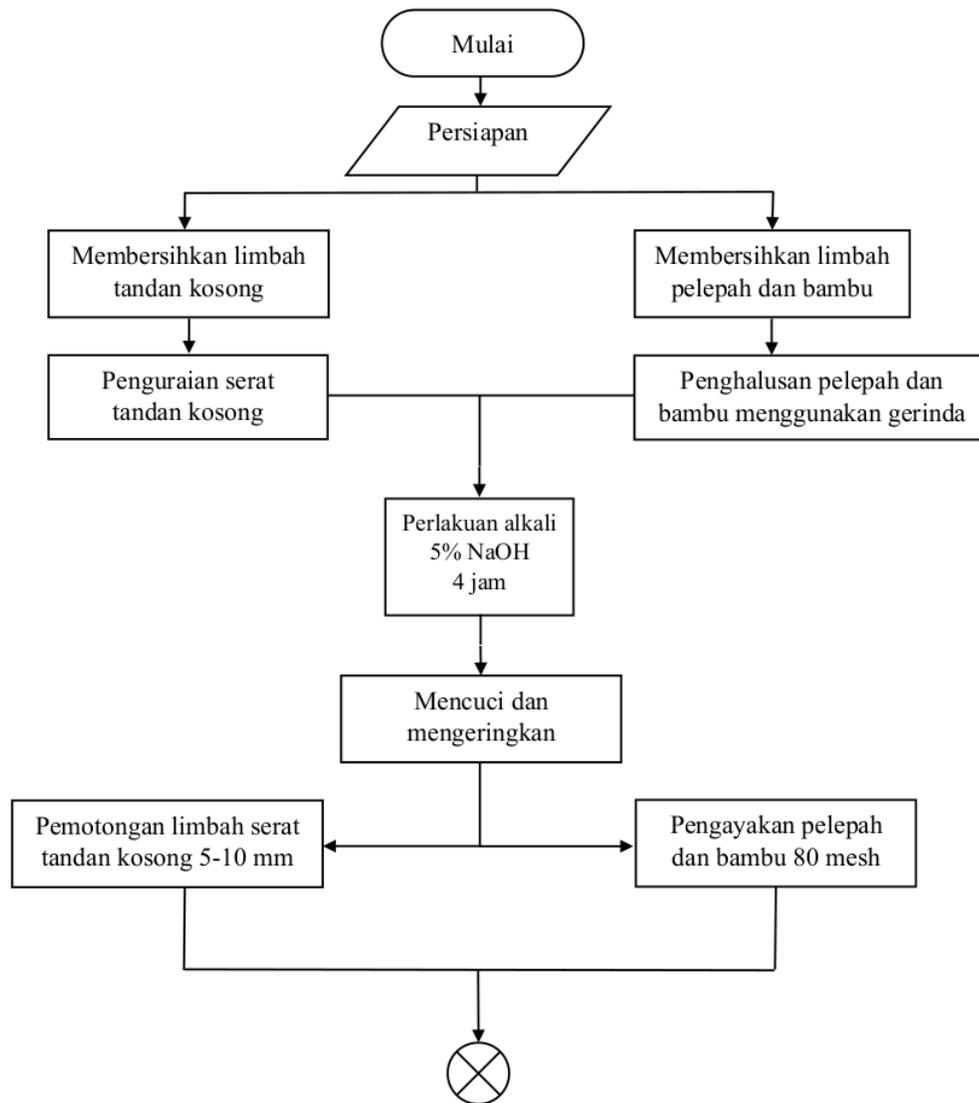
Keterangan :

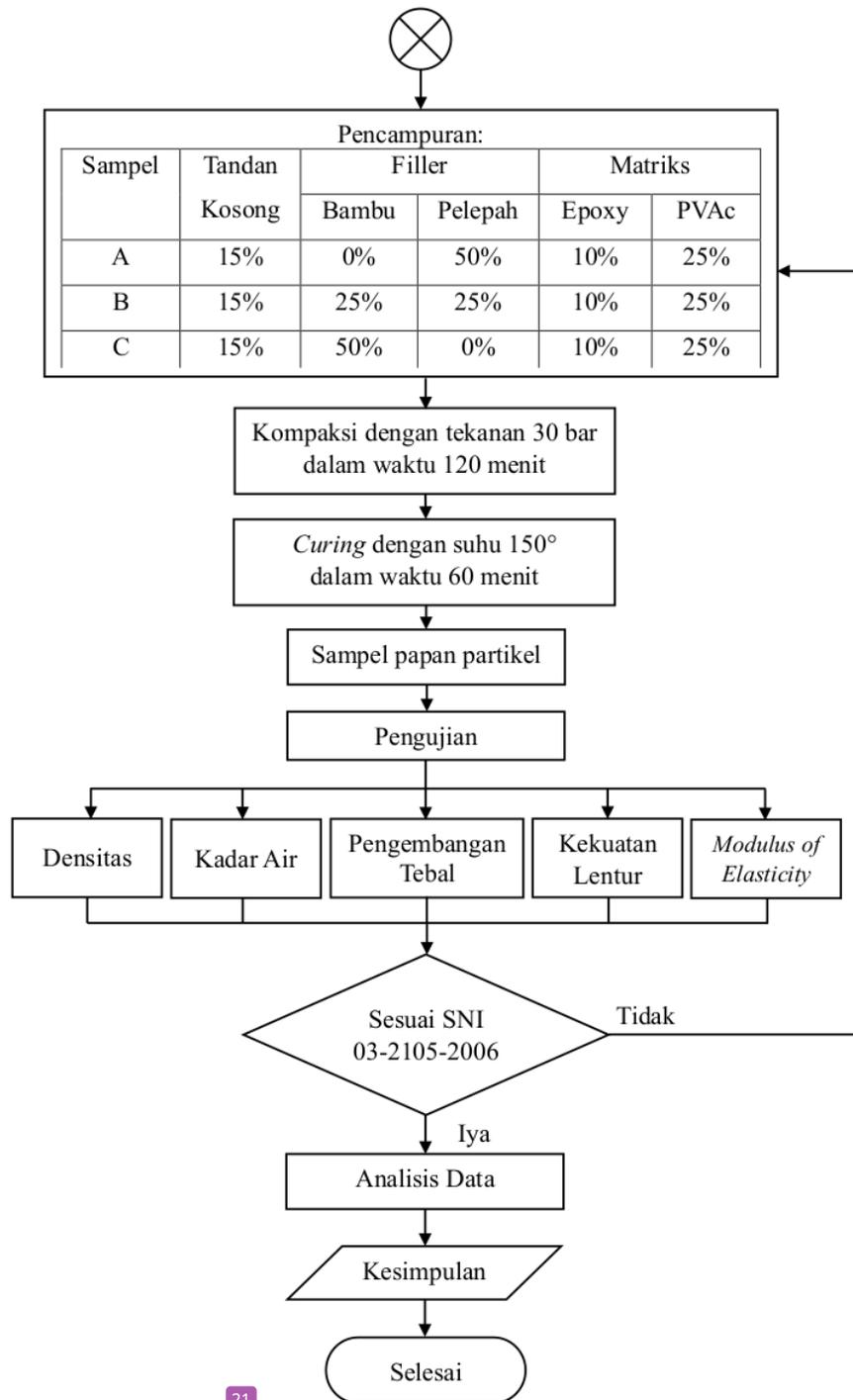
- MOE = Modulus lentur (kgf/cm²)
 L = Jarak sangga (cm)
 b = Lebar benda uji (cm)
 h = Tebal benda uji (cm)
 m = *Slope tangent* pada kurva beban defleksi (kgf/cm)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir yang digunakan pada penelitian ini yang dapat menggambarkan proses tahapan yang akan dilakukan sebagai berikut:





3.2 Alat dan Bahan Penelitian

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

3.2.1 Alat Penelitian

Berikut alat yang digunakan dalam melakukan penelitian papan partikel:

1. Cetakan

Berfungsi untuk memperoleh bentuk papan partikel.



Gambar 3.2 Cetakan

2. Alat pengaduk

Berfungsi untuk mengaduk campuran bahan hingga merata.



Gambar 3.3 Alat Pengaduk

3. Sarung tangan APD

Berfungsi untuk menghindari cedera saat penelitian.



Gambar 3.4 Sarung Tangan APD

4. Ayakan 80 mesh

Berfungsi untuk menyaring partikel bambu dan pelepah kelapa sawit.



Gambar 3.5 Ayakan 80 Mesh

5. Gerinda

Berfungsi untuk menghaluskan partikel bambu dan pelepah kelapa sawit.



Gambar 3.6 Gerinda

6. Oven

Berfungsi untuk pengujian kadar air spesimen uji.



Gambar 3.7 Oven

7. Jangka sorong

Berfungsi untuk mengukur spesimen uji. Berikut merupakan spesifikasi dari alat jangka sorong:

- Nilai ketelitian : 0,01 cm
- Rentang : 0-15 cm



Gambar 3.8 Jangka Sorong

8. Mesin *press*

Berfungsi untuk menekan spesimen pada cetakan.



Gambar 3.9 Mesin *Press*

9. ⁴ *Universal Testing Machine* (UTM)

Berfungsi untuk mengukur pengujian kekuatan lentur dan keteguhan lentur.



Gambar 3.10 *Universal Testing Machine* (UTM)

10. Gunting

Berfungsi untuk memotong ¹ serat tandan kosong kelapa sawit.



Gambar 3.11 Gunting

11. Neraca digital

Berfungsi untuk mengukur berat bahan dan spesimen uji. Berikut merupakan spesifikasi dari alat neraca digital:

- Kapasitas : 2000 g
- Akurasi : 0,01 g
- Luas alas timbang : 18 cm x 15,5 cm



Gambar 3.12 Neraca Digital

34

3.2.2 Bahan Penelitian

Berikut bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian papan partikel:

1. Bambu

Berfungsi sebagai *filler* pada papan partikel.



Gambar 3.13 Bambu

2. Pelepah kelapa sawit

Berfungsi sebagai *filler* pada papan partikel.



Gambar 3.14 Pelepah Kelapa Sawit

3. Tandan kosong kelapa sawit

Berfungsi sebagai serat pada papan partikel.



Gambar 3.15 Tandan Kosong Kelapa Sawit

4. PVAc

Berfungsi sebagai matriks pada papan partikel.



Gambar 3.16 Polyvinyl Acetate

5. NaOH

Berfungsi untuk menghilangkan kandungan zat lignin.



Gambar 3.17 NaOH

6. Resin epoksi

Berfungsi sebagai matriks pada papan partikel. Berikut merupakan spesifikasi dari resin epoksi:

- Waktu curing : 30 menit – 24 jam
- Suhu kerja : 40-150°C



Gambar 3.18 Resin Epoksi

7. Aquades

Berfungsi untuk membersihkan *glass ware*.



Gambar 3.19 Aquades

8. Sampel Papan Partikel

Spesimen yang akan digunakan untuk pengujian fisis dan mekanis.



Gambar 3.20 Sampel Papan Partikel

3.3 Tahapan Pembuatan Penelitian

Pada tahapan penelitian ini terdapat beberapa tahapan. Berikut tahapan penelitian yang digunakan antara lain:

3.3.1 Pembuatan Serat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pada tahap ini yaitu pembuatan serat dari limbah tandan kosong kelapa sawit yang akan digunakan sebagai penguat. Tahap pertama yang dilakukan adalah menyiapkan limbah tandan kosong kelapa sawit, setelah itu membersihkan dan menjemur limbah tandan kosong agar serat mudah terurai. Selanjutnya dilakukan penguraian serat. Setelah penguraian serat, langkah selanjutnya melakukan perlakuan alkali terhadap serat menggunakan 5% NaOH selama 4 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.

3.3.2 Pembuatan *Filler* dari Pelepah Kelapa Sawit

Mempersiapkan pelepah kelapa sawit kemudian membersihkan pelepah dari kotoran, setelah itu menjemur pelepah di bawah sinar matahari. Apabila pelepah sudah kering dilanjut penghalusan pelepah menggunakan gerinda agar menjadi partikel serbuk. Setelah pelepah menjadi partikel serbuk kemudian dilakukan alkalisasi 5% NaOH selama 4 jam. Setelah dilakukan alkalisasi kemudian mencuci serbuk menggunakan air bersih agar alkali NaOH menghilang. Selanjutnya serbuk di jemur kembali di bawah sinar matahari, ketika serbuk sudah kering dilanjut melakukan pengayakan serbuk pelepah menggunakan ayakan 80 mesh.

3.3.3 Pembuatan *Filler* dari Bambu

Mempersiapkan bambu kemudian membersihkan bambu dari kotoran, setelah itu menjemur bambu di bawah sinar matahari. Apabila bambu sudah kering dilanjut penghalusan bambu menggunakan gerinda agar menjadi partikel serbuk. Setelah bambu menjadi partikel serbuk kemudian dilakukan alkalisasi 5% NaOH selama 4 jam. Setelah dilakukan alkalisasi kemudian mencuci serbuk menggunakan air bersih agar alkali NaOH menghilang. Selanjutnya serbuk di jemur kembali di bawah sinar matahari, ketika serbuk sudah kering dilanjut melakukan pengayakan serbuk bambu menggunakan ayakan 80 mesh.

3.3.4 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 serat tandan kosong sebesar 15%, penimbangan serbuk pelepah sebesar 50% dan 25%, penimbangan serbuk bambu sebesar 25% dan 50%, penimbangan resin

epoxy sebesar 10% dan penimbangan PVac sebesar 25%. Penentuan persentase bahan ini mengacu pada ukuran bahan yang akan dibuat.

3.3.5 Pembuatan Papan Partikel

Mempersiapkan bahan campuran papan partikel yaitu: limbah tandan kosong kelapa sawit, pelepah kelapa sawit, bambu, resin epoxy dan PVac. Melakukan proses penimbangan bahan menggunakan neraca digital. Melakukan pencampuran sesuai persen yang sudah ditentukan. Menuangkan adonan ke dalam cetakan yang tersedia. Melakukan proses kompaksi dengan menggunakan teknik *coolpress* pada tekanan kempanya adalah 30 bar dalam waktu 120 menit. Setelah itu spesimen dikeluarkan dari cetakan dan diberikan perlakuan *curing* pada suhu 150° selama 60 menit.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data menggunakan metode ini dapat dilakukan beberapa pengujian. Berikut merupakan pengujian yang akan dilakukan antara lain:

3.4.1 Densitas

Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran (3 x 3 x 1) cm³. Melakukan pengukuran panjang dan lebar pada kedua sisi papan partikel 1,5 cm dari tepi dengan ketelitian 0,1 mm. Melakukan pengukuran ketebalan pada keempat sisi sudutnya. Melakukan penimbangan untuk menentukan massanya dengan ketelitian 0,1 g. Melakukan pengukuran rata-rata panjang, lebar, dan tebalnya untuk menentukan volume.

3.4.2 Kadar Air

Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran (3 x 3 x 1) cm³ dan ditimbang untuk menentukan berat awal dengan ketelitian 0,1 g. Memasukan sampel ke dalam oven pada suhu 103°C. Menghitung selang waktu 2 jam untuk setiap penimbangan.

3.4.3 Pengembangan Tebal

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

3.4.4 Kekuatan Lentur

Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran $(8 \times 1,5 \times 0,6) \text{ cm}^3$. Melakukan pengukuran panjang, lebar, dan tebalnya. Meletakkan sampel pada penyangga menggunakan lebar bentang. Meletakkan beban pada bagian pusat dengan kecepatan 2 mm/menit, tanpa di catat defleksinya.

3.4.5 MOE (*Modulus Of Elasticity*)

Mempersiapkan sampel A, B, dan C berukuran $(8 \times 1,5 \times 0,6) \text{ cm}^3$. Melakukan pengukuran panjang, lebar, dan tebalnya. Meletakkan sampel pada penyangga Zwick Z020 dengan menggunakan lebar bentang. Meletakkan beban pada bagian pusat dengan kecepatan 2 mm/menit, kemudian di catat defleksinya.

3.5 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini mempunyai beberapa jenis variabel, antara lain dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu komposisi volume serbuk bambu sebesar 0%, 25%, 50% dan serbuk pelepah kelapa sawit sebesar 50%, 25%, 0%.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat dari penelitian ini adalah densitas, kadar air, pengembangan tebal, kekuatan lentur, dan MOE (*Modulus of Elasticity*).

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu meliputi *filler* bambu dan pelepah kelapa sawit, serat tandan kosong kelapa sawit, PVAc, Resin Epoxy, ukuran mesh 80, dan metode pembuatan papan partikel.

DATA DAN ANALISA

4.1 Bahan-bahan Pembuatan Papan Partikel

Pada penelitian pembuatan papan partikel komposit ini terdapat beberapa bahan penyusun. Bahan penyusun papan komposit ini yaitu partikel bambu dan pelepah kelapa sawit, serat tandan kosong kelapa sawit, lem PVAc serta resin epoxy. Nilai kerapatan bahan komposit dapat dilihat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kerapatan Bahan

Bahan	Persentase (%)	Kerapatan (g/cm^3)
Bambu	0, 25, 50	0,30
Pelepah kelapa sawit	50, 25, 0	0,28
Tandan kosong kelapa sawit	15	0,24
Resin Epoxy	10	1,10
PVAc	25	1,07
Total	100	

4.2 Pengujian Sifat Fisis

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

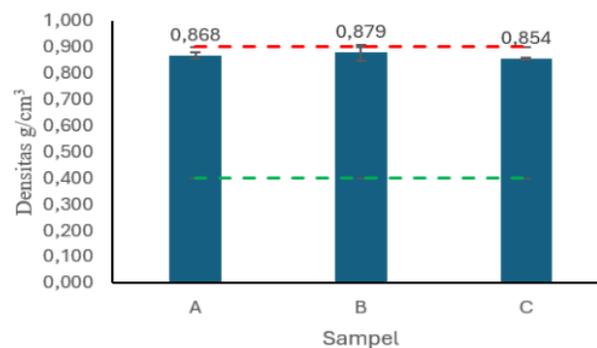
4.2.1 Pengujian Densitas

Pengujian densitas pada sampel komposit diperoleh dengan membandingkan massa serta volume, yang diukur secara langsung menggunakan neraca digital serta jangka sorong memakai rumus Persamaan 2.1. Pada Tabel 4.2 menunjukkan hasil densitas pada sampel.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Densitas

Sampel	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densitas (g/cm ³)	Rata-Rata	
A	A1	12,2	13,952	0,874	
	A2	11,9	13,909	0,856	0,868
	A3	12,2	13,952	0,875	
B	B1	11,9	13,587	0,876	
	B2	12,7	13,95	0,910	0,879
	B3	11,8	13,862	0,851	
C	C1	12,3	14,326	0,859	
	C2	12,4	14,514	0,854	0,854
	C3	12,5	14,704	0,850	

Sesuai Tabel 4.2 dapat ditinjau bahwa hasil densitas tertinggi di papan komposit ini dihasilkan pada sampel B dengan nilai sebesar 0,879 g/cm³, sedangkan nilai densitas terendah ada pada papan komposit dengan sampel C dengan nilai 0,854 g/cm³, dan papan komposit dengan sampel A didapatkan nilai densitas sebesar 0,868 g/cm³. Sesuai standar SNI 03-2105-2006 perihal papan partikel bahwa nilai dari densitas berkisar 0,4 – 0,9 g/cm³. Mengacu pada standar tersebut ketiga sampel tersebut sudah memenuhi standar yang berlaku. Hal ini disebabkan karena penyebaran partikel yang merata dalam pembuatan papan komposit. Adapun grafik dari pengujian densitas ini dapat ditinjau di Gambar 4.1 sebagai berikut:

**Gambar 4.1** Pengujian Densitas

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai kerapatan papan parikel pelepah kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan menggunakan bambu. Hasil penelitian Nanda [17] menyatakan bahwa penggunaan komposisi serbuk bambu menunjukkan hasil kerapatan papan yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan tandan kosong kelapa sawit. Penambahan kombinasi serbuk bambu dan pelepah kelapa sawit menunjukkan korelasi yang kuat antara kedua bahan tersebut. Hal ini demikian, karena kandungan selulosa yang terkandung di dalam bahan. Semakin tinggi kadar selulosa maka nilai kerapatan akan semakin besar pula.

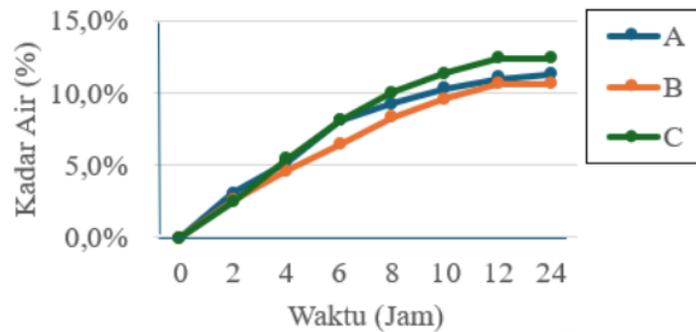
Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nanda [17] hasil pengujian terbaik pada pengujian densitas didapatkan bahwa penggunaan komposisi bahan TKKS, bambu dan perekat pada rasio 40%:45%:15% menunjukkan hasil 0,74 g/cm³. Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan TKKS, Pelepah, Bambu, dan perekat pada rasio 15%:25%:25%:35% menunjukkan hasil sebesar 0,879 g/cm³. Perbedaan nilai densitas terjadi akibat adanya penambahan komposisi bahan seperti pelepah dan perekat yang ditingkatkan.

4.2.2 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan cara menghitung massa awal serta massa kering. Massa kering diperoleh sesudah dioven setiap 2 jam selama 24 jam. Peristiwa ini ditunjukkan di Tabel 4.3 serta Gambar 4.2 tentang persentase selisih massa sehabis dilakukan pengujian kadar air dengan selang waktu 2 jam selama 24 jam.

Tabel 4.3 Persentase Selisih Massa Pengujian Kadar Air

Variabel	Persentase Selisih Massa						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
A	3,1	5,2	8,0	9,3	10,3	11,0	11,4
B	2,5	4,6	6,4	8,4	9,6	10,6	10,6
C	2,5	5,4	8,1	10,1	11,4	12,4	12,4



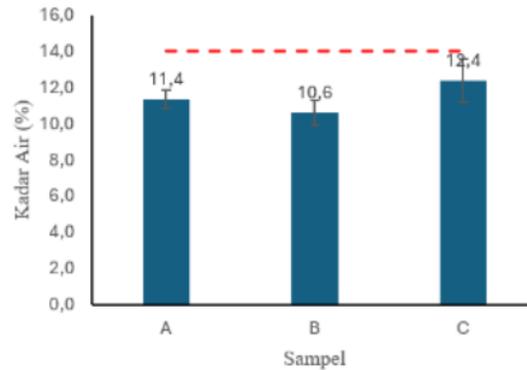
Gambar 4.2 Persentase Massa Pengujian ³⁵ Kadar Air

Nilai kadar air dapat dihitung menggunakan rumus di ²⁸ **Persamaan 2.3**. Adapun hasil pengujian dari kadar air yang sudah dilakukan bisa ditinjau ²⁸ pada **Tabel 4.4** di bawah ini:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Air

Sampel	ma (g)	mk (g)	Kadar Air	Rata-Rata	
A	A1	12,2	10,9	11,9%	11,4%
	A2	11,9	10,7	11,2%	
	A3	12,2	11	10,9%	
B	B1	11,9	10,8	10,2%	10,6%
	B2	12,7	11,4	11,4%	
	B3	11,8	10,7	10,3%	
C	C1	12,3	11	11,8%	12,4%
	C2	12,4	10,9	13,8%	
	C3	12,5	11,2	11,6%	

Seperti yang tercantum di ⁸ **standar SNI 03-2105-2006** bahwa **nilai kadar air** yang memenuhi standar yaitu maksimal 14%. Pada **Tabel 4.4** nilai kadar air paling rendah yaitu rata-rata sebanyak 10,6% pada sampel B, sedangkan nilai kadar air paling tinggi yaitu rata-rata sebesar 12,4% pada sampel C. dengan demikian, mengacu pada ² **standar SNI 03-2105-2006** bahwa ¹⁷ **seluruh sampel A - C memenuhi** syarat. Grafik di pengujian kadar air bisa ditinjau ¹⁷ pada **Gambar 4.3** sebagai berikut:



Gambar 4.3 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dalam papan partikel dipengaruhi oleh kondisi lingkungan papan ditempatkan seperti suhu dan kelembapan, kandungan zat kimia dalam bahan baku meliputi selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif. Selain itu, sifat fisik dan sifat hidroskopis seperti bentuk, berat, kerapatan, kekerasan dan penyerapan maupun penguapan uap air bahan [15]. Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada sampel A dan B cenderung menghasilkan nilai rata-rata kadar air lebih rendah yaitu 11,4% dan 10,6% dibandingkan pada sampel C. Hasil pengujian antara kadar air dan densitas akan berbanding terbalik. Dimana nilai densitas akan semakin tinggi karena ikatan yang kuat antara partikel yang digunakan, sehingga air yang terkandung dalam komposit akan lebih sedikit. Menurut Anas [16] menyatakan bahwa hasil rata-rata pengujian nilai densitas yang tinggi akan mengurangi rongga pada papan sehingga air yang masuk akan lebih sedikit. Pada hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai kadar air dengan densitas yang tinggi karena ikatan antara partikel sangat kuat dan menjadikan molekul air sulit untuk mengisi rongga dalam papan partikel tersebut.

Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nanda [17] hasil pengujian terbaik pada pengujian kadar air didapatkan bahwa penggunaan komposisi bahan TKKS, bambu dan perekat pada rasio 40%:45%:15% menunjukkan hasil 2,4%. Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan TKKS, Pelepah, Bambu, dan perekat pada rasio 15%:25%:25%:35%

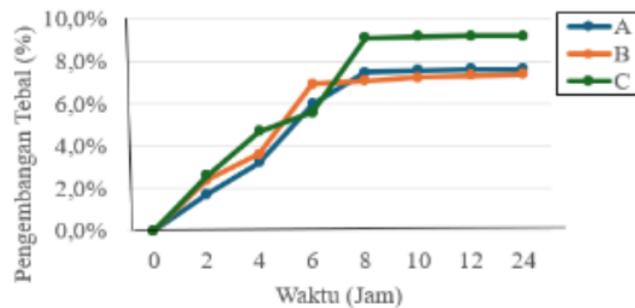
menunjukkan hasil sebesar 10,6%. Perbedaan nilai kadar air akan semakin menurun akibat penambahan persentase tandan kosong kelapa sawit.

4.2.3 Pengujian Pengembangan Tebal

Pengujian pengembangan tebal menggunakan cara direndam pada air selama 24 jam pada temperatur ruang. Peristiwa ini ditunjukkan di Tabel 4.5 serta Gambar 4.4 tentang persentase selisih tebal sehabis dilakukan perendaman dengan selang waktu 2 jam selama 24 jam.

Tabel 4.5 Persentase Selisih Tebal Pengujian Pengembangan Tebal

Variabel	Persentase Selisih Tebal						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
A	1,7	3,2	6,0	7,5	7,6	7,6	7,6
B	2,4	3,6	7,0	7,1	7,3	7,3	7,4
C	2,6	4,7	5,6	9,1	9,2	9,2	9,2



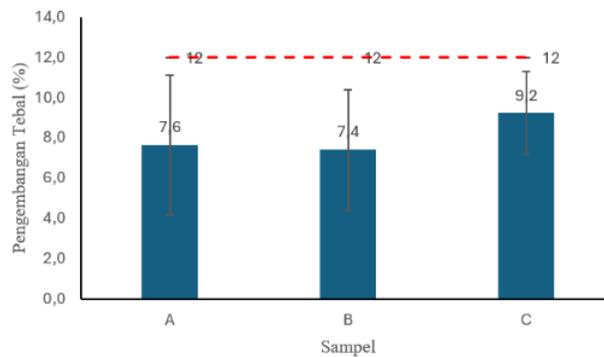
Gambar 4.4 Persentase Pengujian Pengembangan Tebal

Persentase pengembangan tebal dapat dihitung menggunakan rumus di Persamaan 2.2. Adapun hasil pengujian pengembangan tebal dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini:

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal

Sampel	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	Pengembangan Tebal	Rata- Rata	
A	10 A2	12,19	11,5	6,0%	7,6%
	A3	12,88	12,23	5,3%	
	B1	12,87	11,53	11,6%	
	B2	12,19	11,17	9,1%	
B	B3	11,79	11,34	4,0%	7,4%
	C1	12,2	11,18	9,1%	
	C2	13,52	12,15	11,3%	
C	C3	13,16	12,28	7,2%	9,2%
		13,71	12,55	9,2%	

Seperti yang tercantum pada standar ⁴² SNI 03-2105-2006 bahwa nilai pengembangan tebal yang memenuhi standar yaitu maksimal 12%. Pada Tabel 4.6 nilai pengembangan tebal paling baik yaitu rata-rata sebanyak 7,4% pada sampel B, sedangkan nilai pengembangan tebal yang kurang baik yaitu rata-rata sebanyak 9,2% pada sampel C. dengan demikian, mengacu pada ² standar SNI 03-2105-2006 bahwa semua sampel A - C ¹⁷ memenuhi syarat. Grafik di pengujian pengembangan tebal bisa ditinjau pada Gambar 4.5 sebagai berikut:

**Gambar 4.5** Pengujian Pengembangan Tebal

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada sampel A dan B cenderung menghasilkan nilai rata-rata pengembangan tebal lebih rendah yaitu 7,6% dan 7,4% dibandingkan pada sampel C. Hasil pengujian antara pengembangan tebal pada komposit papan partikel berbanding terbalik

dengan hasil rata-rata pada pengujian nilai densitas. Nilai pengembangan tebal terbaik berada pada nilai persentase terkecil karena papan mampu untuk mengantisipasi penyerapan air terhadap papan partikel. Menurut Dwi [15] menyatakan bahwa ukuran partikel yang panjang akan menghasilkan nilai pengembangan tebal yang lebih rendah dibandingkan ukuran partikel yang pendek. Studi ini diperkuat oleh Afrilda [17] yang menyatakan bahwa pengembangan tebal pada papan partikel semakin tinggi dengan bertambahnya serbuk bambu dan semakin menurun dengan bertambahnya tandan kosong kelapa sawit. Hal ini terjadi karena penambahan serbuk bambu dapat meningkatkan pengembangan tebal dan penambahan serbuk pelepah kelapa sawit mengakibatkan penurunan pengembangan pada papan partikel yang dihasilkan.

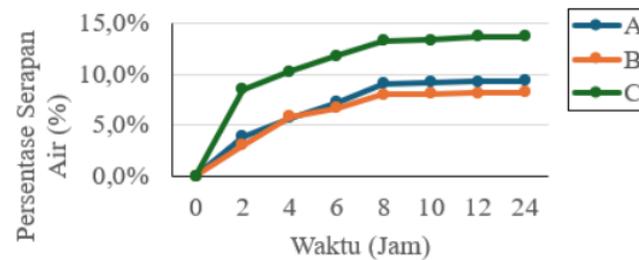
Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nanda [17] hasil pengujian terbaik pada pengujian pengembangan tebal didapatkan bahwa penggunaan komposisi bahan TKKS, bambu dan perekat pada rasio 40%:45%:15% menunjukkan hasil 7,2%. Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan TKKS, Pelepah, Bambu, dan perekat pada rasio 15%:25%:25%:35% menunjukkan hasil sebesar 7,4%. Perbedaan nilai pengembangan tebal akan semakin menurun akibat penambahan persentase tandan kosong kelapa sawit.

4.2.4 Pengujian Persentase Serapan Air

Pengujian persentase serapan air pada sampel komposit diperoleh dengan menentukan massa awal dan massa sesudah direndam. Sampel di rendam lalu menghitung massanya dengan selang waktu 2 jam buat setiap penimbangan sampai 24 jam yang diukur secara langsung menggunakan neraca digital dengan menggunakan rumus Persamaan 2.3. Peristiwa ini ditunjukkan di Tabel 4.7 serta Gambar 4.6 tentang persentase selisih massa sehabis dilakukan perendaman dengan selang waktu 2 jam selama 24 jam.

Tabel 4.7 Persentase Selisih Massa Pengujian Serapan Air

Variabel	Persentase Selisih Berat						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
A	3,8	5,7	7,2	9,1	9,2	9,3	9,3
B	3,0	5,8	6,7	8,0	8,1	8,2	8,2
C	8,5	10,3	11,8	13,3	13,4	13,7	13,7

**Gambar 4.6** Persentase Massa Serapan Air

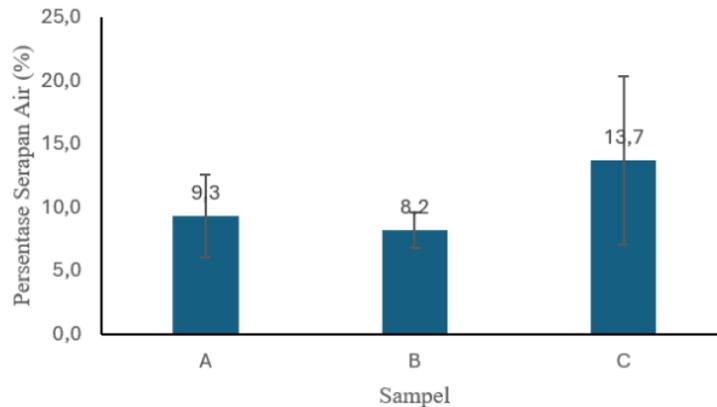
Di Tabel 4.8 menunjukkan hasil persentase serapan air di sampel:

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Persentase Serapan Air

Sampel	Persentase Serapan Air			Rata-Rata
	DS2 (g)	DS1 (g)	Hasil	
A	A1	12,23	10,9	12,2%
	A2	11,26	10,7	5,2%
	A3	12,16	11	10,5%
B	B1	11,51	10,8	6,6%
	B2	12,62	11,4	10,7%
	B3	11,48	10,7	7,3%
C	C1	12,6	11	14,5%
	C2	13,02	10,9	19,4%
	C3	11,99	11,2	7,1%

⁸ Pada SNI 03-2105-2006 tidak menetapkan nilai buat persentase serapan air, pengujian ini tetap dilakukan buat mengevaluasi ketahanan papan partikel terhadap penyerapan air. Pada Tabel 4.8 nilai persentase serapan paling baik

yaitu rata-rata sebanyak 8,2% pada sampel B, sedangkan nilai pengembangan tebal yang kurang bagus yaitu rata-rata sebanyak 13,7% pada sampel C. Grafik pada pengujian persentase serapan air dapat ditinjau di Gambar 4.7 sebagai berikut:



Gambar 4.7 Pengujian Persentase Serapan Air

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada sampel A dan B cenderung menghasilkan nilai rata-rata persentase serapan air lebih rendah yaitu 9,3% dan 8,2% dibandingkan pada sampel C. Hasil pengujian antara persentase serapan air pada komposit papan partikel berbanding terbalik dengan hasil rata-rata pada pengujian nilai densitas. Apabila nilai kerapatan yang diperoleh pada suatu papan partikel cukup tinggi maka molekul air akan sulit untuk mengisi rongga papan partikel komposit [18]. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian persentase serapan air papan partikel pada Grafik 4.6 menunjukkan bahwa nilai kerapatan yang tinggi akan membuat hasil persentase serapan air pada papan semakin berkurang disajikan pada Tabel 4.8.

Menurut Aminah [19] menyatakan bahwa semakin besar ukuran partikel maka nilai persentase serapan papan partikel akan semakin kecil. Hal ini diduga karena semakin besar ukuran partikel maka jumlah partikel yang digunakan akan semakin sedikit sehingga rongga partikel semakin sedikit

pula. Hal ini berkaitan pada bahan baku dengan sifat higroskopis yang menyebabkan banyak rongga pada papan dan penyerapan air semakin besar.

4.3 Pengujian Sifat Mekanis

Pada papan partikel ini akan dilakukan beberapa pengujian sifat mekanis dengan tujuan buat mengetahui reaksi sampel terhadap gaya yang diberikan. Adapun pengujian mekanis yang akan dilakukan yaitu kekuatan lentur serta *Modulus of Elasticity* (MOE).

4.3.1 Pengujian Kekuatan Lentur

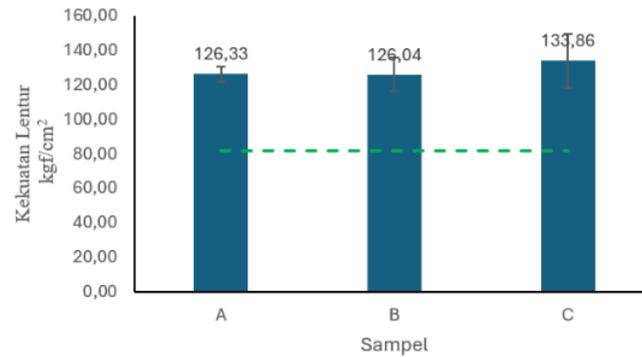
Kekuatan lentur yaitu pengujian dalam mengetahui ketahanan maksimum suatu bahan terhadap pembebanan yang diberikan hingga mengalami patah. Pengujian ini memakai metode *Three Point Bending* dengan standar ASTM D790. Spesimen uji ukuran panjang 100 mm, lebar 15 mm, serta tebal 6 mm. Nilai kekuatan lentur dapat dihitung memakai rumus di Persamaan 2.4. Adapun hasil pengujian kekuatan lentur bisa ditinjau pada Tabel 4.9 di bawah ini:

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur

No	P (kgf)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	Kekuatan Lentur (Kgf/cm ²)	Rata-Rata	
A	A1	4,257	8	1,508	0,508	131,28	126,33
	A2	4,548	8	1,398	0,564	122,72	
	A3	6,805	8	1,646	0,63	124,99	
B	B1	4,446	8	1,538	0,504	136,56	126,04
	B2	3,892	8	1,58	0,502	117,30	
	B3	4,162	8	1,498	0,518	124,27	
C	C1	8,392	8	1,524	0,742	120,02	133,86
	C2	8,411	8	1,65	0,684	130,74	
	C3	6,544	8	1,418	0,606	150,81	

Dari Tabel 4.9 di atas dapat ditinjau bahwa nilai kekuatan lentur papan partikel pada sampel A diperoleh sebesar 126,33 kgf/cm², sampel B sebesar 126,04 kgf/cm², dan sampel C sebesar 133,86 kgf/cm². Sesuai standar SNI 03-2105-2006 perihal papan partikel bahwa kekuatan lentur pada papan partikel minimal 82 kgf/cm². Mengacu pada standar tersebut ketiga sampel

A, B, serta C telah memenuhi standar kriteria papan partikel. Dengan adanya penggunaan bambu bisa meningkatkan nilai kekuatan lentur dibandingkan tanpa menggunakan bambu [20]. Adapun grafik hasil pengujian kekuatan lentur dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini:



Gambar 4.8 Pengujian Kekuatan Lentur

Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada sampel C cenderung menghasilkan nilai rata-rata persentase kekuatan lentur lebih tinggi yaitu 133,86 kgf/cm² dibandingkan pada sampel A dan B. Menurut Yogi [20] menyatakan bahwa perbedaan hasil pengujian kekuatan lentur disebabkan oleh penggunaan jenis bambu yang digunakan. Bambu yang baik dapat memberikan pengaruh terhadap kekuatan lentur yang lebih signifikan. Seperti pada penggunaan jenis bambu andong yang dapat meningkatkan nilai kekuatan lentur sebesar 3,16 kali lipat dibandingkan tanpa penggunaan bilah bambu.

Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nanda [17] hasil pengujian terbaik pada pengujian Kekuatan Lentur didapatkan bahwa penggunaan komposisi bahan TKKS, bambu dan perekat pada rasio 10%:75%:15% menunjukkan hasil 88,3 kgf/cm². Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan TKKS, Bambu, dan perekat pada rasio 15%:50%:35% menunjukkan hasil sebesar 133,86 kgf/cm². Perbedaan nilai kekuatan lentur akan semakin meningkat apabila persentase perekatnya lebih tinggi.

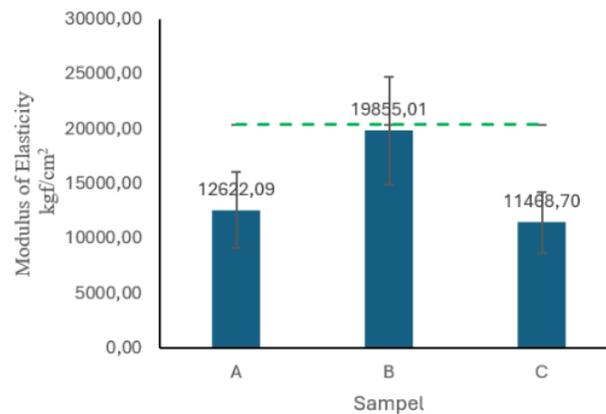
4.3.2 Pengujian ³⁵ *Modulus of Elasticity*

Modulus of elasticity artinya 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 menggunakan rumus pada persamaan 2.5. Adapun hasil pengujian *modulus of elasticity* bisa ditinjau pada Tabel 4.10 di bawah ini:

Tabel 4.10 Hasil Pengujian *Modulus of Elasticity*

No	L (cm)	b (cm)	h (cm)	m (kgf/cm)	MoE (Kgf/cm ²)	Rata-Rata
A	A1	8	1,508	0,508	25,351	16413,90
	A2	8	1,398	0,564	22,834	11653,50
	A3	8	1,646	0,63	31,508	9798,87
B	B1	8	1,538	0,504	39,231	25502,85
	B2	8	1,58	0,502	26,214	16787,29
	B3	8	1,498	0,518	28,100	17274,89
C	C1	8	1,524	0,742	42,303	8697,36
	C2	8	1,65	0,684	47,508	11516,59
	C3	8	1,418	0,606	34,989	14192,14

² Dari Tabel 4.10 di atas dapat ditinjau bahwa nilai keteguhan lentur papan partikel pada sampel A diperoleh sebesar 12622,09 kgf/cm² sampel B sebesar 19855,01 kgf/cm², dan sampel C sebesar 11468,70 kgf/cm². Sesuai standar SNI 03-2105-2006 perihal papan partikel bahwa *modulus of elasticity* pada papan partikel minimal 20.400 kgf/cm². Mengacu pada standar tersebut ketiga sampel A, B, serta C belum memenuhi standar kriteria papan partikel. Nilai MOE yang tidak mencapai standar ini bisa ditimbulkan oleh tidak meratanya matrik yang tersebar pada papan komposit sehingga ikatan antara matrik dan *filler* tidak terikat sempurna [21]. Akibatnya, waktu papan diberi beban, terdapat bagian tertentu dari papan komposit yang telah berubah bentuk ataupun terlepas dari ikatannya. Adapun grafik hasil pengujian *modulus of elasticity* dapat dilihat pada gambar 4.9 di bawah ini:



Gambar 4.9 Pengujian *Modulus of Elasticity*

Berdasarkan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pada sampel B cenderung menghasilkan nilai rata-rata persentase MOE lebih tinggi yaitu 19855,01 kgf/cm² dibandingkan pada sampel A dan C. Berdasarkan hasil pengujian pada penggunaan kombinasi kedua bahan yaitu bambu dan pelepah kelapa sawit menunjukkan nilai MOE lebih tinggi dibandingkan sampel komposit Tunggal. Menurut Mega [21] menyatakan bahwa nilai MOE yang tidak mencapai standar dapat disebabkan oleh tidak meratanya matriks yang tersebar pada papan komposit yang mengakibatkan antara matriks dengan filler tidak terikat sempurna. Perindustrian serat yang tidak merata mengakibatkan terjadinya ruang kosong dalam struktur komposit dan menyebabkan terjadi penurunan kelenturan komposit. Sehingga, saat papan diberi beban terdapat bagian tertentu yang sudah berubah bentuk ataupun terlepas dari ikatannya.

Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nanda [17] hasil pengujian terbaik pada pengujian MOE didapatkan bahwa penggunaan komposisi bahan TKKS, bambu dan perekat pada rasio 10%:75%:15% menunjukkan hasil 6114,76 kgf/cm². Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan TKKS, Pelepah, Bambu, dan perekat pada rasio 15%:25%:25%:35% menunjukkan hasil sebesar 19855,01 kgf/cm². Perbedaan nilai MOE akan semakin meningkat apabila persentase perekatnya lebih tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengujian fisis, papan partikel berbahan campuran pelepah kelapa sawit dan bambu dengan perbandingan 15%:25%:25%:10%:25% memberikan hasil terbaik pada pengujian densitas sebesar 0,879 g/cm³, kadar air sebesar 10,6%, pengembangan tebal sebesar 7,4%, dan persentase serapan air sebesar 8,2%. Pengujian mekanis, papan partikel berbahan bambu dengan perbandingan 15%:50%:0%:10%:25% memberikan hasil terbaik pada pengujian kekuatan lentur sebesar 133,86 kgf/cm² sedangkan papan partikel berbahan campuran pelepah kelapa sawit dan bambu memberikan hasil terbaik pada pengujian *Modulus of Elasticity* (MOE) sebesar 19855,01 kgf/cm².
2. Berdasarkan penelitian, untuk pengujian papan partikel seperti densitas, kadar air, pengembangan tebal dan kekuatan lentur telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Namun, pada pengujian *Modulus of Elasticity* (MOE) belum dapat memenuhi standar kriteria papan partikel. Hal ini disebabkan oleh tidak meratanya matriks yang tersebar pada papan komposit sehingga ikatan antara matriks dan *filler* tidak terikat dengan sempurna.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian pembuatan papan partikel yang sudah dilakukan ada beberapa saran buat peneliti selanjutnya yaitu melakukan penelitian selanjutnya menggunakan pengujian impak, kekerasan, kuat pegang sekrup, struktur mikro, serta lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyana B, "Papan Partikel dari Campuran Limbah Rotan dan Penyulingan Kulit Kayu Gemor (*Alseodaphne* spp)," Jurnal Riset Industri Hasil Hutan., vol.6, no. 1, pp. 41, 2016, doi: 10.24111/jrihh.v6i1.1224.
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS), "Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2021," 2021, <https://www.bps.go.id/id/publication/2022/11/30/254ee6bd32104c00437a4a61/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2021.html>. Diupload pada 30 November 2022, Pukul 14.85 WIB.
- [3] Haryanti A., Putri S dan Novy P, "Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. Jurnal Koversi," vol. 3, no. 2, pp. 20-29, 2019.
- [4] Suslawati dan Supijatno, "Pengolahan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit," Analisa Reknologi Accpetance Model (TAM) terhadap Tingkat Penerimaan *e-Learning* pada Kalangan Mahasiswa., vol. 3, no. 2, pp. 54-67, 2015, Tersedia pada: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- [5] Ragil Widyorini., Ikhwan Syahri dan Greitta Kusuma Dewi, "Sifat Papan Partikel Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) dan Bambu Wulung (*Gigantochloa atroviolacea*) dengan Perlakuan Ekstraksi," Jurnal Ilmu Kehutan., vol. 14, no. 1, pp. 84, 2020, doi: 10.22146/jik.57476.
- [6] Rofaida A., Pratama R dan Sugiartha L, "Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Akibat Penambahan Filler Serat Bambu," Jurnal Spektrum Sipil., vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.29303/spektrum.v8i1.187.
- [7] Sriyanti I dan Marlina L, "Pengaruh *Polyvinyl Acetate* (PVAC) Terhadap Kuat Tekan Material Nanokomposit Dari Tandan Kelapa Sawit," Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika., vol. 1, no. 1, pp. : 69-73., 2014.
- [8] Ayu D dan Kurniadi E, "Ketahanan Papan Partikel Terhadap Suhu Tinggi, Serapan Air dan Perilaku Patah," Jurnal Nasional Teknologi Terapan., vol. 2, no.3, 2019, pp.230, doi: 10.22146/jntt.44941.
- [9] Hatta Z., Mursal M dan Ismail L, "*Mechanical Properties of Coconut Shell Particle Board using Epoxy Resin Adhesive*," *Journal Aceh Phys. Soc.*, vol.

- 10, no. 2, pp. 36–40, 2021, doi: 10.24815/jacps.v10i2.19086.
- [10] Sudiyarto, "Pengaruh Suhu dan Waktu Pengempaan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Kayu Sengon (*Paraserienthes Falcataria* (L) *Nielson*)," *Jurnal Disprotek.*, vol. 6, no. 1, pp. 67–74, 2015.
- [11] Laksono A dan Rozikin M, "Potensi Serbuk Kayu Ulin dan Serbuk Bambu Sebagai Aplikasi Papan Partikel Ramah Lingkungan - Review," *J. Rekayasa Mesin.*, vol. 12, no. 2, pp. 267-274, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.02.4.
- [12] Didik Agus, S., Farida Hanum, H dan Sonia, S, "Kualitas Papan Partikel dari Pelepah Kelapa Sawit dengan Perekat Damar," *Jurnal Faperta.*, vol. 6, no. 1, pp. 1-13, 2019.
- [13] Sari A., Dirhamsyah M dan Indratani Y, "Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Berdasarkan Komposisi Limbah Kulit Buah Pinang Dan Limbah Kayu Gergajian Dengan Variasi Kadar Perekat," *Jurnal Hutan Lestari.*, vol. 9, no. 2, pp. 207, 2021, doi: 10.26418/jhl.v9i2.46787.
- [14] Badan Nasional Indonesia (BSN), "Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006: Papan partikel," *Badan Standarisasi Nas.*, pp. 1–27, 2006.
- [15] Dwi Purwanto. 2016. Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Limbah Campuran Serutan Rotan dan Serbuk Kayu. *Journal of Industrial Research*. Vol. 10(3) : 125-133.
- [16] Anas, V. P. 2020. Analisis Pengaruh Variasi Massa Papan Partikel dari Batang Pisang dan Tempurung Kelapa terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Perekat Resin Epoksi. Universitas Andalas, 63.
- [17] Nanda Putri Afrilda. 2021. Sistes Papan Partikel Berbasis Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Bambu dengan Perekat Gambir dan Urea Formaldehida. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Fakultas Sains dan Teknologi.
- [18] Mohammad Angga Kusuma. 2024. Pengaruh Variasi Ukuran Mesh Partikel Bambu terhadap Sifat Mekanis dan Sifat Fisis pada Komposit Papan Partikel Berpenguat Streeel Wool. Skripsi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin.
- [19] Aminah Lestari dan Mora. 2018. Pengaruh Variasi Massa Batang Pisang dan

- Cangkang Kelapa Sawit terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel menggunakan Perkat Resin Epoksi. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 7(2) : 124-129.
- [20] Yogi Prasetya. 2017. Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit Pelelah Kelapa Sawit berlapis Bilah Bambu Andong. Skripsi. Jakarta : Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Januari 2017.
- [21] Mega, N., Dwiria, W dan Pasrisia, M. 2021. Pengaruh Susunan Serat pada Papan Komposit Serat Bambu terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanis. *Jurnal Positron*. Vol. 11(2) : 126-132.

LAMPIRAN

A. Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Fisis

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

Tabel A.1 Kebutuhan Bahan Sampel Fisis 1

Bahan	Perhitungan	Hasil (g)
Bambu	0% x 150 x 0,3	0
Pelepah Kelapa Sawit	50% x 150 x 0,28	21
Tandan Kosong Kelapa Sawit	15% x 150 x 0,24	5,4
Resin <i>Epoxy</i>	10% x 150 x 1,1	16,5
PVAc	25% x 150 x 1,07	40,13
Total		83,03

Tabel A.2 Kebutuhan Bahan Sampel Fisis 2

Bahan	Perhitungan	Hasil (g)
Bambu	25% x 150 x 0,3	11,25
Pelepah Kelapa Sawit	25% x 150 x 0,28	10,5
Tandan Kosong Kelapa Sawit	15% x 150 x 0,24	5,4
Resin <i>Epoxy</i>	10% x 150 x 1,1	16,5
PVAc	25% x 150 x 1,07	40,13
Total		83,78

Tabel A.3 Kebutuhan Bahan Sampel Fisis 3

Bahan	Perhitungan	Hasil (g)
Bambu	50% x 150 x 0,3	22,5
Pelepah Kelapa Sawit	0% x 150 x 0,28	0
Tandan Kosong Kelapa Sawit	15% x 150 x 0,24	5,4
Resin <i>Epoxy</i>	10% x 150 x 1,1	16,5
PVAc	25% x 150 x 1,07	40,13
Total		84,53

B. Kebutuhan Bahan Komposit Sampel Mekanis

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

Tabel B.1 Kebutuhan Bahan Sampel Mekanis 1

Bahan	Perhitungan	Hasil (g)
Bambu	$0\% \times 75 \times 0,3$	0
Pelepah Kelapa Sawit	$50\% \times 75 \times 0,28$	10,5
Tandan Kosong Kelapa Sawit	$15\% \times 75 \times 0,24$	2,7
Resin <i>Epoxy</i>	$10\% \times 75 \times 1,1$	8,25
PVAc	$25\% \times 75 \times 1,07$	20,06
Total		41,51

Tabel B.2 Kebutuhan Bahan Sampel Mekanis 2

Bahan	Perhitungan	Hasil (g)
Bambu	$25\% \times 75 \times 0,3$	5,63
Pelepah Kelapa Sawit	$25\% \times 75 \times 0,28$	5,25
Tandan Kosong Kelapa Sawit	$15\% \times 75 \times 0,24$	2,7
Resin <i>Epoxy</i>	$10\% \times 75 \times 1,1$	8,25
PVAc	$25\% \times 75 \times 1,07$	20,06
Total		41,89

Tabel B.3 Kebutuhan Bahan Sampel Mekanis 3

Bahan	Perhitungan	Hasil (g)
Bambu	$50\% \times 75 \times 0,3$	11,25
Pelepah Kelapa Sawit	$0\% \times 75 \times 0,28$	0
Tandan Kosong Kelapa Sawit	$15\% \times 75 \times 0,24$	2,7
Resin <i>Epoxy</i>	$10\% \times 75 \times 1,1$	8,25
PVAc	$25\% \times 75 \times 1,07$	20,06
Total		42,26

C. Perhitungan

C.1 Perhitungan Ukuran Sampel Fisis dan Mekanis

a. Ukuran Sampel Fisis

⁴⁰
Diketahui : P = 10 cm, L = 5 cm, dan t = 3 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

⁴⁴
Diketahui : P = 10 cm, L = 5 cm, dan t = 1,5 cm

Ditanya : V = ?

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

C.2 Perhitungan Kompaksi

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

Diketahui:

Diameter torak = 25 mm

A_1 (Luas Penampang Hidrolik) = 490,874 mm²

A_2 (Luas Penampang Kompaksi) = 5000 mm²

P_1 (Tekanan Hidrolik) = 30 bar

Ditanya : P_K (Tekanan Kompaksi)?

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

$$F = P \times A$$

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

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

C.3 Perhitungan Densitas

Contoh perhitungan densitas komposit sampel A sebagai berikut.

Diketahui : Massa = 12,1 g
Volume = 13,9373 cm³

Ditanya : Densitas (g/cm³) ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : \rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{12,1}{13,9373} = 0,8681 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

C.4 Perhitungan Kadar Air

Contoh perhitungan kadar air komposit sampel A sebagai berikut.

Diketahui : Massa Awal = 12,1 g
Massa Kering = 10,86 g

Ditanya : Kadar air (%)?

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : \text{KA} &= \frac{Ma - Mk}{Mk} \times 100\% \\ &= \frac{12,1 - 10,86}{10,86} \times 100\% = 11,4\% \end{aligned}$$

95

C.5 Perhitungan Pengembangan Tebal dan Daya Serap Air

Contoh perhitungan pengembangan tebal komposit sampel A sebagai berikut.

Diketahui : T₁ (Tebal Awal) = 11,75 mm
T₂ (Tebal Akhir) = 12,65 mm

Ditanya : Pengembangan tebal (%)?

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : \text{PT} &= \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{12,65 - 11,75}{11,75} \times 100\% = 7,6\% \end{aligned}$$

Contoh perhitungan persentase serapan air komposit sampel A sebagai berikut.

Diketahui : DS₁ (Massa Awal) = 10,86 g
DS₂ (Massa Akhir) = 11,88 g

Ditanya : Daya serap air (%)?

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

$$= \frac{11,88-10,86}{10,86} \times 100\% = 9,3\%$$

C.7 Perhitungan Kekuatan Lentur

Contoh perhitungan kekuatan lentur komposit sampel A sebagai berikut.

Diketahui : P (Tekanan) = 5,204 kgf
 L (Panjang) = 8 cm
 b (Lebar) = 1,517 cm
 h (Tebal) = 0,567 cm

Ditanya : MOR?

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

$$= \frac{3 \times 5,204 \times 8}{2 \times 1,517 \times 0,567^2} = 126,33 \text{ kgf/cm}^2$$

C.8 Perhitungan Modulus of Elasticity

Contoh perhitungan *modulus of elasticity* komposit sampel A sebagai berikut.

Diketahui : L (Panjang) = 8 cm
 b (Lebar) = 1,517 cm
 h (Tebal) = 0,567 cm
 m (Slope Tangent) = 26,56 kgf/cm

Ditanya : MOE?

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

$$= \frac{8^3 \times 26,56}{4 \times 1,517 \times 0,567^3} = 12622,09 \text{ kgf/cm}^2$$

D. Data Hasil Pengujian

D.1 Hasil Pengujian Densitas

Data hasil pengujian densitas dapat dilihat pada Tabel D.1 dibawah ini:

Tabel D.1 Data Hasil Pengujian Densitas

Sampel	Densitas				
	Massa	Volume	Hasil	Rata-Rata	
A	A1	12,2	13,952	0,874	0,868
	A2	11,9	13,909	0,856	

	78				
	A3	12,2	13,952	0,875	
	B1	11,9	13,587	0,876	
B	B2	12,7	13,95	0,910	0,879
	B3	11,8	13,862	0,851	
	C1	12,3	14,326	0,859	
C	C2	12,4	14,514	0,854	0,854
	C3	12,5	14,704	0,850	

63 D.2 Hasil Pengujian Kadar Air

Data hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel D.2 dan data selisih berat pengujian kadar air pada Tabel D.3 dibawah ini:

Tabel D.2 Data Hasil Kadar Air

Sampel	Kadar Air				Rata-Rata
	ma (g)	mk (g)	Hasil		
10	A1	12,2	10,9	11,9%	
A	A2	11,9	10,7	11,2%	11,4%
	A3	12,2	11	10,9%	
	B1	11,9	10,8	10,2%	
B	B2	12,7	11,4	11,4%	10,6%
	B3	11,8	10,7	10,3%	
	C1	12,3	11	11,8%	
C	C2	12,4	10,9	13,8%	12,4%
	C3	12,5	11,2	11,6%	

Tabel D.3 Selisih Berat Pengujian Kadar Air

Variabel	Persentase Selisih Massa						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
A	3,1	5,2	8,0	9,3	10,3	11,0	11,4
B	2,5	4,6	6,4	8,4	9,6	10,6	10,6
C	2,5	5,4	8,1	10,1	11,4	12,4	12,4

D.3 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal dan Persentase Serapan Air

Data hasil pengujian pengembangan tebal dapat dilihat pada Tabel D.4 dan data selisih tebal pengujian pengembangan tebal pada Tabel D.5 dibawah ini:

60

Tabel D.4 Data Hasil Pengembangan Tebal

Sampel	Pengembangan Tebal				
	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	Hasil	Rata-Rata	
A	A1	12,19	11,5	6,0%	7,6%
	A2	12,88	12,23	5,3%	
	A3	12,87	11,53	11,6%	
B	B1	12,19	11,17	9,1%	7,4%
	B2	11,79	11,34	4,0%	
	B3	12,2	11,18	9,1%	
C	C1	13,52	12,15	11,3%	9,2%
	C2	13,16	12,28	7,2%	
	C3	13,71	12,55	9,2%	

Tabel D.5 Selisih Tebal Pengujian Pengembangan Tebal

Variabel	Persentase Selisih Tebal						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
A	1,7	3,2	6,0	7,5	7,6	7,6	7,6
B	2,4	3,6	7,0	7,1	7,3	7,3	7,4
C	2,6	4,7	5,6	9,1	9,2	9,2	9,2

75

Adapun data hasil pengujian persentase serapan air dapat dilihat pada Tabel D.6 dan selisih berat pengujian persentase serapan air pada Tabel D.7 dibawah ini:

Tabel D.6 Data Hasil Persentase Serapan Air

Sampel	Persentase Serapan Air			Rata-Rata	
	DS2 (g)	DS1 (g)	Hasil		
A	A1	12,23	10,9	12,2%	9,3%
	A2	11,26	10,7	5,2%	
	A3	12,16	11	10,5%	
B	B1	11,51	10,8	6,6%	8,2%
	B2	12,62	11,4	10,7%	
	B3	11,48	10,7	7,3%	
C	C1	12,6	11	14,5%	13,7%
	C2	13,02	10,9	19,4%	
	C3	11,99	11,2	7,1%	

Tabel D.7 Selisih Berat Pengujian Persentase Serapan Air

Variabel	Persentase Selisih Berat						
	2jam	4jam	6jam	8jam	10jam	12jam	24jam
A	3,8	5,7	7,2	9,1	9,2	9,3	9,3
B	3,0	5,8	6,7	8,0	8,1	8,2	8,2
C	8,5	10,3	11,8	13,3	13,4	13,7	13,7

D.4 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur

Data hasil pengujian kekuatan lentur dapat dilihat pada Tabel D.8 dibawah ini:

Tabel D.8 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur

No		Kekuatan Lentur				Hasil (Kgf/cm ²)	Rata- Rata
		P (kgf)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
69 A	A1	4,257	8	1,508	0,508	131,28	126,33
	A2	4,548	8	1,398	0,564	122,72	
	A3	6,805	8	1,646	0,63	124,99	
	B1	4,446	8	1,538	0,504	136,56	
B	B2	3,892	8	1,58	0,502	117,30	126,04
	B3	4,162	8	1,498	0,518	124,27	
	C1	8,392	8	1,524	0,742	120,02	
C	C2	8,411	8	1,65	0,684	130,74	133,86
	C3	6,544	8	1,418	0,606	150,81	

D.5 Hasil Pengujian Modulus of Elasticity

Data hasil pengujian modulus of elasticity dapat dilihat pada Tabel D.9 dibawah ini:

Tabel D.9 Hasil Pengujian Modulus of Elasticity

No		MOE				Hasil (Kgf/cm ²)	Rata- Rata
		L (cm)	b (cm)	h (cm)	m (kgf/cm)		
45 A	A1	8	1,508	0,508	25,351	16413,90	12622,09
	A2	8	1,398	0,564	22,834	11653,50	
	A3	8	1,646	0,63	31,508	9798,87	
B	B1	8	1,538	0,504	39,231	25502,85	19855,01
	B2	8	1,58	0,502	26,214	16787,29	

	B3	8	1,498	0,518	28,100	17274,89	
	C1	8	1,524	0,742	42,303	8697,36	
C	C2	8	1,65	0,684	47,508	11516,59	11468,70
	C3	8	1,418	0,606	34,989	14192,14	

E. Dokumentasi Kegiatan



Turnitin

ORIGINALITY REPORT

26%

SIMILARITY INDEX

25%

INTERNET SOURCES

10%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	text-id.123dok.com Internet Source	2%
2	repository.uinsu.ac.id Internet Source	2%
3	jurnal.untan.ac.id Internet Source	1%
4	123dok.com Internet Source	1%
5	spektrum.unram.ac.id Internet Source	1%
6	repository.its.ac.id Internet Source	1%
7	eprints.untirta.ac.id Internet Source	1%
8	jfu.fmipa.unand.ac.id Internet Source	1%
9	docplayer.info Internet Source	1%

10	maths.une.edu.au Internet Source	1 %
11	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
12	dspace.uui.ac.id Internet Source	<1 %
13	journal.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
14	Submitted to Morgan Park High School Student Paper	<1 %
15	repository.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
16	www.neliti.com Internet Source	<1 %
17	widuri.raharja.info Internet Source	<1 %
18	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
19	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
20	es.scribd.com Internet Source	<1 %
21	artikel.ubl.ac.id Internet Source	<1 %

22	ejournal.kemenperin.go.id Internet Source	<1 %
23	Submitted to Universitas Jambi Student Paper	<1 %
24	rekayasamesin.ub.ac.id Internet Source	<1 %
25	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
26	amartakarya.co.id Internet Source	<1 %
27	repo.bunghatta.ac.id Internet Source	<1 %
28	adoc.pub Internet Source	<1 %
29	mafiadoc.com Internet Source	<1 %
30	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
31	repository.unj.ac.id Internet Source	<1 %
32	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
33	repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %

34	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
35	Asni Asni, Asifa Asri, Hasanuddin Hasanuddin. "Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Berbahan Baku Cabang Kayu Jabon Berdasarkan Ukuran Partikel", PRISMA FISIKA, 2021 Publication	<1 %
36	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
37	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
38	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
39	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
40	kumpulsoal.com Internet Source	<1 %
41	digilib.uns.ac.id Internet Source	<1 %
42	id.123dok.com Internet Source	<1 %
43	jurnal.ugm.ac.id Internet Source	<1 %

44	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
45	core.ac.uk Internet Source	<1 %
46	Galit Gatut Prakosa, Tatag Muttaqin, Harjoko Harjoko. "Sifat Fisik dan Keawetan Kayu Cemara Gunung (<i>Casuarina junghuniana</i>) di Pegunungan Bromo Kabupaten Probolinggo", Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan, 2018 Publication	<1 %
47	chemapps.stolaf.edu Internet Source	<1 %
48	karyahenry.blogspot.com Internet Source	<1 %
49	www.scribd.com Internet Source	<1 %
50	Rifai, Muhammad. "Pengembangan prototype alat ukur limbah rumah sakit yang terintegrasi berdasarkan ISO 14001", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023 Publication	<1 %
51	Submitted to Universitas Bengkulu Student Paper	<1 %

52

Internet Source

<1 %

53

sientesa.tp.ub.ac.id

Internet Source

<1 %

54

Budi Tri Cahyana. "PAPAN PARTIKEL DARI LIMBAH SERUTAN ROTAN DAN CANGKANG SAWIT", Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, 2013

Publication

<1 %

55

Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia

Student Paper

<1 %

56

Submitted to Universitas Andalas

Student Paper

<1 %

57

eprints.umpo.ac.id

Internet Source

<1 %

58

library.binus.ac.id

Internet Source

<1 %

59

eprints.utdi.ac.id

Internet Source

<1 %

60

pdfcoffee.com

Internet Source

<1 %

61

Submitted to Universitas Islam Indonesia

Student Paper

<1 %

repository.polimdo.ac.id

62

Internet Source

<1 %

63

repository.unja.ac.id

Internet Source

<1 %

64

Submitted to Sriwijaya University

Student Paper

<1 %

65

kc.umn.ac.id

Internet Source

<1 %

66

media.neliti.com

Internet Source

<1 %

67

repository.uin-alauddin.ac.id

Internet Source

<1 %

68

repository.uin-malang.ac.id

Internet Source

<1 %

69

zombiedoc.com

Internet Source

<1 %

70

Meldayanoor Meldayanoor, Muhammad Indra Darmawan, Norhalimah Norhalimah.

"Pembuatan Papan Komposit dengan Memanfaatkan Limbah Pelepah Kelapa Sawit dan Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) Daur Ulang", Jurnal Teknologi Agro-Industri, 2020

Publication

<1 %

71

Submitted to Universitas Negeri Semarang

Student Paper

<1 %

72

eprints.perbanas.ac.id

Internet Source

<1 %

73

repositori.uma.ac.id

Internet Source

<1 %

74

www.papanpartikelku.com

Internet Source

<1 %

75

ejournal.unp.ac.id

Internet Source

<1 %

76

repository.ar-raniry.ac.id

Internet Source

<1 %

77

Nuraini Nuraini. "Analisis Kinerja Peredam Viscoelastis di antara Dua Sub Sistem Struktur", Jurnal Permukiman, 2009

Publication

<1 %

78

eprints.umm.ac.id

Internet Source

<1 %

79

eprints.undip.ac.id

Internet Source

<1 %

80

etd.umy.ac.id

Internet Source

<1 %

81

garuda.ristekbrin.go.id

Internet Source

<1 %

82	id.scribd.com Internet Source	<1 %
83	journal.unusida.ac.id Internet Source	<1 %
84	repository.penerbiteureka.com Internet Source	<1 %
85	stakc.ac.id Internet Source	<1 %
86	vdocuments.mx Internet Source	<1 %
87	dinamikaconsulting.com Internet Source	<1 %
88	ejournal.umm.ac.id Internet Source	<1 %
89	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
90	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
91	repositorio.bc.ufg.br Internet Source	<1 %
92	repository.unwira.ac.id Internet Source	<1 %
93	ejournalunb.ac.id Internet Source	<1 %

94

www.infosawit.com

Internet Source

<1 %

95

Bakti Berlyanto Sedayu, Tri Nugroho Widiyanto, Jamal Basmal, Bagus Sediadi Bandol Utomo. "Pemanfaatan Limbah Padat Pengolahan Rumput Laut Gracilaria sp. untuk Pembuatan Papan Partikel", Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 2008

Publication

<1 %

96

Djoko Purwanto. "SIFAT PAPAN PARTIKEL DARI SERAT TANDAN KOSONG SAWIT DAN SERBUK KAYU DENGAN PEREKAT UREA FORMALDEHIDA (The Properties of Particle Board from Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber Sawdust with Urea Formaldehyde Resin)", Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, 2016

Publication

<1 %

97

jst.publikasiindonesia.id

Internet Source

<1 %

98

repository.radenintan.ac.id

Internet Source

<1 %

99

www.jurnal.unsyiah.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On