PENGARUH VARIASI KOMPOSISI SERBUK TEMPURUNG DAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN PEREKAT UREA FORMALDEHIDA TERHADAP KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL

SKRIPSI

LISA HERDIANA SINURAT
0705163046

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

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI SERBUK TEMPURUNG DAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN PEREKAT UREA FORMALDEHIDA TERHADAP KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL

SKRIPSI

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

LISA HERDIANA SINURAT

0705163046

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA

MEDAN

2021

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan skripsi
Lamp : -

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

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama	:	Lisa Herdiana Sinurat
Nomor Induk Mahasiswa	:	0705163046
Program Studi	:	Fisika
Judul	:	Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa Dengan Perekat Urea Formaldehida Terhadap Karakteristik Papan Partikel

Dapat disetujui untuk segera di*munaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Medan, 13 April 2021 M
1 Ramadhan 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,	Pembimbing Skripsi II
Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.	Ratni Sirait, S.Pd., M.Pd.
NIP. 198111062005011003	NIB. 1100000071

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	:	Lisa Herdiana Sinurat
Nomor Induk Mahasiswa	:	0705163046
Program Studi	:	Fisika
Judul	:	Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa Dengan Perekat Urea Formaldehida Terhadap Karakteristik Papan Partikel

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

Medan, 13 April 2021

Lisa Herdiana Sinurat
NIM. 0705163046

ii

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. IAIN No. 1 Medan 20235
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683
Url: http://saintek.uinsu.ac.id, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: B.158/ST/ST.V.2/PP.01.1/09/2021

Judul	: Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa Dengan Perekat Urea Formaldehida Terhadap Karakteristik Papan Partikel
Nama	: Lisa Herdiana Sinurat
Nomor Induk Mahasiswa	: 0705163046
Program Studi	: Fisika
Fakultas	: Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal	: Selasa, 27 Juli 2021
Tempat	: Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

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

Dewan Penguji,

Penguji I,

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

Penguji II,

Ratni Sirait,M.Pd.
NIB. 1100000071

Penguji III,

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

Penguji IV,

Nazaruddin Nasution, M.Pd.
NIB. 1100000070

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. Mhd. Syahnan, M.A.
NIP. 196809051991031002

iii

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI SERBUK TEMPURUNG DAN SERAT SABUT KELAPA DENGAN PEREKAT UREA FORMALDEHIDA TERHADAP KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan (i) untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida terhadap karakteristik papan partikel, dan (ii) untuk mengetahui komposisi pencampuran serbuk tempurung dan serat sabut kelapa, dengan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimum. Pembuatan papan partikel menggunakan bahan dasar tempurung kelapa dan sabut kelapa serta perekat urea formaldehida. Variasi komposisi serbuk tempurung, dan serat sabut kelapa, dengan perekat urea formaldehida adalah 30%:30%:40%, 25%:35%:40%, 20%:40%:40%, 15%:45%:40%, 10%:50%:40%. Dalam penelitian ini digunakan perbandingan komposisi jumlah perekat yang tetap 40% dengan perbandingan antara perekat bubuk urea formaldehida dengan air sebesar 2:1. Proses pembuatan sampel dipress dengan mesin UTM *(Universal Testing Machine)* dengan ukuran cetakan 50 x 50 x 10 mm^3 dan 200 x 50 x 10 mm^3. Lama pengeringan pada pembuatan papan partikel yaitu selama 7 hari. Papan partikel berhasil dibuat menggunakan serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida dengan nilai densitas sebesar 0,64-0,75 g/cm^3, kadar air 12,94-15,84%, pengembangan tebal 5,33-15%, keteguhan lentur 2645,12-6097,74 kgf/cm^2, dan keteguhan patah 87.129-54.615 kgf/cm^2. Komposisi pencampuran serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimum pada variasi komposisi sampel 30%:30%:40% (sampel A).

Kata-kata kunci: Papan Partikel, Serbuk Tempurung, Serat Sabut Kelapa, dan Urea Formaldehida.

INFLUENCE OF VARIATIONS IN COMPOSITION OF SHELL POWDER AND COCONUT FIBER WITH UREA FORMALDEHYDE ADHESIVE ON CHARACTERISTICS PARTICLE BOARD

ABSTRACT

Research has been conducted aimed at (i) to determine the influence of variations in the composition of shell powder and coconut fiber with formaldehyde urea adhesive on the characteristics of particle boards, and (ii) to know the composition of mixing shell powder and coconut fibers, with formaldehyde urea adhesive to produce particle boards with optimum characteristics. The manufacture of particle boards uses the basic materials of coconut shell and coconut coir as well as formaldehyde urea adhesive. Variations in the composition of shell powder, and coconut fiber, with formaldehyde urea adhesive are 30%:30%:40%, 25%:35%:40%, 20%:40%:40%, 15%:45%:40%, 10%:50%:40%. In this study used a comparison of the composition of the amount of adhesive that remains 40% between the adhesive powder urea formaldehyde with water by using 2:1. The sample making process is pressed with UTM (Universal Testing Machine) machine with mold size 50 x 50 x 10 mm3 and 200 x 50 x 10 mm3. The drying time on the manufacture of particle boards is for 7 days. The particle board was successfully made using shell powder and coconut fiber with urea formaldehyde adhesive with a density value of 0.64-0.75 g/cm3, moisture content 12.94-15.84%, development thickness 5.33-15%, bending firmness 2645.12-6097.74 kgf/cm2, and broken firmness 87.129-54.615 kgf/cm^2. The composition of mixing shell powder and coconut fiber with formaldehyde urea adhesive to produce particle boards with optimum characteristics at sample composition variations of 30%:30%:40% (sample A).

Keywords: Particle Board, Shell Powder, Coconut Fiber, and Urea Formaldehyde.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas karunia Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skirpsi yang berjudul "Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa Dengan Perekat Urea Formaldehida Terhadap Karakteristik Papan Partikel".

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

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

ilmu yang bermanfaat, membimbing, dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

8. Kepada Ayahanda (Bapak Hasbi Sinurat) dan (Ibu Sutini) selaku orang tua yang senantiasa mendoakan, membimbing, dan mengarahkan dengan penuh kasih sayang.
9. Keluarga Fisika Stambuk 2016 yang telah senantiasa memberi semangat dan motivasi.
10. Sahabat-sahabat tercinta (Rahmi Balqis Lubis, Rika Ramtika, Sukma Wati Sitorus, Tunjiah, Fadillah Azahra Lubis, Salfina Putri Indriani, Syah Rama Dani) terima kasih atas motivasi dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk selalu memberikan semangat kepada penulis.

Semoga segala kebaikan kita semua sebagai amal ibadah kepada Allah SWT dan menjadi teladan bagi penerus bangsa. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang. Aamin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 08 April 2020

Penulis,

Lisa Herdiana Sinurat
NIM : 0705163046

DAFTAR ISI

Halaman

PERSETUJUAN SKRIPSI ..... **i**
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiii**
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Papan partikel 4
2.2 Tempurung Kelapa 9
2.3 Sabut Kelapa 10
2.4 Perekat Urea Formaldehida 12
2.5 Uji Sifat Fisis Papan Partikel 13
2.5.1 Densitas 13
2.5.2 Kadar Air 14
2.5.3 Pengembangan Tebal 14
2.6 Uji Sifat Mekanik Papan partikel 15
2.6.1 Keteguhan Lentur (MOE) 15
2.6.2 Keteguhan Patah (MOR) 15
2.7 Penelitian yang Relevan 16

2.8 Hipotesis Penelitian 17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... 18
3.1.1 Waktu Penelitian..... 18
3.1.2 Tempat Penelitian 18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 18
3.2.1 Alat Penelitian 18
3.2.2 Bahan Penelitian 19
3.3 Diagram Alir Penelitian..... 20
3.3.1 Tahap Pembuatan Serbuk Tempurung Kelapa dan Serat Sabut Kelapa 20
3.3.2 Tahap Pembuatan Papan Partikel dan Pengujian Papan Partikel 21
3.4 Prosedur Penelitian 22
3.4.1 Pembuatan Serbuk Tempurung Kelapa..... 22
3.4.2 Pembuatan Serat Sabut Kelapa..... 22
3.4.3 Pembuatan Papan Partikel..... 22
3.5 Metode Karakterisasi 23
3.5.1 Pengukuran Densitas..... 23
3.5.2 Pengukuran Kadar Air..... 24
3.5.3 Pengukuran Pengembangan Tebal..... 24
3.5.4 Pengujian Keteguhan Lentur (MOE)..... 25
3.5.5 Pengujian Keteguhan Patah (MOR)..... 25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Karakterisasi Sifat Fisis Densitas..... 26
4.1.1 Densitas..... 26
4.1.2 Kadar Air 28
4.1.3 Pengembangan Tebal..... 30
4.2 Karakterisasi sifat mekanik. 32
4.2.1 Keteguhan Lentur (MOE)..... 32
4.2.2 Keteguhan Patah (MOR) 34
4.3 Pembahasan penelitian..... 36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 38

5.2 Saran 38

DAFTAR PUSTAKA 39

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Menurut SNI	7
2.2	Komponen Penyusun Kimia Serbuk Tempurung	9
2.3	Komposisi Kimia Serat Sabut	11
4.1	Data Hasil Pengukuran Densitas Papan Partikel.....	26
4.2	Data Hasil Pengukuran Kadar Air Papan partikel.....	28
4.3	Data Hasil Pengukuran Pengembangan Tebal Papan Partikel.....	30
4.4	Data Hasil Pengujian Keteguhan Lentur (MOE)	32
4.5	Data Hasil Pengujian Keteguhan Patah (MOR).....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Tempurung Kelapa	10
2.2	Sabut Kelapa	12
3.1	Diagram Pembuatan Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa....	20
3.2	Diagram Pembuatan dan pengujian Papan Partikel	21
3.3	Pola Pemotongan Contoh Uji.....	23
4.1	Grafik Pengukuran Densitas Papan Partikel	27
4.2	Grafik Pengukuran Kadar Air Papan Partikel.....	29
4.3	Grafik Pengukuran Pengembangan Tebal Papan Partikel	31
4.4	Grafik Pengujian Keteguhan Lentur (MOE).....	33
4.5	Grafik Pengujian Keteguhan Patah (MOR)	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran
1.	Gambar Alat-Alat Penelitian
2.	Gambar Bahan Penelitian
3.	Gambar Sampel Uji Papan Partikel
4.	Data Pengukuran Densitas
5.	Data Pengukuran Kadar air
6.	Data Pengukuran Pengembangan Tebal
7.	Data Pengujian Keteguhan Lentur (*MOE*)
8.	Data Pengujian Keteguhan Patah (*MOR*)
9.	SNI 03-2105-2006

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Banyaknya peningkatan pembangunan mengalami kebutuhan bahan papan yang sangat besar sebagai bahan bangunan. Biasanya bahan papan ini diperoleh dari kayu-kayu yang berasal dari hutan. Ketersediaan kayu hutan yang semakin banyak digunakan sebagai bahan bangunan membuat kemampuan hutan untuk memproduksi kayu semakin sedikit (Nasution & Mora, 2018). Untuk mengatasi hal ini, dapat dilakukan usaha untuk mencari alternatif lain yaitu pemanfaatan kayu dan limbah kayu yang terdapat dari hasil pemanenan maupun dari hasil penggunaan industri untuk mengganti peran kayu. Upaya dalam mengurangi kegunaan kayu ialah menghasilkan teknologi papan partikel. (Iskandar & Supriadi, 2013).

Papan partikel merupakan papan buatan yang dibuat dari serpihan serpihan kayu atau bahan berlignoselulosa menggunakan perekat organik atau bahan perekat lainnya dengan cara pengempaan panas mendatar pada dua lempeng datar. Bahan pokok papan partikel terdiri atas dua hal, yakni kayu dan perekat. Papan partikel lebih baik dibanding kayu, keunggulan dari papan partikel tidak mudah pecah dan tidak mudah retak. (Nasution & Mora, 2018).

Kelapa adalah tumbuhan yang sangat bermanfaat bagi manusia. Dari pohon kelapa dapat memenuhi kebutuhan manusia yang bermacam ragam, tidak hanya buah dari pohon kelapa yang bisa dimanfaatkan tetapi sabut, lidi, daun, bahkan tempurungnya bisa dimanfaatkan (Mulyadi & Alphanoda, 2016). Tempurung kelapa adalah bagian yang keras yang terdapat dari buah kelapa dan mempunyai ketebalan 3-5 cm. 15-19 % berat keseluruhan pada buah kelapa, dan berat tempurungnya. Sedangkan sabut kelapa adalah hasil yang berupa serabut-serabut dari buah kelapa dan terbagi atas ikatan dengan sel serat yang keras dengan ketebalan 5 - 6 cm. (Ayni, 2018).

Perekat urea formaldehida merupakan hasil kondensasi dari urea dan formaldehida dengan perbandingan molar 1:1,5. Kelebihan urea formaldehida memiliki warna putih sehingga pada saat penggunaanya tidak memiliki warna

yang gelap, perekat urea formaldehida dapat dicampur dengan perekat melamin formaldehida supaya hasil perekatnya lebih baik, tahan terhadap air, serta memiliki harga yang lebih murah dari perekat sintetis yang lainnya.

Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin melakukan penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan tempurung dan sabut kelapa sebagai campuran bahan papan partikel dengan perekat urea formaldehida. Adapun parameter yang diukur meliputi: densitas, kadar air, pengembangan tebal, kuat lentur, dan kuat patah, dengan merujuk pada SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida terhadap karakteristik papan partikel?
2. Bagaimana komposisi pencampuran serbuk tempurung dan serat sabut kelapa, dengan perekat Urea Formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimum?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Pembuatan papan partikel menggunakan bahan dasar tempurung kelapa dan sabut kelapa serta perekat Urea Formaldehida.
2. Variasi komposisi campuran pembuatan papan partikel yaitu serbuk tempurung kelapa, serat sabut kelapa, dan perekat Urea Formaldehida adalah sebagai berikut:

Sampel	Serbuk Tempurung Kelapa	Serat Sabut Kelapa	Perekat Urea Formaldehida
A	30%	30%	40%
B	25%	35%	40%
C	20%	40%	40%
D	15%	45%	40%

E	10%	50%	40%

Dengan perbandingan antara urea formaldehida dan air sebesar 2:1.

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

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida terhadap karakteristik papan partikel.
2. Untuk mengetahui komposisi pencampuran serbuk tempurung dan serat sabut kelapa, dengan perekat Urea Formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimum.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan wawasan dan pengetahuan pada industri tentang pemanfaatan limbah tempurung dan serat sabut kelapa sebagai bahan pembuatan papan partikel dengan Urea Formaldehida sebagai bahan perekatnya.
2. Dapat menjadi solusi alternatif pada pembuatan papan partikel dalam mengurangi limbah tempurung kelapa dan serat sabut kelapa.
3. Memperoleh papan partikel dengan mutu yang baik serta harga yang lebih ekonomis.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Papan Partikel

Papan partikel adalah salah satu jenis bahan komposit yang dihasilkan dari kayu berdimensi kecil atau bahan-bahan *berlignoselulosa* lainnya yang disatukan dengan perekat sintesis atau bahan pengikat lain selanjutnya diberikan tekanan dingin dan tekanan panas. Tekanan dingin pada papan partikel memiliki fungsi sebagai memberi waktu pada perekat yang menyebar ke dalam pori-pori papan partikel. Tekanan panas pada papan partikel memiliki fungsi untuk menyebarkan perekat pada partikel-partikel kayu setelah diproses tekanan dingin sehingga ikatan yang terdapat pada antar partikel menjadi lebih kuat. Dari kegunaannya biasanya papan partikel dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan dalam ruang seperti meja, lemari, dan lain-lain. Manfaat dari penggunaan papan partikel yaitu sebagai bahan konstruksi yang cukup kuat, pengerjaannya mudah dan cepat, serta dapat menghasilkan bidang yang luas (Jumiati dkk, 2020). Hasil dari papan buatan yang menghasilkan papan partikel merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan berbagai limbah pada tumbuhan yang tidak bisa dimanfaatkan lagi secara ekonomis (Nasution & Mora, 2018).

Berdasarkan ketahanan terhadap air atau jenis perekat yang digunakan, papan partikel dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, di antaranya (Mulyadi & Alphanoda, 2016):

1. Papan eksterior, adalah papan partikel yang kuat jika terkena air dan kuat di luar ruangan, jenis perekat yang digunakan yaitu fenol formaldehida.
2. Papan interior, adalah papan partikel yang tidak tahan pada air dan hanya dapat digunakan untuk di dalam ruangan, jenis perekat yang digunakan yaitu urea formaldehida.

Untuk dapat menghasilkan hasil papan partikel bermutu baik, dalam pembuatan sifat-sifat yang terdapat pada bahan yang digunakan antara lain pada jenis, densitas, bentuk, ukuran bahan baku, dan kadar air. Kestabilan papan partikel tergantung pada ukuran pada partikel dikarenakan hasil perekat yang

diserap ke dalam pori-pori partikel sama. Berat jenis pada bahan ringan juga mempercepat masuknya perekat ke dalam celah kosong papan partikel. Kekurangan pada papan partikel yaitu kekuatan pada dimensi yang sangat rendah, pengembangan tebal terhadap papan partikel besar pengaruhnya pada kegunaannya hal yang paling utama apabila dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, oleh sebab itu sebaiknya papan partikel tidak dimanfaatkan sebagai konstruksi bangunan (Anggita, 2018).

Menurut Anggita (2018), ada beberapa jenis papan partikel yang ditinjau dari beberapa segi berdasarkan:

1. Bentuk

   Papan partikel secara umum memiliki bentuk dan ukuran yang panjang, lebar, dan tipis .

2. Pengempaan

   Cara pengempaan dapat secara mendatar. Cara mendatar ada yang kontinu dan tidak kontinu. Cara kontinu berlangsung melalui ban baja yang menekan pada saat bergerak memutar. Cara tidak kontinu pengempaan berlangsung pada lempeng yang bergerak vertikal dan banyaknya celah (rongga atau lempeng) dapat satu atau lebih.

3. Densitas

   terdapat tiga bagian densitas papan partikel diantaranya rendah, sedang, dan tinggi. Terbagi perbedaan batas antara setiap bagian tersebut, tergantung pada standar yang digunakan.

   Menurut Joesoef (1997), papan partikel berdasarkan kerapatan mempunyai 3 golongan yaitu:

   a. Papan partikel berkerapatan rendah, yaitu papan partikel dengan kerapatan kurang dari 0,4 g/cm^3
   b. Papan partikel berkerapatan sedang, yaitu papan partikel dengan kerapatan antara 0,4-0,8 g/cm^3
   c. Papan partikel berkerapatan tinggi, yaitu papan partikel dengan kerapatan lebih dari 0,8 g/cm^3

4. Kekuatan

   Pada dasarnya sama halnya seperti kerapatan, berdasarkan pada bagian kekuatan terdapat bagian yang menghasilkan rendah, sedang, dan tinggi. masing-masing pada setiap macam (tipe) memiliki perbedaan, tergantung bagaimana acuan yang akan dipakai.

5. Berdasarkan perekat

   Beberapa bagian perekat yang digunakan memberi hasil pada kekuatan papan terhadap kondisi kelembaban, untuk mengetahui hasil dari penggunaan papan partikel tersebut. Berdasarkan sifat perekatnya ada standar yang membedakan, yaitu diantaranya interior dan eksterior. Ada juga standar yang menggunakan golongan berdasarkan macam perekat, yaitu tipe U (urea formaldehida atau yang setara), tipe M (melamin urea formaldehida atau yang setara), dan tipe P (phenol formaldehida atau yang setara).

6. Susunan partikel

   Ukuran partikel halus dan kasar dapat dibedakan berdasarkan pembuatannya. Antara partikel halus dan kasar pada saat membuat papan partikel dapat dibagi menjadi tiga macam agar menghasilkan papan partikel yang berbeda yaitu papan partikel homogen (berlapis tunggal), papan partikel berlapis tiga, dan papan partikel berlapis bertingkat.

7. Arah partikel

   Peletakan partikel yang telah disatukan dengan perekat dapat secara acak arah serat tidak diatur atau arah serat diatur pada saat pembuatan hamparan, contohnya sama rata atau bersilangan tegak lurus. Pada bagian akhir digunakan bahan cukup panjang, agar berbentuk untai.

8. Penggunaan

   Beban mempengaruhi penggunaan pada papan, papan partikel terbagi sebagai penggunaan umum dan papan partikel yang memerlukan kekuatan yang lebih tinggi. Jika digunakan sebagai mebel, dan juga pengikat dinding digunakan papan partikel penggunaan umum.

9. Pengolahan

   Terdapat bagian papan partikel yang membedakan tingkat pengolahannya, diantaranya primer dan sekunder. papan partikel yang dibuat melewati tahap

pembuatan partikel, pembentukan hamparan dan pengempaan sehingga dihasilkan papan partikel disebut dengan pengolahan sekunder. Sedangkan pengolahan dapat dilapisi venir indah, dilapisi kertas aneka corak disebut dengan penolahan sekunder.

Karakteristik papan partikel buatan standar SNI untuk menentukan acuan kualitas papan partikel. Berikut sifat fisik dan mekanik papan partikel menurut SNI:

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Menurut SNI

No	Sifat Fisik dan Mekanik	SNI-03-2105-2006
1	Densitas	0,40-0,90 g/cm^3
2	Kadar Air	≤14%
3	Pengembangan tebal	Maks 12%
4	MOE (Keteguhan Lentur)	≥20.400 kgf/cm^2
5	MOR (Keteguhan Patah)	≥82 kgf/cm^2

(SNI 03-2105-2006)

Bahan papan partikel dapat dibedakan antara jenis pada kayu yang dipakai serta ukuran dan geometri partikel yang mempengaruhi sifat sifatnya. Menurut Mulyadi & Alphanoda (2016), sifat fisik dan mekanik terhadap papan partikel ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu: menentukan jenis kayu, tipe jumlah partikel, ukuran dan geometri partikel, perekatan dan penyebaran papan partikel, kadar air, serta proses pembuatannya, seperti penjelasan di bawah ini:

1. Jenis pada kayu: jenis kayu dapat mempengaruhi kerendahan hasil pada kerapatan papan yang dapat diperoleh. Pembuatan papan partikel dapat mempengaruhi kesamaan untuk pembuatan papan partikel diantaranya jenisnya. Pada pembuatan papan partikel jenis kayu yang memiliki kerapatan rendah lebih di utamakan karena semakin rendah kerapatan kayu, semakin tinggi kekuatan papan partikel. Bagian lain yang berpengaruh terhadap produksi papan partikel adalah kapasitas penyangga, ekstraktif, dan pH.
2. Jenis dan jumlah partikel: beberapa perekat sering dipakai dalam industri hasil papan partikel terbagi menjadi tiga macam. Dari ketiganya, perekat yangn paling sering digunakan adalah urea formaldehida selanjutnya yaitu fenol formaldehida, dan melamin formaldehida. Jenis interior yang tidak

mendapatkan yang kuat terhadap cuaca dapat menggunakan urea formaldehida. Jumlah jenis perekat urea formaldehida adalah sebanyak 7-10%. resin papan menggunakan urea formaldehida bervariasi antara 6-10% dari berat resin padat. Dalam papan semakin besar resin yang digunakan semakin stabil dan semakin kuat dimensi pada papan.

3. Ukuran dan geometri partikel: geometri partikel adalah karakterisik yang esensial. Ukuran dan bentuknya dapat memberi pengaruh untuk kekuatan dan ukuran pada papan. Hasil kualitas papan mempengaruhi bentuk dan ukuran partikel, partikel yang tidak sama dapat menghasilkan hasil papan yang buruk, hal ini disebabkan ada partikel yang tidak merata. Partikel dapat menghasilkan kekuatan yang baik adalah partikel yang mempunyai ketebalan merata dengan tebal dan panjang yang tinggi.
4. Kerapatan papan: Papan partikel yang mempunyai hasil kerapatan tinggi akan mendapatkan hasil yang cukup bagus dibandingkan papan yang memiliki kerapatan rendah. Ini karena papan partikel yang memiliki kerapatan tinggi menghasilkan ketebalan partikel yang lebih besar sehingga partikel yang tertekan lebih banyak dan antar semua partikel akan lebih baik. Semakin menyebar antar bahan maka akan semakin tinggi ketahanannya. Kestabilan dimensi sifat papan akan berpengaruh terhadap tingginya kerapatan. Kerapatan papan salah satu yang berpengaruh agar semakin kuat papan. Peningkatan kerapatan dapat meninggkatkan sifat fisik papan, kecuali untuk menstabilkan dimensi ketebalan papan yang meningkat pada perendaman dalam air. Hal ini disebabkan kerapatan tinggi pada papan akan memiliki cukup banyak partikel dibandingkan yang mempunyai kerapatan rendah, yang akan menghasilkan panjang dan tebal lebih tinggi setelah penyerapan air.
5. Kadar air partikel: Pada saat proses pengempaan panas kadar air pada partikel berkolerasi sehingga mempengaruhi sifat fisis papan partikel yang didapat. Kadar air partikel dapat membedakan terbentuknya ikatan yang baik dengan perekat, jika terlalu tinggi akan menghasilkan tekanan uap air internal yang sangat besar, akhirnya dapat merusak papan partikel.

2.2 Tempurung kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) mempunyai bagian dari pelindung inti buah yang disebut tempurung kelapa. Tempurung kelapa merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan 3-5 mm terdapat di bagian dalam kelapa setelah sabut, Basir (2017) Berat tempurung 15-19% dari berat pada buah kelapa.

Tabel 2.3 Komponen penyusun kimia pada tempurung kelapa

No	Komponen	Kandungan (%)
1	Selulosa	26,60
2	Lignin	29,40
3	Pentosan	27,70
4	Solvent ekstraktif	4,20
5	Uronat anhidrid	3,50
6	Abu	0,62
7	Nitrogen	0,11
8	Air	8,01

(Ayni, 2018)

Selulosa merupakan senyawa organik yang terdapat pada dinding sel dan berfungsi untuk mengokohkan struktur. Kandungan selulosa inilah yang membuat tempurung kelapa memiliki struktur yang keras. Sedangkan hemiselulosa adalah polimer polisakarida heterogen yang mengisi ruang antara serat selulosa di dalam dinding sel tumbuhan. Dengan begitu hemiselulosa adalah matriks pengisi serat selulosa. Selain selulosa dan hemiselulosa pada tumbuhan juga terdapat lignin yang merupakan senyawa kimia yang sangat kompleks dan berstruktur *amorf*. Lignin berfungsi sebagai pengikat untuk sel-sel yang lain dan juga memberikan kekuatan pada sel tumbuhan.

Gambar 2.1 Tempurung Kelapa

Allah SWT berfirman dalam surat Q.S Ali-Imron ayat 191:

الَّذِيْنَ يَذْكُرُوْنَ اللّٰهَ قِيَامًا وَّقُعُوْدًا وَّعَلٰى جُنُوْبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُوْنَ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِۚ
رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًاۚ سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ – ١٩١

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka” (Q.S Ali-Imron:191)

Berdasarkan ayat diatas, Allah SWT menciptakan segala sesuatu yang terdapat di langit dan di bumi tidaklah sia-sia, melainkan mempunyai manfaat. Allah telah menciptakan segala macam tumbuhan sebagai tanda-tanda bahwa kebesaran dan kekuasaan Allah, dan sebagai bahan untuk berpikir untuk kemaslahatan umat. Termasuk pada limbah sabut kelapa dan tempurung pada buah kelapa yang dihasilkan dari limbah petani buah kelapa.

2.3 Sabut Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera)* merupakan tumbuhan tropis yang dikenal lama oleh hampir sebagian masyarakat Indonesia. Hal ini terlihat dari banyaknya tumbuhan kelapa yang tumbuh menyebar hampir seluruh wilayah Nusantara. Produksi buah kelapa Indonesia rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat serabut, dan 3,3 juta ton debu serabut.

Industri pengolahan buah kelapa umumnya masih terfokus pada pengolahan hasil daging buah sebagai hasil utama, sedangkan untuk industri yang mengolah hasil samping buah seperti air, serabut, dan tempurung kelapa masih secara tradisional dan berskala kecil. Para petani mengganggap serabut kelapa ini adalah limbah yang mengganggu karena menjadi tempat hidup hama ulat atau pun dijadikan sarang ular. Bahkan banyak limbah serabut kelapa yang dibiarkan begitu saja.

Meskipun termasuk dalam limbah organik, namun jika dibiarkan begitu saja dalam waktu yang lama akan memiliki dampak pada lingkungan sekitar, seperti penumpukan sampah seiring meningkatnya produksi kelapa. Serabut pada buah kelapa memiliki nilai ekonomis yang cukup baik bila dimanfaatkan lebih lanjut. Serabut kelapa jika diurai akan menghasilkan serat serabut (*cocofibre*) dan serbuk serabut (*cococoir*) (Azzaki dkk., 2020).

Sabut kelapa adalah bagian yang bersabut dan terdapat atas jaringan dengan sel serat yang memiliki kekerasan dengan ketebalan 5-6 cm. Sabut kelapa memiliki beberapa kandungan unsur kimia di antaranya yaitu Natrium (Na), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Fosfor (P) (Ayni, 2018). Komposisi buah kelapa terdiri atas empat bagian yaitu 35% sabut (*mesocarp*), 12% tempurung, 28% daging biji (*endosperm*), dan 25% air kelapa dari berat total buah kelapa masak (Amelia, 2009).

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Serat Sabut

No	Komponen	Kandungan (%)
1	Air	5,25
2	Pektin	3,00
3	Hemiselulosa	0,25
4	Lignin	45,84
5	Selulosa	43,44

(Amelia, 2009)

Menurut Putri (2019) terdapat tiga jenis serat yang dihasilkan dari sabut kelapa, yaitu :

a. *Mat/yarn fiber* adalah bahan yang memiliki serat yang panjang dan halus, cocok untuk pembuatan tikar dan tali.
b. *Bristle/fiber* adalah bahan yang memiliki serat yang kasar sering dimanfaatkan untuk pembuatan sapu dan sikat.
c. *Matters* adalah bahan yang memiliki serat yang kasar dan sering dimanfaatkan sebagai bahan untuk mengisi kasur.

Gambar 2.2 Sabut Kelapa

Allah SWT berfirman dalam surat asy-Syu'ara' ayat 7:

اَوَلَمْ يَرَوْا اِلَى الْاَرْضِ كَمْ اَنْۢبَتْنَا فِيْهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيْمٍ - ٧

Artinya: "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam pasangan (tumbuh-tumbuhan) yang baik?" (Q.S. asy Syu'ara':7)

Makna dari kata tumbuhan yang baik sebagaimana pada ayat di atas yaitu tumbuhan yang dapat bermanfaat bagi mahluk hidup. Di antara tumbuh-tumbuhan yang baik yaitu buah kelapa. Tidak hanya pada buah dan airnya yang dapat dimanfaatkan bagi mahluk hidup, ternyata kelapa juga dapat dimanfaatkan pada bagian tempurung dan sabutnya untuk industri.

2.4 Perekat Urea Formaldehida

Pada umumnya perekat partikel yang sering digunakan yaitu Urea Formaldehida yang dapat digunakan pada bagian dalam (interior) seperti sebagai

mebel, dan lantai, (G, Tsoumis, 1991). Kekurangan perekat UF yaitu tidak tahan terhadap cuaca. Hal ini diakibatkan karena adanya gugus amida yang mudah terhidrolisis. Oleh karena itu, lebih baik perekat UF digunakan sebagai perekat mebel dan kegunaan lain di dalam ruangan. Kekurangan UF yang mudah terhidrolisis mengakibatkan terjadinya kehancuran pada ikatan hidrogennya oleh kelembaban atau basa serta asam kuat khususnya pada suhu sedang hingga tinggi (Hesty, 2009).

Krismes (2018) menyatakan bahwa perekat urea formaldehida merupakan hasil reaksi antara urea dengan formaldehida, dijual dalam bentuk cair atau tepung berwarna jernih sampai putih. Pengempaan dapat dilakukan secara dingin dan panas (110-120 ^{0}C). Untuk urea formaldehida berbentuk tepung perlu dilarutkan dahulu dalam air. Perekat urea formaldehida digunakan untuk bagian interior, urea formaldehida merupakan hasil reaksi polimer kondensasi dari formaldehida dengan urea. Pizzi (1983) menjelaskan bahwa keuntungan dari perekat urea formaldehida antara lain larut air, keras, tidak mudah terbakar, sifat panasnya baik, tidak berwarna ketika mengeras serta harganya murah.

2.5 Uji Sifat Fisis Papan Partikel

2.5.1 Densitas Papan Partikel

Densitas adalah perbandingan antara volume dengan massa contoh uji pada papan. Pada saat kering udara dan volume kering udara pengujian densitas dapat dilakukan. Pengujian densitas melalui proses ditimbang massa contoh uji selanjutnya mengukur rata-rata panjang, lebar, dan tebalnya untuk menetapkan volumenya. pusat pengukuran dapat menggunakan kaliper (jangka sorong) atau mikrometer sekrup (Anggita, 2018). Hasil densitas papan partikel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho = \frac{massa}{volume} \text{ x } 100\% \qquad (2.1)$$

Keterangan:

ρ = densitas (g/cm^3)

m = massa bahan (g)

V = volume bahan (cm^3)

2.5.2 Kadar Air

Pada saat menyatukan bahan baku (partikel/serat dengan perekat) dan proses *mat forming* atau pembentukan lembaran, kadar air "adonan" (*furnish*) rendah. pada proses basah, *slurry* atau campuran serat dan air memiliki kadar air yang sangat tinggi. Setelah pengkondisian pada suhu (suhu ruang), kadar air papan akan meningkat karena higroskopis menyesuaikan keadaan kadar air dan kelembaban lingkungan. Kadar air papan dihitung berdasarkan massa awal dan massa kering oven (Anggita, 2018). Nilai kadar air papan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K} \text{ x } 100 \qquad (2.2)$$

Keterangan:

K_A = kadar air (%)

M_A = massa awal sebelum di oven (g)

M_K = massa kering (g)

2.5.3 Pengembangan Tebal

Kelemahan papan partikel yaitu memiliki pengembangan tebal yang tinggi. Pengujian dilakukan berdasarkan tebal sebelum (T_1) selanjutnya mengukur rata-rata sudut dalam kondisi kering udara dan tebal setelah perendaman (T_2) dalam air selama 24 jam (Anggita, 2018). Nilai pengembangan tebal dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P\ (\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \text{ x } 100 \qquad (2.3)$$

Keterangan:

P = pengembangan tebal (%)

T_1 = tebal bahan sebelum perendaman (cm)

T_2 = tebal bahan setelah perendaman (cm)

2.6 Uji Sifat Mekanik Papan Partikel

2.6.1 Keteguhan Lentur *(MOE)*

Modulus elastis (MOE= *modulus of elasticity)* menunjukkan ukuran kekuatan papan dalam menahan beban dalam batas sebelum patah. Hal ini perlu dilakukan jika papan akan diaplikasikan sebagai bahan konstruksi atau penahan beban. Pemberian beban dalam jangka waktu yang cukup lama biasanya akan mengalami *creep* atau rangkak yang ditandai dengan melendut. Sehingga menunjukkan ketahanan lentur sangat diperlukan dan diperhatikan dalam sifat mekanis ini. Baik standar SNI maupun JIS mensyaratkan nilai tertentu untuk kedua jenis papan tersebut (Anggita, 2018). Nilai *MOE* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{MOE} = \frac{S^3}{4LT^3} \text{ x } \frac{\Delta B}{\Delta D} \qquad (2.4)$$

Keterangan:

MOE = modulus elastisitas (kgf/cm^2)

S = jarak sangga (cm)

L = lebar contoh Uji (cm)

T = tebal contoh Uji (cm)

ΔB = selisih beban (kgf)

ΔD = selisih defleksi/lenturan (cm)

2.6.2 Keteguhan Patah *(MOR)*

Modulus patah (MOR) yaitu uji mekanis yang menunjukkan hasil kekuatan papan dalam menahan suatu beban. Untuk mendapatkan nilai MOR, dilakukan pengujian dengan memberi beban pada papan sampai papan tersebut patah, pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian *MOE* (*modulus of elasticity)* (Anggita, 2018). Nilai MOR dapat dihitung dengan persamaan:

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

Keterangan:

MOR= modulus patah (kgf/cm^2)

B = beban maks (kgf)

S = jarak sangga (cm)

L = lebar contoh uji (cm)

T = tebal contoh uji (cm)

2.7 Penelitian yang Relevan

Pada penelitian Putriana Hutagaol (2017) dengan judul "Kualitas Papan Partikel dari Batang Jagung dan Serat Sabut Kelapa". Penelitian ini memanfaatkan tongkol jagung dan serat kelapa. Pada penelitian ini divariasikan antara komposisi tongkol jagung dan serat sabut kelapa 100:0%, 80:20%, 60:40%, 40:60%, 20:80%. Hasil uji sifat fisis seperti densitas terendah 0,47 g/cm^3 pada komposisi 20:80% sedangkan densitas tertinggi 0,61 g/cm^3 pada komposisi 80:20%, nilai kadar air terendah 6,41% pada komposisi 80:20% sedangkan nilai kadar air tertinggi 7,15% pada komposisi 20:80%. Hasil uji sifat mekanis seperti MOE terendah sebesar 1989,39 kg/cm^2 pada komposisi 20:80% sedangkan MOE tertinggi sebesar 14860,29 kg/cm^2 pada komposisi 100:0% dan MOR terendah 146,65 kg/cm^2 pada komposisi 20:80% sedangkan MOR tertinggi 42,94 kg/cm^2 pada komposisi 100:0%.

Pada penelitian Widi Mulia Nasution dan Mora (2018) dengan judul "Analisa Pengaruh Komposisi Partikel Ampas Tebu dan Partikel Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Fisis dan mekanis Komposit Papan Partikel Perekat Resin Epoksi". Penelitian ini memanfaatkan ampas tebu dan tempurung kelapa. penelitian ini di variasikan antara komposisi ampas tebu dan tempurung kelapa 70:0%, 50:20%, 35:35%, 20:50%, 0:70%. Kadar perekat yang digunakan adalah 30%. Ukuran partikel yang digunakan adalah lolos ayakan 100 mesh. Hasil uji sifat fisis diperoleh nilai densitas terendah 0,94 g/cm^3, pada komposisi 70:0% dan densitas tertinggi 1,06% g/cm^3 pada komposisi 0:70%. Nilai kadar air papan terendah 0,91% pada komposisi 0:70% dan nilai kadar air tertinggi 3,74% pada komposisi 70:0%. Nilai daya serap air terendah 17,11% pada komposisi 50:20% sedangkan nilai terendah yang terdapat pada MOE didapat sebesar 833,17 kg/cm^2 pada bagian komposisi 70:0% dan nilai tertinggi yang terdapat pada MOE sebesar 1960,75 kg/ cm^2 pada bagian komposisi 35:35%. Nilai terendah pada pengujian MOR 487,88 kg/cm^2 pada bagian komposisi 70:0% sedangkan nilai tertinggi pada pengujian MOR menghasilkan 1101,44 kg/cm^2 pada komposisi 35:35%. Hasil pada penelitian menghasilkan bahwa sifat fisis dan mekanis pada papan partikel yang dihasilkan pada setiap pengujian telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 kecuali pada pengujian densitas dan MOE. Berdasarkan hasil pengujian pada

densitas papan partikel maka papan partikel yang dihasilkan termasuk kedalam kategori jenis papan partikel berkerapatan tinggi.

Irfana Diah Faryuni (2015) "Sintesis Dan Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Komposit Dari Limbah Pelepah Sawit Dan Sabut Kelapa", hasil yang terdapat pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa papan partikel mengalami pengembangan tebal yang tinggi seiring bertambahnya variasi komposisi serat sabut kelapa, perbandingan antara limbah pelepah sawit dan serat sabut kelapa 100:0%, 90:10%, 80:20%, 70:30%, 60:40%, 50:50%, 40:60%, 30:70%, 20:80%, 10:90%, 0:100%.

2.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah terdapat pengaruh variasi komposisi serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida terhadap karakteristik papan partikel.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2021.

3.1.2 Tempat Penelitian

Pembuatan dan pengujian sampel pada penelitian ini dilakukan di laboratorium PTKI (Politeknik Teknologi Kimia Industri). Jl. Menteng VII Medan.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. UTM *(Universal Testing Machine)*
   Digunakan untuk memadatkan sampel uji papan partikel.
2. Tensilon
   Digunakan untuk pengujian MOE dan MOR
3. Neraca Digital
   Digunakan untuk mengukur massa tempurung kelapa dan sabut kelapa.
4. Spatula
   Digunakan untuk mengaduk bubuk perekat urea formaldehida dan air.
5. Alat Cetakan Sampel
   Ukuran 50 x 50 x 10 mm^3 untuk pengukuran sifat fisis
   Ukuran 200 x 50 x 10 mm^3 untuk pengujian mekanik
6. Lumpang dan Alu
   Digunakan untuk menghaluskan tempurung kelapa.
7. Gelas ukur 100 ml
   Digunakan sebagai ukuran perbandingan perekat urea formaldehida dengan Air.

8. Mistar

   Digunakan untuk mengukur lebar dan panjang sampel uji.

9. Gunting

   Digunakan untuk memotong serat sabut kelapa.

10. Oven

    Digunakan untuk pengujian kadar air sampel uji.

11. Jangka Sorong

    Digunakan untuk mengukur ketebalan sampel uji.

12. Gerinda

    Digunakan untuk memotong sampel uji.

13. Ayakan 100 mesh

    Digunakan sebagai menyaring serbuk tempurung kelapa.

14. Wadah

    Digunakan sebagai tempat untuk pencampuran bahan.

15. Cawan

    Digunakan sebagai wadah pencampuran perekat urea formaldehida dengan air.

3.2.2 Bahan Penelitian

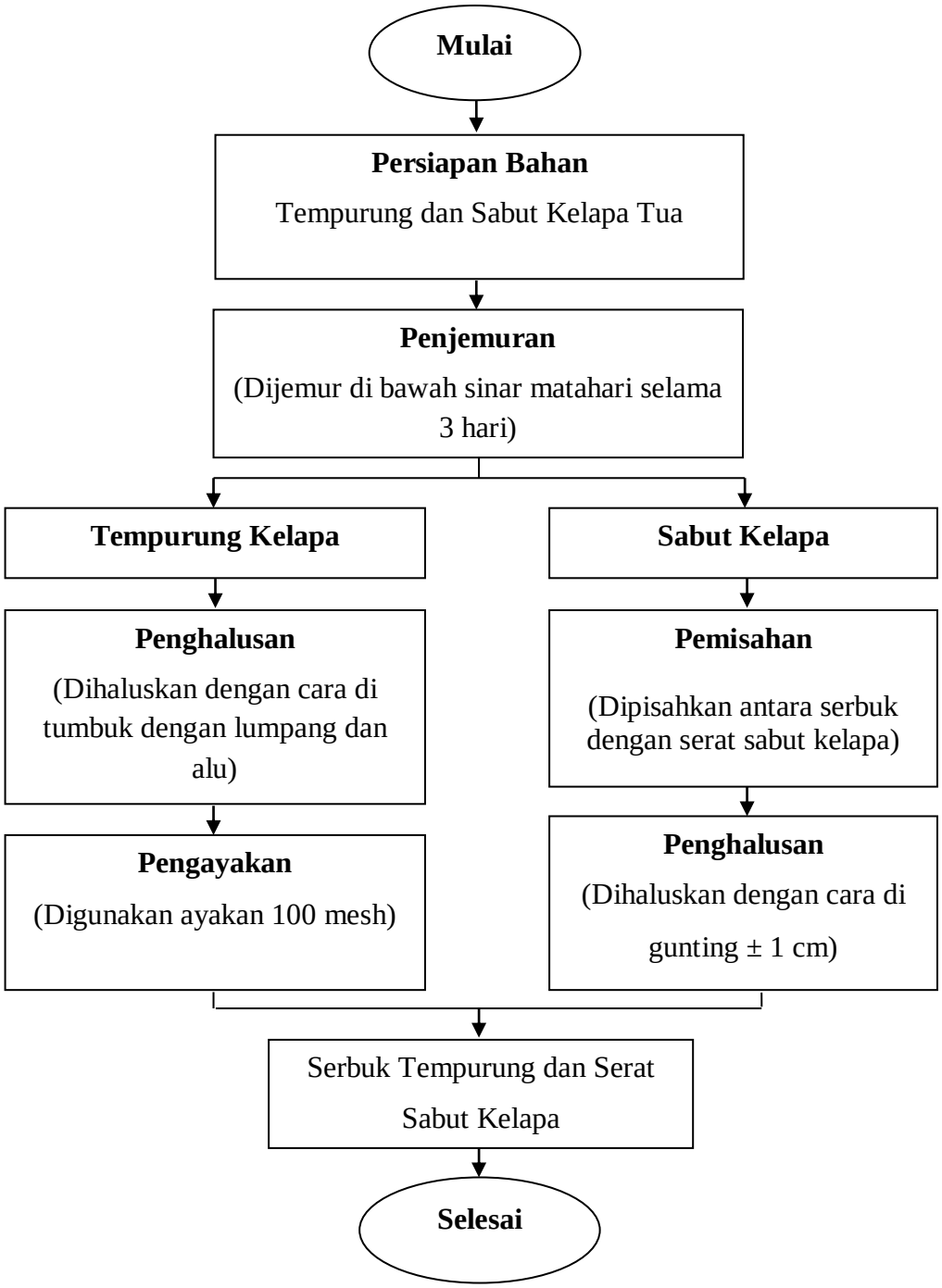
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tempurung Kelapa
2. Sabut Kelapa
3. Perekat Urea Formaldehida

3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Tahap Pembuatan Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa

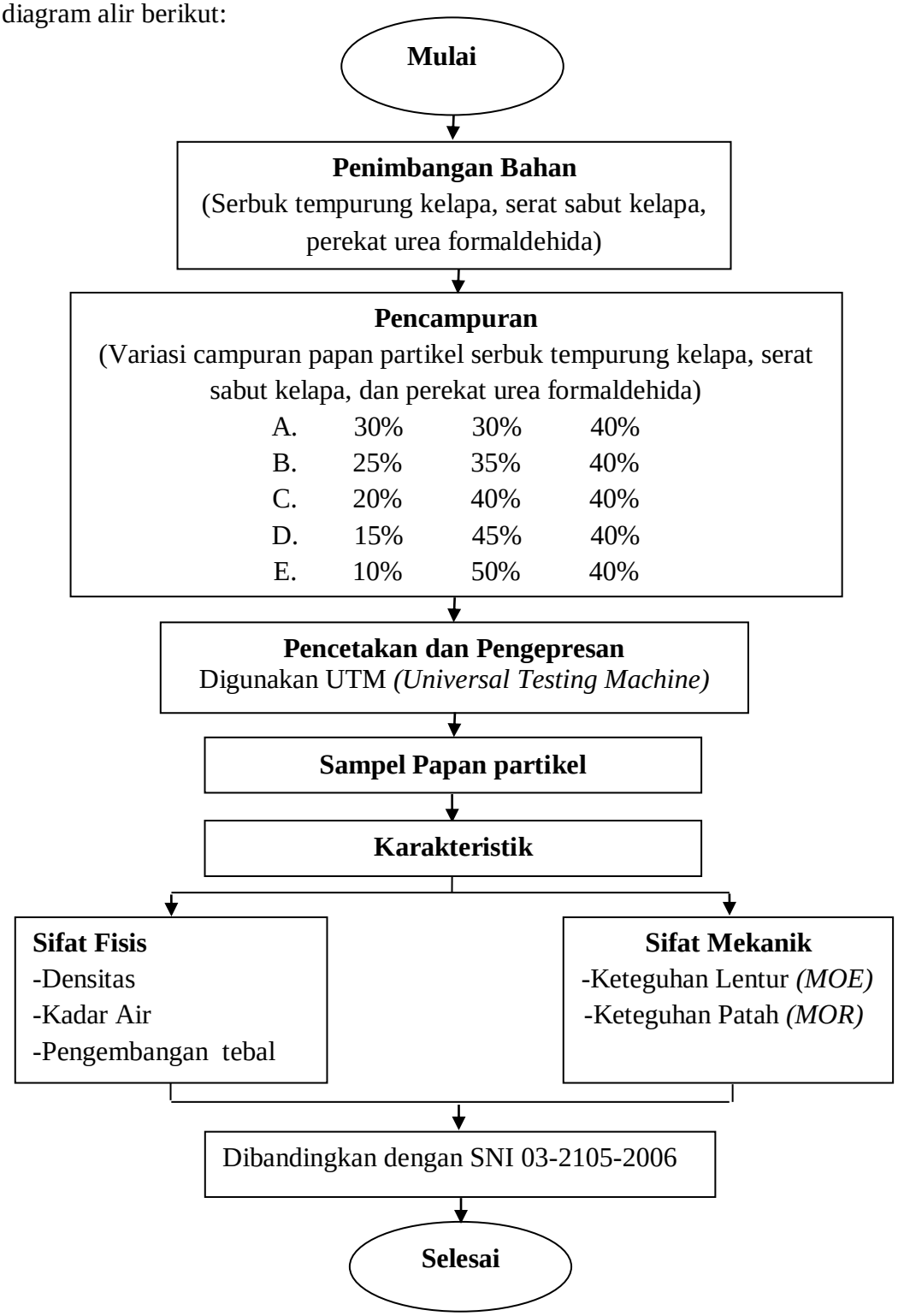
Pada penelitian ini terdapat dua tahap pembuatan serbuk tempurung, serat sabut kelapa, dan pembuatan papan partikel dan pengujian papan partikel. Adapun tahap pembuatan serbuk tempurung dan serat sabut kelapa yaitu:



Gambar 3.1 Tahap Pembuatan Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa

3.3.2 Tahap Pembuatan dan Pengujian Papan Partikel

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



Gambar 3.2 Tahap Pembuatan dan Pengujian Papan Partikel

3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Pembuatan Serbuk Tempurung Kelapa

Prosedur pembuatan serbuk tempurung kelapa yaitu:

1. Dipersiapkan tempurung kelapa yang akan dijadikan serbuk.
2. Dilakukan proses penjemuran tempurung kelapa di bawah sinar matahari selama 3 hari.
3. Dilakukan proses penghalusan tempurung kelapa dengan cara ditumbuk menggunakan lumpang dan alu.
4. Dilakukan proses pengayakan serbuk tempurung kelapa dengan menggunakan ayakan 100 mesh.
5. Serbuk tempurung kelapa siap digunakan.

3.4.2 Pembuatan Serat Sabut Kelapa

Prosedur pembuatan serat sabut kelapa yaitu:

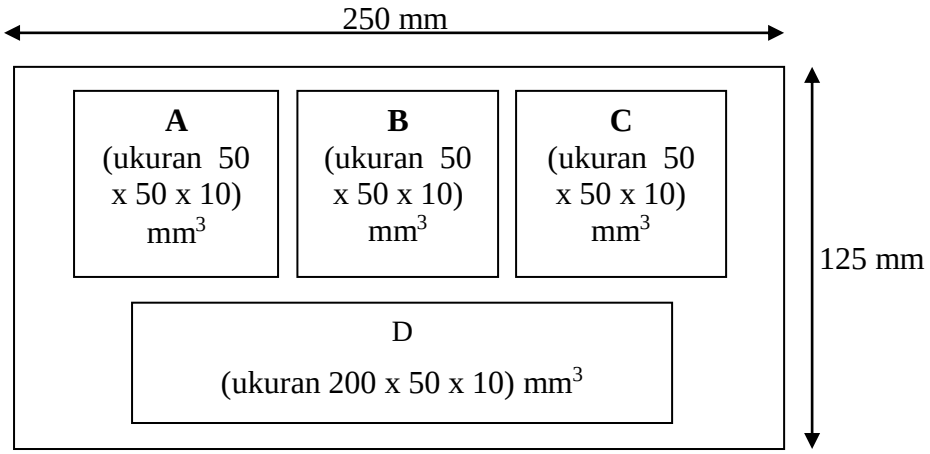
1. Dipersiapkan sabut kelapa yang akan dijadikan serat.
2. Dilakukan proses pemisahan antara serbuk dengan serat kelapa.
3. Dilakukan proses pencucian serat sabut kelapa.
4. Dilakukan proses penjemuran serat sabut kelapa selama 3 hari.
5. Dilakukan proses pemotongan menjadi bagian-bagian kecil ± 1 cm.
6. Serat sabut kelapa siap digunakan.

3.4.3 Pembuatan Papan Partikel

Prosedur pembuatan papan partikel yaitu:

1. Dipersiapkan bahan campuran papan partikel yaitu: serbuk tempurung kelapa, serat sabut kelapa, dan perekat urea formaldehida.
2. Dilakukan proses penimbangan bahan menggunakan neraca digital.
3. Dilakukan pencampuran bahan dengan variasi campuran serbuk tempurung kelapa, serat sabut kelapa, dan perekat urea formaldehida.
4. Adonan sampel dituangkan ke dalam cetakan yang telah tersedia. Kemudian dipress menggunakan mesin UTM *(Universal Testing Machine)* dengan beban 15 kg selama 30 menit hingga padat dan rata permukaannya.

5. Sampel uji ditempatkan dalam ruangan tertutup kemudian dilepas dan dikeringkan selama 7 hari untuk diuji dan dianalisis.
6. Dilakukan pemotongan sampel uji sesuai dengan ukuran pengujian SNI 03-2105-2006.
7. Sampel yang telah dipotong selanjutnya dilakukan pengujian sifat fisis, dan sifat mekanik. Berikut ukuran dan bentuk pemotongan yang digunakan.



Gambar 3.6 Pola Pemotongan Contoh Uji

Keterangan:

A : Digunakan untuk sampel pengukuran Densitas

B : Digunakan untuk pengukuran Kadar Air

C : Digunakan untuk pengukuran Pengembangan Tebal

D : Digunakan untuk Pengujian MOE dan MOR

3.5 Metode Karakterisasi

Proses pengujian sampel uji sifat fisis dan mekanik papan partikel meliputi: pengukuran densitas, pengukuran kadar air, pengukuran pengembangan tebal, pengujian keteguhan lentur, dan pengujian keteguhan patah.

3.5.1 Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas diamati dengan merujuk SNI 03-2105-2006. Cara kerjanya sebagai berikut:

1. Disediakan sampel uji ukuran (50 x 50 x 10) mm^3.
2. Contoh uji diukur panjangnya pada kedua sisi lebarnya.

3. Contoh uji diukur lebarnya pada kedua sisi panjangnya.
4. Contoh uji diukur tebalnya pada keempat sudut, (pada titik persilangan pengukuran panjang dan lebar).
5. Contoh uji kemudian ditimbang
6. Jika telah diketahui nilainya, maka pengujian pengukuran densitas pada sampel uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

3.5.2 Pengukuran Kadar Air

Pengukuran kadar air diamati dengan merujuk SNI 03-2105-2006. Cara kerjanya sebagai berikut:

1. Disediakan sampel uji ukuran (50 x 50 x 10) mm^3.
2. Contoh uji ditimbang lalu dicatat massa awal sampel uji.
3. Contoh uji dikeringkan dalam oven pada suhu 103 ^{0}C.
4. Contoh uji ditimbang dan dicatat hasil kadar air pada sampel uji
5. Setelah diketahui nilainya, maka pengujian pengukuran kadar air pada sampel uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

3.5.3 Pengukuran Pengembangan Tebal

Pengukuran pengembangan tebal diamati dengan merujuk SNI 03-2105-2006. Cara kerjanya sebagai berikut:

1. Disediakan sampel uji ukuran (50 x 50 x 10) mm^3.
2. Contoh uji diukur tebalnya pada bagian pusatnya.
3. Contoh uji direndam 3 cm di bawah permukaan air secara mendatar pada suhu 25 ^{0}C dan direndam selama 24 jam.
4. Contoh uji kemudian diangkat, diseka dengan kain dan diukur tebalnya.
5. Setelah diketahui nilainya, maka pengujian pengukuran pengembangan tebal pada sampel uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3

3.5.4 Pengujian Keteguhan Lentur *(Modulus Of Elasticity(MOE))*

Pengujian keteguhan lentur dilakukan menggunakan alat Tensilon dengan mengacu pada standar SNI 03-2105-2006. Cara kerjanya sebagai berikut:

1. Contoh uji diukur panjang, lebar, dan tebalnya.
2. Contoh uji diletakkan mendatar pada penyangga.
3. Beban diletakkan pada bagian pusat contoh uji, pembebanan dilakukan sampai batas titik elastis contoh uji dan mengamati kemudian mencatat hasil pengamatan.
4. Setelah diketahui nilainya, maka pengujian keteguhan lentur pada sampel uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.

3.5.5 Pengujian Keteguhan Patah (*Modulus Of Rupture* (MOR))

Pengujian Keteguhan Patah dilakukan menggunakan alat Tensilon dengan mengacu pada standar SNI 03-2105-2006. Cara kerjanya sebagai berikut:

1. Contoh uji diukur panjang, lebar, dan tebalnya.
2. Contoh uji diletakkan mendatar pada penyangga.
3. Beban diletakkan pada bagian pusat contoh uji, pembebanan dilakukan sampai batas titik elastis contoh uji dan mengamati kemudian mencatat hasil pengamatan.
4. Setelah diketahui nilainya, maka pengujian keteguhan patah pada sampel uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Sifat Fisis

Pengujian sifat fisis papan partikel dilakukan melalui uji pengukuran densitas, kadar air, dan pengembangan tebal.

4.1.1 Densitas

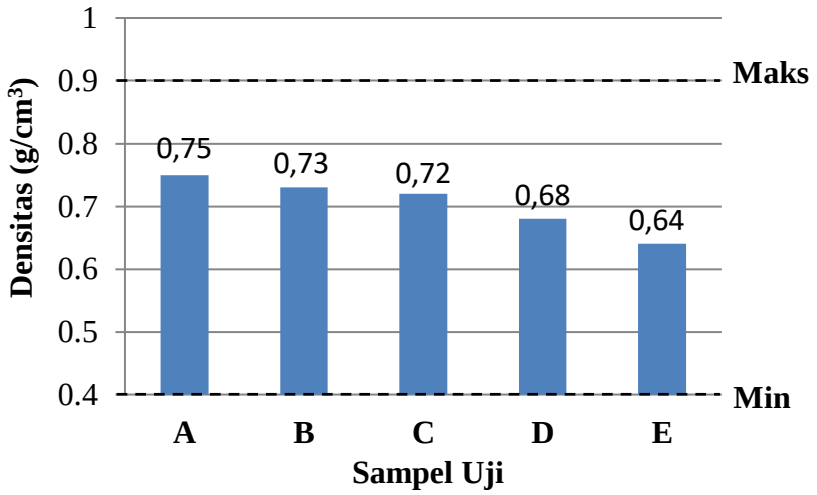
Setelah dilakukan pengukuran densitas papan partikel diperoleh data seperti pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Densitas Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel Uji	Densitas (g/cm^3)	Rata-rata Densitas (g/cm^3)	SNI 03-2105-2006
A	A_1	0,73	0,75	0,40 - 0,90 g/cm^3
	A_2	0,76		
	A_3	0,77		
B	B_1	0,82	0,73	
	B_2	0,74		
	B_3	0,65		
C	C_1	0,72	0,72	
	C_2	0,69		
	C_3	0,75		
D	D_1	0,69	0,68	
	D_2	0,68		
	D_3	0,67		
E	E_1	0,65	0,64	
	E_2	0,64		
	E_3	0,65		

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa hasil densitas sampel A sebesar 0,75 g/cm^3, sampel B 0,73 g/cm^3, sampel C 0,72 g/cm^3, sampel D 0,68 g/cm^3, dan sampel E 0,64 g/cm^3. Berdasarkan SNI 03-2105-2006 sampel A, sampel B, sampel C, sampel D, dan sampel E sudah memenuhi SNI 03-2105-2006 karena sebagaimana dalam lampiran SNI 03-2105-2006 nilai densitas papan partikel antara 0,40-0,90 g/cm^3.

Berikut adalah grafik pengukuran densitas terhadap papan partikel:



Gambar 4.1 Grafik pengukuran Densitas Papan Partikel

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai densitas dalam setiap variasi komposisi serbuk tempurung dan serat sabut kelapa. Nilai densitas tertinggi terdapat pada variasi komposisi A (30%:30%:40%) antara serbuk tempurung dan serat sabut kelapa, dengan perekat urea formaldehida yaitu sebesar 0,75 g/cm^3, sedangkan nilai densitas terendah terdapat pada variasi komposisi E (10%:50%:40) antara serbuk tempurung dan serat sabut kelapa, dengan perekat urea formaldehida yaitu sebesar 0,64 g/cm^3. Penurunan densitas ini disebabkan karena banyaknya komposisi serat sabut kelapa dan berkurangnya jumlah kompoisi serbuk tempurung, semakin banyak serat sabut kelapa akan menghasilkan densitas yang kecil. Penurunan densitas juga dipengaruhi oleh kecilnya jumlah serbuk tempurung kelapa sebagai pengisi dalam campuran. Hal ini disebabkan jika jumlah komposisi serbuk tempurung kecil akan menghasilkan benda uji berpori karena banyaknya rongga rongga kosong antar partikel serat sabut kelapa yang tidak diisi oleh serbuk tempurung kelapa. Keterangan diatas sama halnya dengan penelitian Putriana Hutagaol (2017) yang menyatakan bahwa seiring bertambahnya variasi komposisi serat sabut kelapa menghasilkan papan partikel yang mengalami penurunan densitas.

4.1.2 Kadar Air

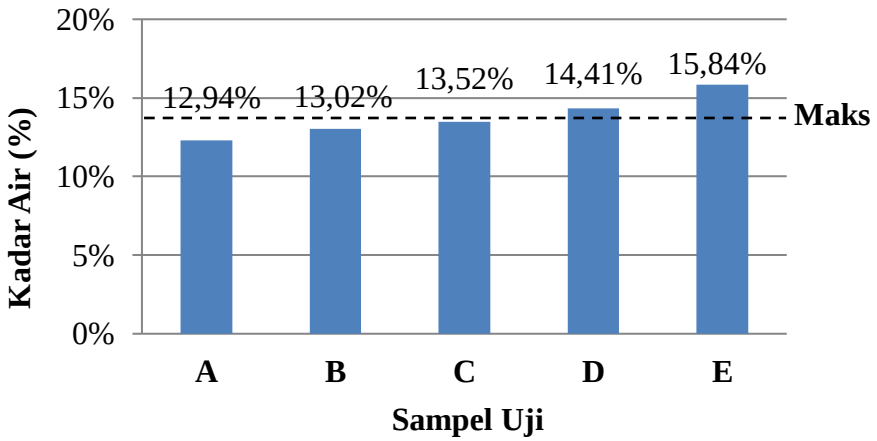
Pengukuran kadar air bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang dapat dikeluarkan dari papan partikel melalui pemanasan dalam oven. Berikut data hasil pengukuran kadar air papan partikel:

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Kadar Air Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel Uji	Kadar Air (%)	Rata-rata kadar Air (%)	SNI 03-2105-2006
A	A_1	15,04	12,94	≤14 %
	A_2	10,76		
	A_3	13,03		
B	B_1	12,76	13,02	
	B_2	12,34		
	B_3	13,96		
C	C_1	12,23	13,52	
	C_2	14,07		
	C_3	14,27		
D	D_1	13,83	14,41	
	D_2	17,25		
	D_3	12,17		
E	E_1	16,01	15,84	
	E_2	16,33		
	E_3	15,18		

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa sampel A nilai kadar air sebesar 12,94%, sampel B sebesar 13,02%, sampel C sebesar 13,52%, sampel D sebesar 14,41%, dan sampel E sebesar 15,84%. Berdasarkan SNI 03-2105-2006 sampel A, B dan C sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 karena sebagaimana dalam lampiran SNI 03-2105-2006 nilai kadar air pada papan partikel tidak melebihi 14%.

Berikut adalah grafik pengukuran kadar air terhadap papan partikel:



Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Kadar Air Papan Partikel

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kadar air dalam setiap variasi komposisi serbuk tempurung dan serat sabut kelapa. Nilai kadar air tertinggi terdapat pada variasi E (10%:50%:40%) antara serbuk tempurung, dan serat sabut kelapa, dengan perekat urea formaldehida kelapa yaitu sebesar 15,84. Sedangkan nilai kadar air terendah terdapat pada variasi komposisi A (30%:30%:40%) antara serbuk tempurung, dan serat sabut kelapa, dengan perekat urea formaldehida yaitu sebesar 12,94%. Peningkatan nilai kadar air papan partikel disebabkan pada saat penambahan komposisi serat sabut kelapa dan berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung kelapa. Hal ini dikarenakan serat sabut kelapa yang bersifat kaku dan berukuran acak, menyebabkan papan yang dihasilkan mempunyai volume rongga kosong yang tinggi dan berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung yang tidak sepenuhnya mengisi rongga kosong pada serat sabut kelapa menyebabkan banyaknya rongga udara pada papan partikel sehingga tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Keterangan diatas sama halnya dengan penelitian Putriana Hutagaol (2017) yang menyatakan bahwa seiring bertambahnya variasi komposisi serat sabut kelapa menghasilkan papan partikel yang mengalami kenaikan nilai kadar air.

4.1.3 Pengembangan Tebal

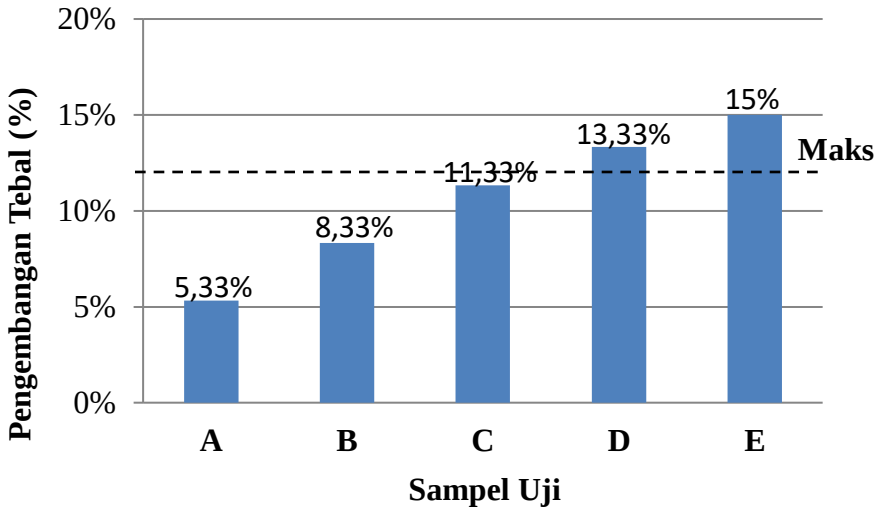
Pengukuran pengembangan tebal bertujuan untuk menentukan besarnya penambahan tebal papan partikel akibat perendaman air selama 24 jam. Berikut data hasil pengukuran pengembangan tebal papan partikel:

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Pengembangan Tebal Papan Partikel

Sampel	Kode Sampel Uji	Pengembangan tebal (%)	Rata-rata pengembangan tebal (%)	SNI 03-2105-2006
A	A_1	5	5,33	Maks 12%
	A_2	7		
	A_3	4		
B	B_1	8	8,33	
	B_2	7		
	B_3	10		
C	C_1	9	11,33	
	C_2	13		
	C_3	12		
D	D_1	8	13,33	
	D_2	16		
	D_3	16		
E	E_1	15	15	
	E_2	15		
	E_3	15		

Berdasarkan dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa sampel A mengalami pengembangan tebal terendah yaitu sebesar 5,33% dan terjadi kenaikan kembali pada sampel B, C, D, dan E sebesar 8,33%, 11,33%, 13,33%, 15%. Berdasarkan SNI 03-2105-2006 sampel A, B dan C sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 karena sebagaimana dalam lampiran SNI 03-2105-2006 nilai kadar air pada papan partikel tidak melebihi 12%.

Berikut adalah grafik pengukuran pengembangan terhadap papan partikel:



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Pengembangan Tebal Papan Partikel

Dari Gambar 4.3 di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai pengembangan tebal dalam setiap variasi komposisi serbuk tempurung dan serat sabut kelapa. Nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada variasi E (10%:50%:40%) antara serbuk tempurung dan serat sabut kelapa, dengan perekat urea formaldehida kelapa yaitu sebesar 15%. Sedangkan nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada variasi komposisi A (30%:30%:40%) antara serbuk tempurung, dan serat sabut kelapa, dengan urea formaldehida yaitu sebesar 5,33%. Dapat dilihat bahwa pada saat penambahan komposisi serat sabut kelapa dan berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung kelapa menyebabkan meningkatnya nilai pengembangan tebal papan partikel. Hal ini disebabkan sifat higroskopis serat sabut kelapa yang mudah menyerap air. Jumlah serat sabut kelapa yang banyak membuat hasil pengembangan tebal menjadi semakin besar, karena besarnya rongga pori-pori serat sabut kelapa yang tidak di isi sepenuhnya oleh serbuk tempurung sehingga banyak air yang diserap dan memasuki struktur papan partikel yang mengakibatkan tingginya pengembangan tebal papan partikel sehingga tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Keterangan diatas sama halnya dengan penelitian Irfana Diah Faryuni (2015) yang menyatakan bahwa seiring bertambahnya variasi komposisi serat sabut kelapa menghasilkan papan partikel yang mengalami pengembangan tebal yang tinggi.

4.2 Karakterisasi Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik papan partikel melalui uji keteguhan lentur (*Modulus Elasticity* (MOE)) dan keteguhan patah (*Modulus Of Rupture* (MOR)).

4.2.1 Pengujian Keteguhan Lentur (*Modulus Elasticity* (MOE))

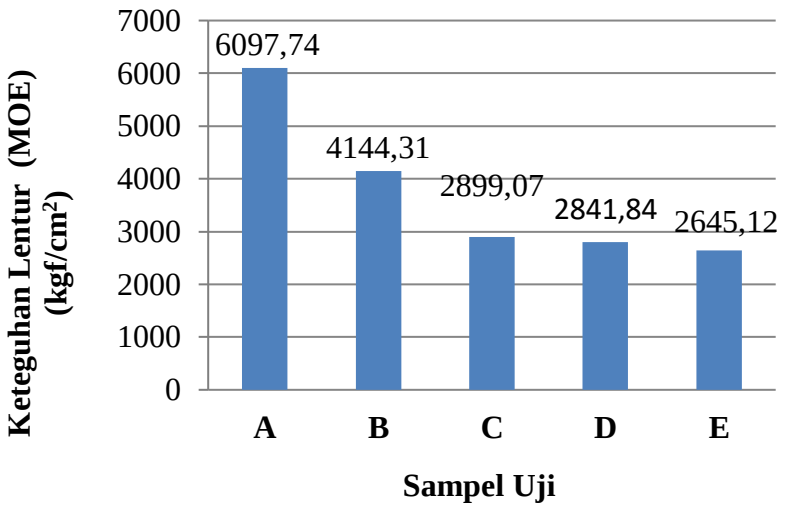
Keteguhan lentur atau modulus elastisitas (MOE) menunjukkan ukuran ketahanan papan dalam menahan beban dalam batas proporsi (sebelum patah). Berikut data hasil pengujian keteguhan lentur (*Modulus Elasticity* (MOE)):

Tabel 4.4 Data Hasil Keteguhan Lentur (MOE) Papan Partikel

Sampel	Keteguhan Lentur (kgf/cm^2)	Rata-rata Keteguhan Lentur (kgf/cm^2)	SNI 03-2105-2006
A	5844,48 6122,24 6326,51	6097,74	≥20.400 kgf/cm^2
B	3600,86 4110,64 4721,44	4144,31	
C	2639,55 2731,12 3326,54	2899,07	
D	2659,21 3102,97 2763,34	2841,84	
E	2612,64 2591,38 2731,34	2645,12	

Hasil pengujian keteguhan lentur *(Modulus Elasticity (MOE))* papan partikel dari serbuk tempurung kelapa dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida, diperlihatkan seperti Tabel 4.4. dapat dilihat bahwa nilai MOE papan partikel yang dibuat berkisar 6097,74-2645,12 kgf/cm$^{2.}$ Nilai MOE papan partikel yang dibuat belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Karena sebagaimana dalam lampiran SNI 03-2105-2006 nilai keteguhan lentur ≥20.400 kgf/cm^2.

Berikut adalah grafik pengujian keteguhan lentur (MOE) terhadap papan partikel:



Gambar 4.4 Grafik Pegujian Keteguhan Lentur (MOE) Papan Partikel

Dari Gambar 4.4 diatas dapat dilihat pengujian keteguhan lentur papan partikel mengalami penurunan, 6097,74-2645,12 kgf/cm^2. Nilai keteguhan lentur tertinggi terdapat pada variasi komposisi 30%:30%:40% dan nilai keteguhan lentur terendah pada variasi komposisi 10%:50%:40% antara serbuk tempurung, dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida. Keteguhan lentur papan partikel mengalami penurunan seiring berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung kelapa dan bertambahnya serat sabut kelapa. Hal ini disebabkan serbuk tempurung kelapa yang tidak sepenuhnya mengisi rongga kosong pada serat sabut kelapa yang bersifat kaku dan kasar, sehingga kemampuan papan partikel tidak tahan dalam menahan beban. Nilai MOE dipengaruhi oleh kandungan dan jenis bahan perekat yang digunakan, daya ikat perekat, dan ukuran partikel. Pada umumnya, semakin meningkat nilai MOE papan partikel maka struktur papan semakin kuat atau tahan terhadap perubahan bentuk sehingga kemampuannya dalam menahan beban juga semakin besar. Keterangan diatas sama halnya dengan penelitian Putriana Hutagaol (2017) dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa papan partikel mengalami keteguhan lentur yang rendah seiring bertambahnya variasi serat sabut kelapa.

4.2.2 Pengujian keteguhan patah (*Modulus Of Rupture* (MOR))

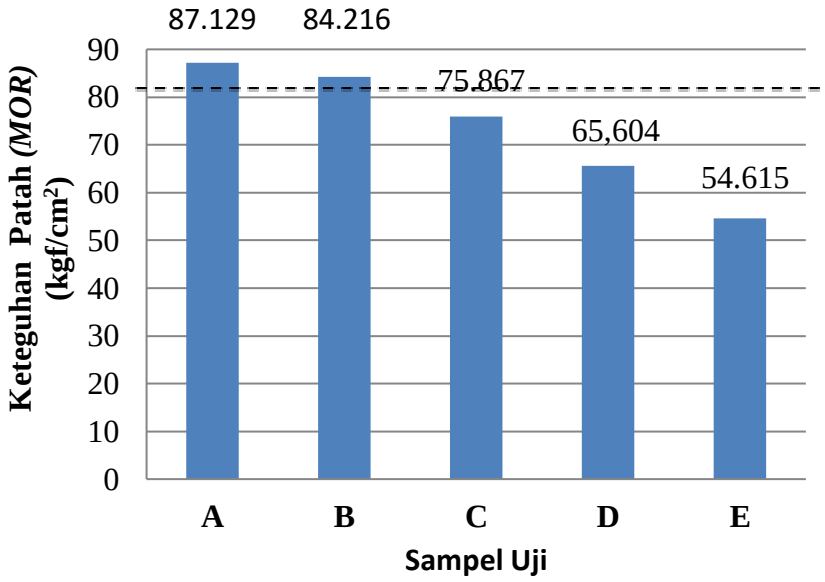
Keteguhan patah atau modulus elastisitas (MOR) menunjukkan ukuran ketahanan papan dalam menahan beban hingga patah. Berikut data hasil pengujian keteguhan patah (MOR):

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian keteguhan patah (MOR) Papan Partikel

Sampel	Keteguhan patah (kgf/cm^2)	Rata-rata keteguhan patah (kgf/cm^2)	SNI 03-2105-2006
A	89,271 87,012 85,104	87,129	≥82 kg/cm^2
B	84,033 85,284 83,331	84,216	
C	75,195 75,771 76,635	75,867	
D	65,394 65,664 65,754	65,604	
E	54,468 54,549 54,828	54,615	

Pengujian MOR dilakukan bersamaan dengan pengujian MOE. Hasil pengujian MOR dapat dilihat dalam Tabel 4.5, dimana nilai rata-rata berkisar antara 87,129-54,615 kgf/cm^2. Nilai keteguhan patah (MOR) tertinggi terdapat pada komposisi 30%:30%:40% dan terendah pada komposisi 10%:50%:40%. Berdasarkan SNI 03-2105-2006 sampel A dan B telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Karena sebagaimana dalam lampiran SNI 03-2105-2006 nilai keteguhan patah pada papan partikel ≥82 kg/cm^2.

Berikut adalah grafik pengujian keteguhan patah (MOR) terhadap papan partikel:



Gambar 4.5 Grafik Keteguhan Patah (MOR) Papan Partikel

Pengujian keteguhan patah (MOR) dilakukan bersamaan dengan pengujian keteguhan lentur (MOE). Hasil pengujian MOR dapat dilihat pada Gambar 4.5, dimana nilai rata-rata berkisar antara 87.129-54.615 kgf/cm^2. Nilai keteguhan patah (MOR) tertinggi terdapat pada komposisi 30%:30%:40%, dan terendah terdapat pada komposisi 10%:50%:40% antara serbuk tempurung, serat sabut kelapa dan perekat urea formaldehida. Penurunan nilai keteguhan patah disebabkan seiring berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung kelapa yang tidak sepenuhnya mengisi rongga kosong pada serat sabut kelapa yang bersifat kaku dan kasar sehingga menyebabkan penyebaran daya ikat perekat urea formaldehida tidak merata. Nilai keteguhan patah (MOR) berkorelasi dengan nilai densitas, dimana apabila nilai densitas tinggi maka nilai keteguhan patah (MOR) juga tinggi begitu juga sebaliknya. Papan partikel yang tidak saling mengisi dan tidak saling mengikat antara satu bahan dengan bahan lainnya menyebabkan nilai densitas rendah, sehingga kekuatan papan juga rendah. Keterangan diatas sama halnya dengan penelitian Putriana Hutagaol (2017) hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa papan partikel mengalami keteguhan patah yang rendah seiring bertambahnya variasi serat sabut kelapa.

4.3 Pembahasan Penelitian

Dari hasil penelitian pembuatan papan partikel dengan serbuk tempurung, serat sabut kelapa, dan perekat urea formaldehida menghasilkan:

1. Nilai densitas pada papan partikel adalah sebesar 0,64-0,75 g/cm^3 dan telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 nilai densitas papan partikel dengan densitas sedang yaitu 0,40-0,90 g/cm^3. Nilai densitas papan partikel mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya serat sabut kelapa dan berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung kelapa sebagai pengisi . Hal ini disebabkan karena banyaknya rongga-rongga kosong antar partikel serat sabut kelapa yang tidak diisi oleh serbuk tempurung.
2. Nilai kadar air papan partikel adalah sebesar 12,94-15,84% dan telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 nilai kadar air papan partikel kecuali sampel D dan E. adapun nilai kadar air tidak lebih dari 14%. Nilai kadar air papan partikel mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya serat sabut kelapa dan berkurangnya jumlah serbuk tempurung kelapa . Hal ini disebabkan karena serbuk tempurung tidak mengisi rongga kosong pada serat sabut kelapa yang bersifat kaku dan berukuran acak sehingga papan partikel yang dihasilkan mempunyai rongga kosong yang tinggi.
3. Nilai pengembangan tebal adalah sebesar 5,33-15%, dan telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 nilai pengembangan tebal papan partikel kecuali sampel D dan E. adapun nilai pengembangan tebal maks 12%. Nilai pengembangan tebal papan partikel mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya serat sabut kelapa. Hal ini disebabkan karena sifat higroskopis serat sabut kelapa yang mudah menyerap air dan berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung. Jumlah serat sabut kelapa yang banyak membuat hasil pengembangan tebal menjadi semakin besar, karena besarnya rongga pori-pori serat sabut kelapa yang

tidak di isi sepenuhnya oleh serbuk tempurung sehingga banyak air yang diserap dan memasuki struktur papan partikel yang mengakibatkan tingginya pengembangan tebal papan partikel..

4. Nilai keteguhan lentur sebesar 2645,12-6097,74 kgf/cm^2 dan belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 papan partikel yaitu ≥20.400 kgf/cm^2. Nilai keteguhan lentur mengalami penurunan seiring berkurangnya jumlah komposisi serbuk tempurung dan bertambahnya serat sabut kelapa. Hal ini disebabkan serbuk tempurung kelapa yang tidak sepenuhnya mengisi rongga kosong pada serat sabut kelapa yang bersifat kaku dan kasar, sehingga kemampuan papan partikel tidak tahan dalam menahan beban.
5. Nilai keteguhan patah sebesar 87.129-54.615 kgf/cm^2 dan telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 papan partikel yaitu ≥82 kg/cm^2 kecuali sampel C, D, dan E. Nilai keteguhan lentur mengalami penurunan seiring bertambahnya serat sabut kelapa. Hal ini disebabkan kecilnya jumlah komposisi serbuk tempurung kelapa yang tidak sepenuhnya mengisi rongga kosong serat sabut kelapa yang bersifat kaku dan kasar sehingga penyebaran perekat tidak merata yang menyebabkan ikatan antar partikel mengalami penurunan keteguhan patah. Nilai keteguhan patah (MOR) berkorelasi dengan nilai densitas, dimana apabila nilai densitas tinggi maka nilai keteguhan patah (MOR) juga tinggi begitu juga sebaliknya.
6. Komposisi pencampuran serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida agar dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimum pada variasi komposisi sampel 30%:30%:40% (sampel A).
7. Aplikasi papan partikel yang dihasilkan yaitu untuk perabotan interior seperti lemari, karena pengembangan tebal papan partikel yang tinggi sehingga papan yang dihasilkan tidak tahan terhadap air atau di luar ruangan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai karakteristik papan partikel dari serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan menggunakan perekat urea formaldehida dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Papan partikel berhasil dibuat menggunakan serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida dengan nilai densitas sebesar 0,64-0,75 g/cm^3, kadar air 12,94-15,84%, pengembangan tebal 5,33-15%, keteguhan lentur 2645,12-6097,74 kgf/cm^2, dan keteguhan patah 87.129-54.615 kgf/cm^2. Seiring berkurangnya variasi komposisi serbuk tempurung kelapa dan bertambahnya serat sabut kelapa maka nilai densitas, keteguhan lentur (MOE), dan keteguhan patah (MOR) mengalami penurunan sedangkan untuk nilai kadar air, pengembangan tebal mengalami peningkatan.
2. Komposisi pencampuran serbuk tempurung dan serat sabut kelapa dengan perekat urea formaldehida dihasilkan papan partikel dengan karakteristik yang optimum pada variasi komposisi sampel 30%:30%:40% (sampel A).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah:

1. Kepada peneliti selanjutnya agar lebih memperkecil ukuran pada bahan khususnya pada serat sabut kelapa.
2. Kepada peneliti selanjutnya hendaknya dicoba menggunakan variasi komposisi lain.
3. Kepada peneliti selanjutnya sebaiknya pada saat pembuatan papan partikel lebih memperhatikan pada saat pencampuran bahan agar lebih homogen.

DAFTAR PUSTAKA

Amelia, S. 2009. *Pengaruh Perendaman Panas dan dingin sabut Kelapa terhadap kualitas papan partikel yang dihasilkannya*. Skripsi. Department Hasil Hutan Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.

Anggita. 2018. *Pembuatan Papan Partikel Berbahan Campuran Kulit Pinang (Areca catechuL) dengan Ampas Tebu (Saccarum officinarum)*. Skripsi. Program Studi Keteknikan Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.

Ayni, Nor. 2018. *Karakterisasi abu dari sabut dan tempurung kelapa dengan aktivasi asam sulfat (H2SO4) dan natrium hidroksida (NaOH).* Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Azzaki, D. A., Iqbal, M., Maulidia, V., Arifin, Apriani, I., & Jati, D. R. 2020. *Potensi Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa (Cocofiber) Menjadi Pot Serabut Kelapa (Cocopot)*. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah , *8* (1), 39-48.

Basir, I. F. 2017. *Sintesis Komposit Beads Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi ION Cu (II) Dalam Air.* Skripsi. Universitas Negeri Semarang.

Dorel, F. 1995. *Bahan Polimer konstruksi bangunan.* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

G, Tsoumis. 1991. *Science and Technology of wood.* Van Nostran New York.

Hesty. 2009. *Pengaruh kadar perekat Urea Formaldehida pada partikel serat eceng gondok.* Skripsi. universitas sumatera utara.medan.

Iskandar, M. I., & Supriadi, A. 2013. *Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Sifat Papan Partikel Ampas Tebu*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan , *31* (1), 19-26.

Joesoef, M. 1997. *Papan Majemuk.* Yayasan Pembina Fakultas Kehutan.

Jumiati, E., Safitri, R., & Daulay, A. H. 2020. *Analisis Sifat Mekanik Papan Partikel Berbasis Kulit Durian Dan Ampas Tebu Dengan Perekat Urea Formaldehida*. Jurnal ilmu fisika dan teknologi , *4* (1), 19-26.

Matthews, R. F. (1993). *Composite Material Enggineering and scine,Iperial College Of Science,Technology and medi-cine.* London.

Mulyadi, & Alphanoda, A. F. 2016. *Analisis Kualitas Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Papan Partikel*. Jurnal Teknologi Rekayasa , 1 (1), 15-22.

Nasution, W. M., & Mora. 2018. *Analisis Pengaruh Komposisi Partikel Ampas Tebu dan Partikel Tempurung Kelapa terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Papan Partikel Perekat Resin Epoksi*. Jurnal Fisika Unand , *7* (2), 117-123.

PG, M. (1996). *Composite Material Fundemental Of Modern Manufacturing Material, processes, and system, prentice Hall.*

Putri, N. A. (2019). *Kualitas Papan Partikel Serat Sabut Kelapa (Cocos nucifera L.) Dengan Menggunakan Perekat Urea Formaldehyde (UF) Dan Phenol Formaldehyde (PF).* Skripsi.Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Padang.

Sinulingga, H. R. 2009. *Pengaruh kadar perekat urea formaldehyde pada pembuatan papan partikel serat pendek eceng gondok.* Skripsi. Universitas Sumatera Utara.

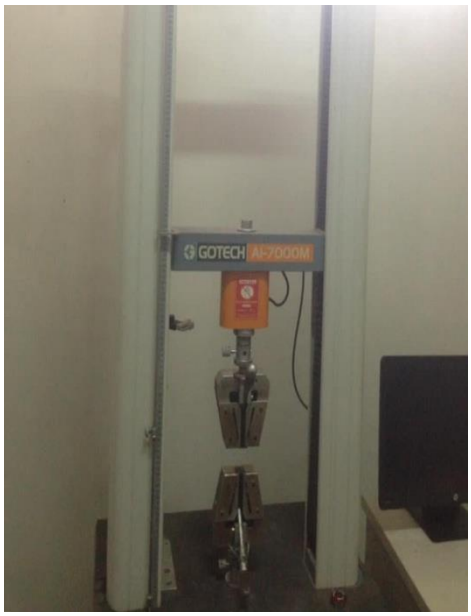
Yanto, F. 2015. *Pengaruh Variasi Prosentasi Berat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Mekanik Papan Partikel Dari Tongkol Jagung Dan Serat Kelapa*. Skripsi. Pontianak: Universitas Muhammadiyah Pontianak.

LAMPIRAN 1

GAMBAR ALAT-ALAT PENELITIAN

1. UTM *(Universal Testing Machine)*

2. Tensilon



3.Neraca Digital

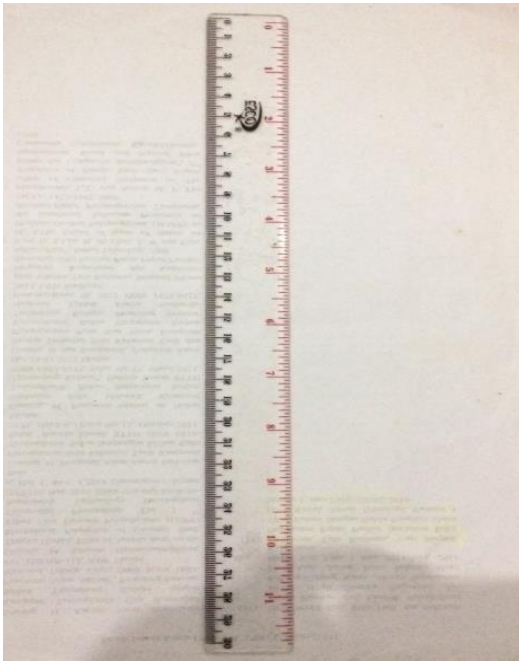
4.Spatula dan Cawan

5. Cetakan 250 x 125 x 10 mm^3

6.Lumpang dan Alu

7.Gelas ukur 100 ml

8.Mistar



9. Gunting

10. Oven

11. Jangka Sorong

12. Gerenda

13. Ayakan

14. Wadah

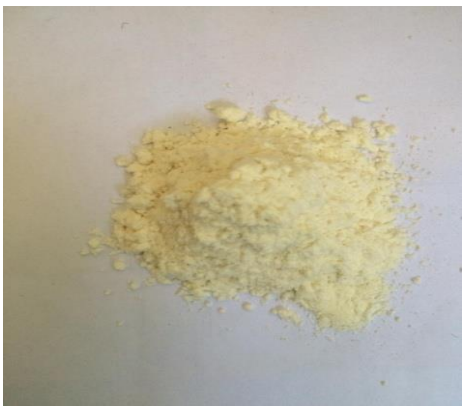
LAMPIRAN 2

GAMBAR BAHAN PERCOBAAN

1. Serbuk Tempurung

2. Serat Sabut kelapa

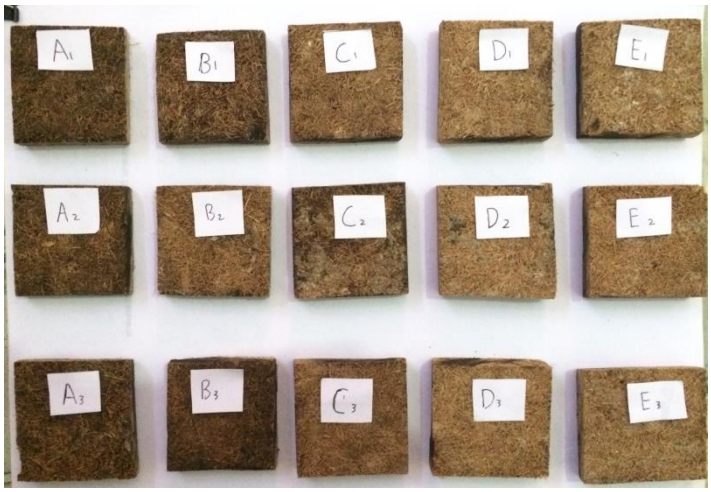
3. Urea Formaldehida



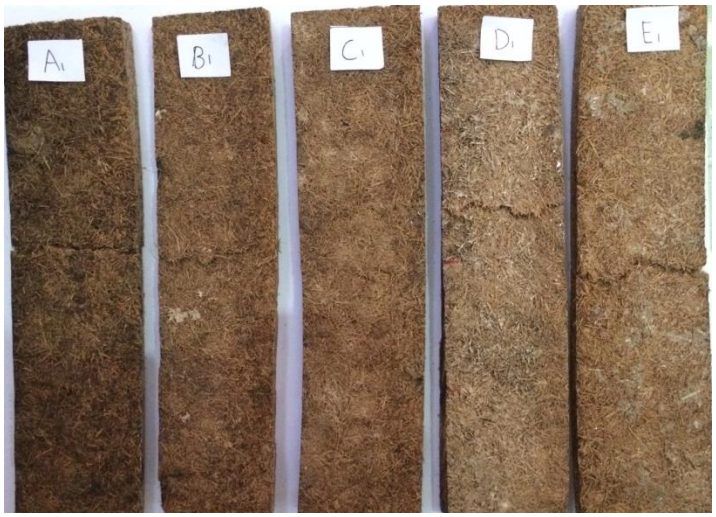
LAMPIRAN 3

GAMBAR SAMPEL UJI PAPAN PARTIKEL

1. Sampel uji pengukuran Densitas, Kadar Air, dan Pengembangan Tebal



2. Sampel Uji Keteguhan Lentur (MOE) dan KetehuanPatah (MOR)



LAMPIRAN 4

DATA PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN DENSITAS

Sampel	Variasi Komposisi Bahan	Kode Sampel	Massa (g)	Volume (cm^3)	Rata-rata Densitas (g/cm^3)
A	30%:30%:40%	A_1	18,3054	25	0,75
		A_2	19,0643		
		A_3	19,3312		
B	25%:35%:40%	B_1	20,5380	25	0,73
		B_2	18,5742		
		B_3	16,4685		
C	20%:40%:40%	C_1	18,1599	25	0,72
		C_2	17,3836		
		C_3	18,9668		
D	15%:45%:40%	D_1	20,9421	30	0,68
		D_2	20,5346		
		D_3	20,1708		
E	10%:50%:40%	E_1	21,3801	32,5	0,64
		E_2	20,9843		
		E_3	21,1132		

A. Untuk Sampel A dengan Komposisi dan Perekat 30%:30%:40%

1. Massa (m) = 18,3054 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

   $\rho = \frac{m}{V}$ $= \frac{18{,}3054 \text{ gram}}{25 cm^3}$ = 0,73 g/cm^3

2. Massa (m) = 19,0643 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

   $\rho = \frac{m}{V}$ $= \frac{19{,}0643\ gram}{25 cm^3}$ = 0,76 g/cm^3

3. Massa (m) = 19,3312 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

   $\rho = \frac{m}{V}$ $= \frac{19{,}3312\ gram}{25 cm^3}$ = 0,77 g/cm^3

   Untuk perhitungan rata-rata densitas:

   Densitas rata-rata= $\frac{0{,}73 g/cm^3 + 0{,}76\ g/cm^3 + 0{,}77\ g/cm^3}{3}$

   = 0,75 g/cm^3

B. Untuk Sampel B dengan Komposisi dan perekat 25%:35%:40%

1. Massa (m) = 20,5380 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

   $\rho = \frac{m}{V}$ $= \frac{20{,}5380\ gram}{25\ cm^3}$ = 0,82 g/cm^3

2. Massa (m) = 18,5742 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

   $\rho = \frac{m}{V}$ $= \frac{18{,}5742\ gram}{25\ cm^3}$ = 0,74 g/cm^3

3. Massa (m) = 16,4685 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} \quad = \frac{16{,}4685 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}65 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata densitas:

$$\text{Densitas rata-rata} = \frac{0{,}82 \text{ g/cm}^3 + 0{,}74 \text{ g/cm}^3 + 0{,}65 \text{ g/cm}^3}{3}$$

$$= 0{,}73 \text{ g/cm}^3$$

C. Untuk Sampel C dengan Komposisi dan Perekat 20%:40%:40%

1. Massa (m) = 18,1599 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} \quad = \frac{18{,}1599 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}72 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 17,3836 gram

   Volume (V) = 25 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} \quad = \frac{17{,}3836 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}69 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 18,9668 gram

   Volume (V) = 25cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} \quad = \frac{18{,}9668 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}75 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata densitas:

$$\text{Densitas rata-rata} = \frac{0{,}72 \text{ g/cm}^3 + 0{,}69 \text{ g/cm}^3 + 0{,}75 \text{ g/cm}^3}{3}$$

$$= 0{,}72 \text{ g/cm}^3$$

D. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 15%:45%:40%

1. Massa (m) = 20,9421 gram

Volume (V) = 30 cm^3

Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{20{,}9421 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}69 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 20,5346 gram

   Volume (V) = 30 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{20{,}5346 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}68 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 20,1708 gram

   Volume (V) = 30 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{20{,}1708 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}67 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan rata-rata densitas:

$$\text{Densitas rata-rata} = \frac{0{,}69 \text{ g/cm}^3 + 0{,}68 \text{ g/cm}^3 + 0{,}67 \text{ g/cm}^3}{3}$$

$$= 0{,}68 \text{ g/cm}^3$$

E. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 10%:50%:40%

1. Massa (m) = 21,3801 gram

   Volume (V) = 32,5 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{21{,}3801 \text{ gram}}{25 \text{ cm}^3} = 0{,}65 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa (m) = 20,9843 gram

   Volume (V) = 32,5 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{20{,}9843 \text{ gram}}{32{,}5 \text{ cm}^3} = 0{,}64 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa (m) = 21,1132 gram

   Volume (V) = 32,5 cm^3

   Besar densitas papan partikel berdasarkan persamaan (2.1) adalah

   $\rho = \frac{m}{V}$ $= \frac{21{,}1132 \text{ gram}}{32{,}5 \text{ cm}^3}$ = 0,65 g/cm^3

   Untuk perhitungan rata-rata densitas:

   Densitas rata-rata= $\frac{0{,}65 \text{ g/cm}^3 + 0{,}64 \text{ g/cm}^3 + 0{,}65 \text{ g/cm}^3}{3}$

   = 0,64 g/cm^3

LAMPIRAN 5

DATA PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN KADAR AIR

Sampel	Variasi Komposisi Bahan	Kode Sampel	Massa awal (g)	Massa kering (g)	Rata-rata Nilai Kadar Air (%)
A	30%:30%:40%	A_1	18,3054	15,9120	12,94
		A_2	19,0643	17,2108	
		A_3	19,3312	17,1027	
B	25%:35%:40%	B_1	20,5380	18,2130	13,02
		B_2	18,5742	16,5326	
		B_3	16,4685	15,1006	
C	20%:40%:40%	C_1	18,1599	16,1807	13,52
		C_2	17,3836	15,2390	
		C_3	18,9668	16,5970	
D	15%:45%:40%	D_1	20,9421	18,3974	14,41
		D_2	20,5346	17,7132	
		D_3	20,1708	17,9810	
E	10%:50%:40%	E_1	21,3801	18,4280	15,84
		E_2	20,9843	18,0371	
		E_3	21,1132	18,3301	

A. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 30%:30%:40%

1. Massa awal (MA) = 18,3054 gram

   Massa kering (MK) = 15,9120 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $$K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K} \times 100\% = \frac{18{,}3054 \text{ gram} - 15{,}9120 \text{ gram}}{15{,}9120 \text{ gram}} \times 100\%$$

   $$= 15.04\%$$

2. Massa awal (MA) = 19,0643 gram

   Massa kering (MK) = 17,2108 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{19{,}0643\text{gram} - 17{,}2108\text{ gram}}{17{,}2108\text{ gram}} \times 100\%$

   = 10,76%

3. Massa awal (MA) = 19,3312 gram

   Massa kering (MK) = 17,1027 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{19{,}3312\text{ gram} - 17{,}1027\text{gram}}{18{,}1027\text{gram}} \times 100\%$

   = 13,03%

   Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata

   Rata-rata kadar air$= \frac{15{,}04\% + 10{,}76\% + 13{,}03\%}{3}$ = 12,94%

B. Untuk variasi komposisi dan perekat 25%:35%:40%

1. Massa awal (MA) = 20,5380 gram

   Massa kering (MK) = 18,2130

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{20{,}5380\text{ gram} - 19{,}2130\text{ gram}}{19{,}2130\text{ gram}} \times 100\%$

   = 12,76%

2. Massa awal (MA) = 18,5742 gram

   Massa kering (MK) = 16,5326 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{18{,}5742\text{ gram} - 16{,}5326\text{ gram}}{16{,}5326\text{ gram}} \times 100\%$

   = 12,34

3. Massa awal (MA) = 16,4685 gram

   Massa kering (MK) = 15,1006 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{16{,}4685\ \text{gram} - 13{,}9820\ \text{gram}}{13{,}9820\ \text{gram}} \times 100\%$

   = 13,96%

   Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata

   Rata-rata kadar air= $\frac{12{,}76\% + 12{,}34\% + 13{,}96\%}{3}$ = 13,02%

C. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 20%:40%:40%

1. Massa awal (MA) = 18,1599 gram

   Massa kering (MK) = 16,1807 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{18{,}1599\ \text{gram} - 16{,}1807\ \text{gram}}{16{,}1807\text{gram}} \times 100\%$

   = 12,23%

2. Massa awal (MA) = 17,3836 gram

   Massa kering (MK) = 15,2390 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{17{,}3836\ \text{gram} - 15{,}2390\ \text{gram}}{15{,}2390\ \text{gram}} \times 100\%$

   = 14,07%

3. Massa awal (MA) = 18,9668 gram

   Massa kering (MK) = 16,5970 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% $= \frac{18{,}9668\ \text{gram} - 16{,}5970\ \text{gram}}{16{,}5970\ \text{gram}} \times 100\%$

   = 14,27%

Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata

Rata-rata kadar air= $\frac{12{,}23\% + 14{,}07\% + 14{,}27\%}{3}$ = 13,52%

D. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 15%:45%:40%

1. Massa awal (MA) = 20,9421 gram

   Massa kering (MK) = 18,3974 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% = $\frac{20{,}9421 \text{ gram} - 18{,}3974 \text{ gram}}{18{,}3974 \text{ gram}} \times 100\%$

   = 13,83%

2. Massa awal (MA) = 20,5346 gram

   Massa kering (MK) = 17,7132 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% = $\frac{20{,}5346 \text{ gram} - 17{,}5132 \text{ gram}}{17{,}5132 \text{ gram}} \times 100\%$

   = 15,92%

3. Massa awal (MA) = 20,1708 gram

   Massa kering (MK) = 17,9810 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

   $K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K}$ x 100% = $\frac{20{,}1708 \text{ gram} - 17{,}9810 \text{ gram}}{17{,}9810 \text{ gram}} \times 100\%$

   = 12,17%

   Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata

   Rata-rata kadar air= $\frac{13{,}83\% + 15{,}92\% + 12{,}17\%}{3}$ = 14,41%

E. Untuk Variasi Kompoisi dan Bahan 10%:50%:40%

1. Massa awal (MA) = 21,3801 gram

   Massa kering (MK) = 18,4280 gram

Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K} \text{ x } 100\% = \frac{21{,}3801 \text{ gram} - 18{,}4280 \text{ gram}}{18{,}4280 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 16{,}01\%$$

2. Massa awal (MA) = 20,9843 gram

   Massa kering (MK) = 18,0371 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K} \text{ x } 100\% = \frac{20{,}9843 \text{ gram} - 18{,}0371 \text{ gram}}{18{,}0371 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 16{,}33\%$$

3. Massa awal (MA) = 21,1132 gram

   Massa kering (MK) = 18,3301 gram

   Besar nilai kadar air berdasarkan persamaan (2.2) adalah

$$K_A = \frac{M_A - M_K}{M_K} \text{ x } 100\% = \frac{21{,}1132 \text{ gram} - 18{,}3301 \text{ gram}}{18{,}3301 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 15{,}18\%$$

Untuk perhitungan nilai kadar air rata-rata

$$\text{Rata-rata kadar air} = \frac{16{,}01\% + 16{,}33\% + 15{,}18\%}{3} = 15{,}84\%$$

LAMPIRAN 6

DATA PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN PENGEMBANGAN TEBAL

Sampel	Variasi komposisi Bahan	Kode Sampel Uji	Tebal Awal (mm)	Tebal Akhir (mm)	Rata-rata Nilai Pengembangan Tebal (%)
A	30%:30%:40%	A_1	10	10,5	5,33
		A_2	10	10,7	
		A_3	10	10,4	
B	25%:35%:40%	B_1	10	10,8	8,33
		B_2	10	10,7	
		B_3	10	11,3	
C	20%:40%:40%	C_1	10	10,9	11,33
		C_2	10	11,3	
		C_3	10	11,2	
D	15%:45%:40%	D_1	12	13	13,33
		D_2	12	14	
		D_3	12	14	
E	10%:50%:40%	E_1	13	15	15
		E_2	13	15	
		E_3	13	15	

A. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 30%:30%:40%

1. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 10,5 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   $PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{10{,}5\ \text{mm} - 10\ \text{mm}}{10\ \text{mm}} \times 100\%$

   = 5%

2. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 10,7 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   $PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{10{,}7\ mm - 10\ mm}{10\ mm} \times 100\%$

   = 7%

3. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 10,4 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   $PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{10{,}4\ mm - 10\ mm}{10\ mm} \times 100\%$

   = 4%

   Untuk rata rata pengujian pengembangan tebal:

   Rata-rata pengujian pengembangan tebal = $\frac{5\% + 7\% + 4\%}{3}$ = 5,33%

B. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 25%:35%:40%

1. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 10,8 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   $PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{10{,}8\ mm - 10\ mm}{10\ mm} \times 100\%$

   = 8%

2. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 10,7 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   $PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{10{,}7\ mm - 10mm}{10\ mm} \times 100\%$

   = 7%

3. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 11,3 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   PT $= \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{11{,}3\ \text{mm} - 10\ \text{mm}}{10\ \text{mm}} \times 100\%$

   = 13%

   Untuk pengujian pengembangan tebal rata rata:

   Rata-rata pengujian pengembangan tebal = $\frac{8\% + 7\% + 13\%}{3}$ = 8,33%

C. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 20%:40%:40%

1. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 10,9 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   PT $= \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{10{,}9\ \text{mm} - 10\ \text{mm}}{10\ \text{mm}} \times 100\%$

   = 9%

2. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 11,3 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   PT $= \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{11{,}3\ \text{mm} - 10\ \text{mm}}{10\ \text{mm}} \times 100\%$

   = 13%

3. Tebal awal (T_1) = 10 mm

   Tebal akhir (T_2) = 11,2 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   PT $= \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{11{,}2\ \text{mm} - 10\ \text{mm}}{10\ \text{mm}} \times 100\%$

   = 12%

Untuk pengujian pengembangan tebal rata rata:

Rata-rata pengujian pengembangan tebal = $\frac{9\% + 13\% + 12\%}{3}$ = 11,33%

D. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 15%:45%:40%

1. Tebal awal (T_1) = 12 mm

   Tebal akhir (T_2) = 13 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   PT $= \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{13\text{mm} - 12\text{ mm}}{12\text{ mm}} \times 100\%$

   = 8%

2. Tebal awal (T_1) = 12 mm

   Tebal akhir (T_2) = 14 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   PT $= \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{14\text{ mm} - 12\text{ mm}}{12\text{ mm}} \times 100\%$

   = 16%

3. Tebal awal (T_1) = 12 mm

   Tebal akhir (T_2) = 14 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

   PT $= \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ x 100% $= \frac{14\text{ mm} - 12\text{ mm}}{12\text{ mm}} \times 100\%$

   = 16%

Untuk pengujian pengembangan tebal rata rata:

Rata-rata pengujian pengembangan tebal = $\frac{8\% + 16\% + 16\%}{3}$ = 13,33%

E. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 10%:50%:40%

1. Tebal awal (T_1) = 13 mm

   Tebal akhir (T_2) = 15 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \qquad = \frac{15\ mm - 13\ mm}{13\ mm} \times 100\%$$

$$= 15\%$$

2. Tebal awal (T_1) = 13 mm

   Tebal akhir (T_2) = 15 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \qquad = \frac{15\ mm - 13\ mm}{13\ mm} \times 100\%$$

$$= 15\%$$

3. Tebal awal (T_1) = 13 mm

   Tebal akhir (T_2) = 15 mm

   Besar pengembangan tebal berdasarkan persamaan (2.3) adalah

$$PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \qquad = \frac{15\ mm - 13\ mm}{13\ mm} \times 100\%$$

$$= 15\%$$

Untuk pengujian pengembangan tebal rata rata:

Rata-rata pengujian pengembangan tebal = $\frac{15\% + 15\% + 15\%}{3} = 15\%$

LAMPIRAN 7

HASIL UJI KETEGUHAN LENTUR (MOE)

Sampel	Variasi Komposisi Bahan	Kode Sampel Uji	ΔD (cm)	ΔB (kgf)	Rata-rata keteguhan lentur (kgf/cm^2)
A	30%:30%:40%	A_1	0,104897	3,633	6097,74
		A_2	0,098043	3,557	
		A_3	0,099812	3,742	
B	25%:35%:40%	B_1	0,092509	1,974	4144,31
		B_2	0,087687	2,136	
		B_3	0,079667	2,229	
C	20%:40%:40%	C_1	0,072498	1,134	2889,07
		C_2	0,063765	1,032	
		C_3	0,042358	0,835	
D	15%:45%:40%	D_1	0,065997	1,040	2798,96
		D_2	0,064009	1,177	
		D_3	0,070838	1,106	
E	10%:50%:40%	E_1	0,117101	1,813	2645,12
		E_2	0,116434	1,788	
		E_3	0,112012	1,813	

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

Keterangan:

S = Jarak sangga = 15 cm

L = Lebar = 5 cm

T = Tebal = 1 cm

ΔB = Selisih beban (kgf)

ΔD = Selisih defleksi/lenturan (cm)

A. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 30%:30%:40%

1. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{3,633}{0,104897}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{3,633}{0,104897}$

$= \frac{1226,37}{2,09794}$

= 5844,48 kgf/cm^2

2. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{3,557}{0,098043}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{3,557}{0,098043}$

$= \frac{12004,87}{1,96086}$

= 6122,24 kgf/cm^2

3. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{3,742}{0,099812}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{3,742}{0,099812}$

$= \frac{12629,25}{1,969624}$

= 6326,51 kgf/cm^2

Untuk pengujian keteguhan lentur rata rata:

Rata-rata pengujian keteguhan lentur $= \frac{5844,48 + 6122,24 + 6326,51}{3}$

= 6097,74 kgf/cm^2

B. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 25%:35%:40%

1. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{1,974}{0,092509}$

$$= \frac{3375}{20} \text{ x } \frac{1,974}{0,092509}$$

$$= \frac{6662,25}{1,85018}$$

$$= 3600,86 \text{ kgf/cm}^2$$

2. $\text{MOE} = \frac{S^3}{4\ LT^3} \text{ x } \frac{\Delta B}{\Delta D} = \frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3} \text{ x } \frac{2,136}{0,087687}$

$$= \frac{3375}{20} \text{ x } \frac{2,136}{0,087687}$$

$$= \frac{7209}{1,75374}$$

$$= 4110,64 \text{ kgf/cm}^2$$

3. $\text{MOE} = \frac{S^3}{4\ LT^3} \text{ x } \frac{\Delta B}{\Delta D} = \frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3} \text{ x } \frac{2,229}{0,079667}$

$$= \frac{3375}{20} \text{ x } \frac{2,229}{0,079667}$$

$$= \frac{7522,87}{1,59334}$$

$$= 4721,44 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk pengujian keteguhan lentur rata rata:

Rata-rata pengujian keteguhan lentur $= \frac{3600,86 + 4110,64 + 4721,44}{3}$

$$= 4144,31 \text{ kgf/cm}^2$$

C. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 20%:40%:40%

1. $\text{MOE} = \frac{S^3}{4\ LT^3} \text{ x } \frac{\Delta B}{\Delta D} = \frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3} \text{ x } \frac{1,134}{0,072498}$

$$= \frac{3375}{20} \text{ x } \frac{1,134}{0,072498}$$

$$= \frac{3827,25}{1,44996}$$

$$= 2639,55 \text{ kgf/cm}^2$$

2. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{1{,}032}{0{,}063765}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{1{,}032}{0{,}063765}$

$= \frac{3483}{1{,}2753}$

= 2731,12 kgf/cm^2

3. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{0{,}835}{0{,}042358}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{0{,}835}{0{,}042358}$

$= \frac{2818{,}12}{0{,}84716}$

= 3326,54 kgf/cm^2

Untuk pengujian keteguhan lentur rata rata:

Rata-rata pengujian keteguhan lentur = $\frac{2639{,}55 + 2731{,}12 + 3326{,}54}{3}$

= 2899,07 kgf/cm^2

D. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 15%:45%:40%

1. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{1{,}040}{0{,}065997}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{1{,}040}{0{,}065997}$

$= \frac{3510}{1{,}31994}$

= 2659,21 kgf/cm^2

2. MOE = $\frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D}$ = $\frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{1{,}177}{0{,}064009}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{1{,}177}{0{,}064009}$

$$= \frac{3972,37}{1,28018}$$

$$= 3102,97 \text{ kgf/cm}^2$$

3. MOE $= \frac{S^3}{4\ LT^3} \text{ x } \frac{\Delta B}{\Delta D} = \frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3} \text{ x } \frac{1,106}{0,070838}$

$$= \frac{3375}{20} \text{ x } \frac{1,106}{0,070838}$$

$$= \frac{3915}{1,41676}$$

$$= 2763,34 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk pengujian keteguhan lentur rata rata:

Rata-rata pengujian keteguhan lentur $= \frac{2659,21 + 3102,97 + 2763,34}{3}$

$$= 2841,84 \text{ kgf/cm}^2$$

E. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 10%:50%:40%

1. MOE $= \frac{S^3}{4\ LT^3} \text{ x } \frac{\Delta B}{\Delta D} = \frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3} \text{ x } \frac{1,813}{0,117101}$

$$= \frac{3375}{20} \text{ x } \frac{1,813}{0,117101}$$

$$= \frac{6118,87}{2,34202}$$

$$= 2612,64 \text{ kgf/cm}^2$$

2. MOE $= \frac{S^3}{4\ LT^3} \text{ x } \frac{\Delta B}{\Delta D} = \frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3} \text{ x } \frac{1,788}{0,116434}$

$$= \frac{3375}{20} \text{ x } \frac{1,788}{0,116434}$$

$$= \frac{6034,5}{2,32868}$$

$$= 2591,38 \text{ kgf/cm}^2$$

3. MOE $= \frac{S^3}{4\ LT^3}$ x $\frac{\Delta B}{\Delta D} = \frac{15^3}{4 \text{ x } 5 \text{ x } 1^3}$ x $\frac{1{,}813}{0{,}112012}$

$= \frac{3375}{20}$ x $\frac{1{,}813}{0{,}112012}$

$= \frac{6118{,}87}{2{,}24024}$

$= 2731{,}34$ kgf/cm^2

Untuk pengujian keteguhan lentur rata rata:

Rata-rata pengujian keteguhan lentur $= \frac{2612{,}64 + 2591{,}38 + 2731{,}34}{3}$

$= 2645{,}12$ kgf/cm^2

LAMPIRAN 8

HASIL UJI KETEGUHAN PATAH (MOR)

Variasi komposisi dan perekat	Kode Sampel Uji	Beban Maks (kgf)	Keteguhan patah (kgf/cm^2)	Rata-rata keteguhan patah (kgf/cm^2)
30%:30%:40%	A_1	19,838	89,271	87,129
	A_2	19,336	87,012	
	A_3	18,912	85,104	
25%:35%:40%	B_1	18,674	84,033	84,216
	B_2	18,952	85,284	
	B_3	18,518	83,331	
20%:40%:40%	C_1	16,691	75,195	75,867
	C_2	16,838	75,771	
	C_3	16,913	76,635	
15%:45%:40%	D_1	14,532	65,394	65,604
	D_2	14,592	65,664	
	D_3	14,612	65,754	
10%:50%:40%	E_1	12,104	54,468	54,615
	E_2	12,112	54,549	
	E_3	12,184	54,828	

A. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 30%:30%:40%

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

   B =Beban maks (kgf) = 19,838 kgf

   S =Jarak Sangga (cm) = 15 cm

   L =Lebar (cm) = 5 cm

   T =Tebal (cm) = 1 cm

$$\text{MOR} = \frac{3 \times 19{,}838 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{892{,}71}{10}$$

$$= 89.271 \text{ kgf/cm}^2$$

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

B=Beban maks (kgf) = 19,336 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

$$\text{MOR} = \frac{3 \times 19{,}336 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{870{,}12}{10}$$

$$= 87{,}012 \text{ kgf/cm}^2$$

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

B=Beban maks (kgf) = 18,912 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

$$\text{MOR} = \frac{3 \times 18{,}912 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{851{,}04}{10}$$

$$= 85{,}104 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk pengujian keteguhan patah rata rata:

Rata-rata pengujian keteguhan patah $= \frac{89.271 + 87{,}012 + 85{,}104}{3}$

= 87,129 kgf/cm^2

B. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 25%:35%:40%

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

   B=Beban maks (kgf) = 18,674 kgf

   S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

   L=Lebar (cm) = 5 cm

   T=Tebal (cm) = 1 cm

   MOR = $\frac{3 \times 18{,}674\ \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$

   = $\frac{840{,}33}{10}$

   = 84,033 kgf/cm^2

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

   B=Beban maks (kgf) = 18,952 kgf

   S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

   L=Lebar (cm) = 5 cm

   T=Tebal (cm) = 1 cm

   MOR = $\frac{3 \times 18{,}952 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$

   = $\frac{852{,}84}{10}$

   = 85,284 kgf/cm^2

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

   B=Beban maks (kgf) = 18,518 kgf

   S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

   L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

$$MOR = \frac{3 \times 18{,}518 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{833{,}31}{10}$$

$= 83{,}331$ kgf/cm^2

Untuk pengujian keteguhan patah rata rata:

$$\text{Rata-rata pengujian keteguhan patah} = \frac{84{,}033 + 85{,}284 + 83{,}331}{3}$$

$= 84{,}216$ kgf/cm^2

C. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 20%:40%:40%

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

B=Beban maks (kgf) = 16,691 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

$$MOR = \frac{3 \times 16{,}691 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{751{,}95}{10}$$

$= 75{,}195$ kgf/cm^2

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

B=Beban maks (kgf) = 16,838 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

$$MOR = \frac{3 \times 16{,}838 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{757,71}{10}$$

$$= 75,771 \text{ kgf/cm}^2$$

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

B=Beban maks (kgf) = 16,913 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

$$\text{MOR} = \frac{3 \times 16,913 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{766,35}{10}$$

$$= 76,635 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk pengujian keteguhan patah rata rata:

$$\text{Rata-rata pengujian keteguhan patah} = \frac{75,771 + 75,771 + 76,635}{3}$$

$$= 75,867 \text{ kgf/cm}^2$$

D. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 15%:45%:40%

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

B=Beban maks (kgf) = 14,532 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

$$\text{MOR} = \frac{3 \times 14,532 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{653,94}{10}$$

= 65,394 kgf/cm^2

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

B=Beban maks (kgf) = 14,592 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

MOR = $\frac{3 \times 14{,}592\ \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$

= $\frac{656{,}64}{10}$

= 65,664 kgf/cm^2

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

B=Beban maks (kgf) = 14,612 kgf

S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

L=Lebar (cm) = 5 cm

T=Tebal (cm) = 1 cm

MOR = $\frac{3 \times 14{,}612\ \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$

= $\frac{657{,}54}{10}$

= 65,754 kg/cm^2

Untuk pengujian keteguhan patah rata rata:

Rata-rata pengujian keteguhan patah = $\frac{65{,}394 + 65{,}664\ + 65{,}754}{3}$

= 65,604 kgf/cm^2

E. Untuk Variasi Komposisi dan Perekat 10%:50%:40%

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

   B=Beban maks (kgf) = 12,104 kgf

   S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

   L=Lebar (cm) = 5 cm

   T=Tebal (cm) = 1 cm

   MOR = $\frac{3 \times 12{,}104 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$

   $= \frac{544{,}68}{10}$

   = 54,468 kgf/cm^2

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

   B=Beban maks (kgf) = 12,122 kgf

   S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

   L=Lebar (cm) = 5 cm

   T=Tebal (cm) = 1 cm

   MOR = $\frac{3 \times 12{,}122 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$

   $= \frac{545{,}49}{10}$

   = 54,549 kgf/cm^2

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

   B=Beban maks (kgf) = 12,184 kgf

   S=Jarak Sangga (cm) = 15 cm

   L=Lebar (cm) = 5 cm

   T=Tebal (cm) = 1 cm

$$\text{MOR} = \frac{3 \times 12{,}184 \times 15}{2 \times 5 \times 1^2}$$

$$= \frac{548{,}28}{10}$$

$$= 54{,}828 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk pengujian keteguhan patah rata rata:

$$\text{Rata-rata pengujian keteguhan patah} = \frac{54{,}468 + 54{,}549 + 54{,}828}{3}$$

$$= 54{,}615 \text{ kgf/cm}^2$$

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Lisa Herdiana Sinurat adalah nama penulis skripsi ini. Lahir pada tanggal 20 Agustus 1998, di Padang Pulau, Kecamatan Bandar Pulau, Kab. Asahan. Penulis merupakan anak ke 3 dari 4 bersaudara, dari pasangan Hasbi Sinurat dan Sutini. Penulis pertama kali masuk pendidikan di SD Negeri 010142 Gonting Malaha pada tahun 2004 dan tamat 2010. pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 2 Bandar Pulau dan tamat pada pada tahun 2013. Setelah tamat di SMP, penulis melanjutkan ke SMA Negeri 2 Bandar Pulau dan tamat pada tahun 2016. Dan pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Fisika dan tamat pada tahun 2021.

Berkat petunjuk dan pertolongan Allah SWT, usaha dan disertai doa dari kedua orang tua dalam menjalani aktivitas akademik di perguruan Tinggi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan skripsi yang berjudul "Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Tempurung dan Serat Sabut Kelapa Dengan Perekat Urea Formaldehida Terhadap Karakteristik Papan Partikel"