

**STUDI PENGARUH PERENDAMAN KOMPOSIT SERAT
KULIT JAGUNG DALAM CAIRAN MINYAK TERHADAP
SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

Skripsi

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



Disusun oleh :

AHNAF MARHAM MUNIF

3331200033

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN**

2025

TUGAS AKHIR

STUDI PENGARUH WAKTU PERENDAMAN KOMPOSIT SERAT KULIT JAGUNG DALAM CAIRAN MINYAK TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS

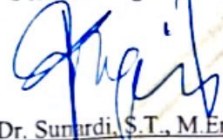
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

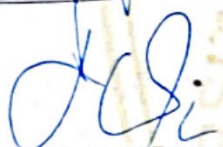
AHNAF MARHAM MUNIF

3331200033

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 24 Juni 2025

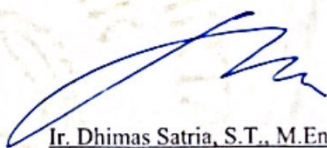
Pembimbing Utama

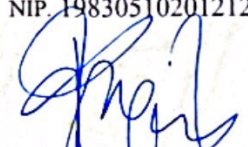

Dr. Sunardi, S.T., M.Engl

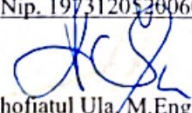

Shofiatul Ula, M.Eng.
NIP. 198403132019032009

Anggota Dewan Penguji


Visvardi Yusuf, S.T., M.T
NIP. 197901292010121002


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


Dr. Sunardi, S.T., M.Engl
Nip. 197312052006041002


Shofiatul Ula, M.Eng.
NIP. 198403132019032009

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

Tanggal, 03 Juli 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



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

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena rahmat dan karunia-nya syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan, sehingga penyusun bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Pengaruh Waktu Perendaman Komposit Serat Kulit Jagung Dalam Cairan Minyak Goreng Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis” Adapun tujuan disusunnya skripsi ini ditujukan untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Strata-1 (S1) di jurusan teknik mesin FT. UNTIRTA. Semoga laporan ini dapat memberikan informasi serta wawasan bagi pembaca, dan penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi memperbaiki penulisan skripsi ini dimasa yang akan datang.

Skripsi ini dapat disusun berkat dukungan dari berbagai pihak, bukan hanya penulis. Untuk itu, kami mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang membantu kami menyelesaikan laporan ini,

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Hendra S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik.
3. Bapak Dr. Sunardi S.T, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan saya selama bimbingan seminar proposal ini.
4. Ibu Shofiatul Ula, M.Eng selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan wawasan, waktu serta tenaga untuk membimbing serta mengarahkan saya selama bimbingan seminar proposal.
5. Bapak Yusvardi Yusuf S.T., M.T selaku koordinator tugas akhir periode saat ini di jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
7. Orang tua, kerabat, sahabat, dan pihak-pihak lainnya yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

8. Seluruh teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
9. Seluruh pihak yang telah membantu namun tidak bisa disebutkan satu persatu namanya oleh penulis. Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, saya penyusun menerima dengan terbuka semua kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini bisa tersusun lebih baik lagi. penyusun berharap semoga skripsi ini bermanfaat untuk kita semua.

Cilegon 19, Agustus 2024

Ahnaf Marham Munif

NIM.3331200033

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahnaf Marham Munif

NPM : 3331200033

Judul : Studi Pengaruh Waktu Perendaman Komposit Serat Kulit Jagung Dalam Cairan Minyak Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

MENYATAKAN

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

Cilegon, 04 Juli 2025


MEPERAI
TEMPEL
59898AMX381634157

Annaf Marham Munif

3331200033

ABSTRAK

Pada perkembangan zaman, teknologi terus berkembang untuk menciptakan berbagai produk yang dapat diperjualbelikan, namun sering kali tanpa mempertimbangkan dampak negatif terhadap lingkungan. Plastik, yang merupakan polimer yang terdiri dari monomer dengan ikatan kimia seperti polietilen, telah banyak digunakan karena sifatnya yang kuat dan stabil. Hal ini menjadikannya sebagai limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan, yang membutuhkan waktu hingga ribuan tahun untuk terurai. Komposit papan partikel merupakan salah satu inovasi olahan dari serat kulit jagung kayu sengon, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisis (densitas, pengembangan tebal, dan penyerapan minyak) pada komposit berbahan penguat kulit jagung dan kayu sengon yang direndam minyak selama 12, 24, 36, dan 48 jam. menganalisis sifat mekanis (kekerasan dan kekuatan lentur) dan mengevaluasi morfologi permukaan dari sampel komposit yang direndam minyak pada waktu-waktu tersebut. Dengan variasi Komposit yaitu dibuat dengan mengandung 25% perekat PVAc, 10% resin epoksi, 32,5% serat kulit jagung, dan 32,5% serbuk kayu sengon, diawali pembuatan sampel dengan variasi tekanan 0,589 mpa, untuk S1 dan S2 mencapai tekanan 0,789 mpa dan S3 Mencapai tekanan 0,981 mpa, dengan *holding time* 120 menit, dan dilakukan perlakuan *curing* dengan suhu *curing* 150°C. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu pada pengujian densitas pada sampel S3 memiliki hasil 0,85 g/cm³ data tersebut rentang ideal SNI 2105-03-2006, namun hasil pada pengembangan tebal pada sampel S3 memiliki hasil 14,5% yang dimana belum ideal SNI 2105-03-2006, pada hasil presentase penyerapan minyak pada S3 mencapai 5,7% dalam waktu 24 jam, sedangkan hasil dari uji kekerasan pada sampel S3 mencapai 28,33 *Shore D*, dalam pengujian *modulus of rupture* terdapat hasil S3 162,41 kgf/cm² dan pengujian *modulus of elasticity* pada sampel S3 mencapai 323,63 kgf/cm², pada nilai regangan nya pada sampel S3 adalah 1,30 cm

Kata Kunci : *Komposit, Serat kulit jagung, Kayu Sengon*

ABSTRACT

In the course of time, technology continues to develop to create various marketable products, but often without considering the negative impact on the environment. Plastic, which is a polymer consisting of monomers with chemical bonds such as polyethylene, has been widely used due to its strong and stable properties. This makes it a highly dangerous waste for the environment, taking thousands of years to decompose. Particle board composites are one of the innovations processed from sengon wood corn husk fibers. This research aims to analyze the physical properties (density, thickness swelling, and oil absorption) of composites reinforced with corn husk and sengon wood that have been soaked in oil for 12, 24, 36, and 48 hours. It also aims to analyze the mechanical properties (hardness and bending strength) and evaluate the surface morphology of the oil-soaked composite samples at those times. With composite variations made by containing 25% PVAc adhesive, 10% epoxy resin, 32.5% corn husk fiber, and 32.5% sengon wood powder, the sample preparation began with a pressure variation of 0.589 mpa, with S1 and S2 reaching a pressure of 0.789 mpa and S3 reaching a pressure of 0.981 mpa, with a holding time of 120 minutes, and a curing treatment at a curing temperature of 150°C. Based on the test results that have been conducted, the density test on sample S3 yielded a result of 0.85 g/cm³, which falls within the ideal range of SNI 2105-03-2006. However, the thickness expansion result on sample S3 was 14.5%, which is not yet ideal according to SNI 2105-03-2006. The oil absorption percentage on S3 reached 5.7% within 24 hours, while the hardness test on sample S3 reached 28.33 Shore D. In the modulus of rupture test, sample S3 showed a result of 162.41 kgf/cm², and the modulus of elasticity test on sample S3 reached 323.63 kgf/cm². The strain value on sample S3 was 1.30 cm.

Keywords : *Composite, Corn Husk, Sengon Wood*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ixx
BAB I PENDAHULUAN	
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>State The Art</i>	4
2.2 Kulit Jagung.....	5
2.3 Komposit	6
2.3.1 Serat Sebagai Penguat Komposit.....	7
2.3.2 Matriks Komposit	7
2.4 Klasifikasi Bahan Komposit.....	7
2.4.1 Komposit Serat (<i>Fibrous Composites</i>).....	7
2.4.2 Komposit Partikel (<i>Particulate Composite</i>)	8
2.4.3 Komposit Laminat (<i>Laminated Composite</i>)	8
2.4.4 Komposit Serpihan (<i>Flake Composite</i>)	9
2.5 Paparan Minyak Terhadap Sifat Komposit.....	9
2.6 Kayu Sengon	11
2.7 Pengujian Sifat Fisis	12
2.7.1 Densitas.....	12
2.7.2 Pengembangan Tebal	13
2.7.3 Presentase Penyerapan Minyak	13
2.8 Pengujian Sifat Mekanis.....	14

2.8.1 Kekuatan Lentur	14
2.8.2 <i>Modulus Elasticity</i>	14
2.8.3 Regangan	14
2.8.4 Pengujian Kekerasan.....	14
2.9 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir.....	19
3.2 Alat dan bahan	21
3.2.1 Alat yang digunakan	21
3.2.2 Bahan yang digunakan.....	24
3.3 Prosedur Penelitian.....	21
3.3.1 Prosedur Mengekstraksi Kulit Jagung	24
3.3.2 Prosedur Perlakuan Permukaan Menggunakan NaOH.....	24
3.3.3 Prosedur Pembuatan Sampel	24
3.3.4 Prosedur Pengujian	24
3.4 Kodefikasi Sampel.....	30
BAB IV DATA DAN ANALISIS	
4.1 Pengujian Fisis.....	31
4.1.1 Pengujian Densitas.....	31
4.1.2 Pengembangan Tebal	31
4.1.3 Presentase Penyerapan Minyak	36
4.2 Pengujian Sifat Mekanis.....	41
4.2.1 Uji Kekerasan	42
4.2.2 Hasil Pengujian <i>Modulus of Elasticity</i>	44
4.2.3 Hasil Pengujian <i>Modulus of Rupture</i>	47
4.2.4 Hasil Regangan.....	50
4.3 Morfologi Permukaan Komposit	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik penyerapan air pada komposit	5
Gambar 2.2 Kulit Jagung.....	6
Gambar 2.3 Komposit Partikel	8
Gambar 2.4 Komposit laminat.....	9
Gambar 2.5 Efek Penyerapan Minyak pada komposit Sekam Padi	10
Gambar 2.6 Kayu Sengon.....	12
Gambar 2.7 Spesimen Uji <i>Bending</i>	14
Gambar 2.8 Mekanisme Spesimen Uji <i>Bending</i>	15
Gambar 2.9 Durometer <i>Shore D</i>	16
Gambar 2.10 Metode Pengujian Kekerasan <i>Shore D</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian	20
Gambar 3.2 Durometer	22
Gambar 3.3 Timbangan Digital	22
Gambar 3.4 Jangka Sorong.....	22
Gambar 3.5 Mesin Gerinda Makita m9513b	23
Gambar 3.6 <i>Universal Machine Tension</i>	23
Gambar 3.7 Mikroskop.....	24
Gambar 3.8 Alat Kompaksi	24
Gambar 3.9 Serat Kulit Jagung.....	25
Gambar 3.10 Minyak Kelapa.....	25
Gambar 3.11 Serbuk Kayu Sengon.....	26
Gambar 3.12 PVac	26
Gambar 3.13 Resin Epoksi	26
Gambar 3.14 NaOH.....	27
Gambar 3.15 Aquades	27
Gambar 4.1 Densitas.....	32
Gambar 4.2 Pengembangan Tebal	35
Gambar 4.3 Grafik Presentase Penyerapan Minyak	37

Gambar 4.4 Presentase Penyerapan Minyak dan Air	40
Gambar 4.4 Hasil Uji Kekerasan.....	44
Gambar 4.5 Hasil <i>Modulus of Elasticity</i>	46
Gambar 4.6 Hasil <i>Modulus of Rupture</i>	49
Gambar 4.7 Regangan	53
Gambar 4.8 Morfologi Permukaan Sampel S3.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kodefikasi Sampel.....	30
Tabel 4.1 Hasil Data Densitas	31
Tabel 4.2 Pengembangan Tebal	33
Tabel 4.3 Presentase Pengembangan Tebal	34
Tabel 4.4 Presentase Penyerapan Minyak	36
Tabel 4.5 Presentase Komposit Penyerapan Minyak dan Air 24 Jam	38
Tabel 4.6 Uji Kekerasan Sebelum Perendaman 12 Jam	42
Tabel 4.7 Uji Kekerasan Sesudah Perendaman 12 Jam.....	43
Tabel 4.8 <i>Modulus of Elasticity</i> Sebelum Perendaman 12 Jam.....	45
Tabel 4.9 <i>Modulus of Elasticity</i> Sesudah Perendaman 12 Jam	46
Tabel 4.10 <i>Modulus of Rupture</i> Sebelum Perendaman 12 Jam.....	48
Tabel 4.11 <i>Modulus of Rupture</i> Sesudah Perendaman 12 Jam	49
Tabel 4.12 Regangan Sebelum Perendaman 12 Jam	51
Tabel 4.13 Regangan Sesudah Perendaman 12 Jam.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan zaman, teknologi terus berkembang untuk menciptakan berbagai produk yang dapat diperjualbelikan, namun sering kali tanpa mempertimbangkan dampak negatif terhadap lingkungan. Plastik, yang merupakan polimer yang terdiri dari monomer dengan ikatan kimia seperti polietilen, telah banyak digunakan karena sifatnya yang kuat dan stabil. Hal ini menjadikannya sebagai limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan, yang membutuhkan waktu hingga ribuan tahun untuk terurai. Bahkan, jika plastik dibakar, ia akan berubah menjadi mikroplastik yang dapat mencemari tanah dan air, serta berisiko menjadi racun yang masuk ke dalam tubuh manusia [1]. Namun ada langkah baiknya untuk mengurangi rak piring dengan bahan plastik, penelitian membuat sebuah material komposit untuk bisa dijadikan bahan pembuatan rak piring dengan bahan komposit serat kulit jagung dan kayu sengon.

Komposit merupakan suatu material yang dibentuk dari campuran dua atau lebih material penyusunnya melalui campuran yang tidak homogen dan memiliki sifat mekanik dari masing-masing material penyusunnya berbeda [2]. Komposit serat alam seperti serat kulit jagung banyak digunakan sebagai bahan alternatif pengganti bahan sintetis. Serat alami ini memiliki kekuatan yang baik namun agar mampu menyerap resin diperlukan proses perendaman terlebih dahulu. Semakin lama waktu perendaman, serat akan semakin mampu menyerap resin sehingga kualitas kompositnya akan semakin baik. Tujuan membuat komposit papan partikel dengan serat kulit jagung ingin mengetahui sifat fisis dan mekanis jika direndamkan ke dalam cairan minyak namun pada saat ini komposit yang melakukan penelitian perendaman minyak belum banyak yang meneliti namun dibawah ini adalah penelitian sebelumnya yang sudah melakukan penelitian komposit perendaman dalam air.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Adoe, dkk [3] mengatakan bahwa komposit yang direndam dalam air tawar selama 1 hari memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang direndam dalam air laut selama 1 hari. Namun, setelah 21 hari, kekuatan tarik komposit dalam air laut menunjukkan penurunan yang lebih signifikan, mencapai nilai terendah 0,00138 Mpa, dibandingkan dengan air tawar yang masih lebih tinggi pada 0,001477 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa sifat garam (NaCl) dalam air laut berkontribusi terhadap penurunan kekuatan tarik komposit, terutama setelah periode perendaman yang lebih lama, yang menyebabkan *debonding* atau kerusakan yang dapat terjadi pada komposit yang disebabkan oleh tidak melekatnya serat dan bahan pengikatnya atau bisa disebut resin.

Penelitian ini sangat dibutuhkan karena bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman minyak yang bervariasi yaitu 12 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam terhadap sifat-sifat komposit serat kulit jagung yang dihubungkan dengan resin minyak goreng. Hasil penelitian diharapkan dapat menentukan waktu perendaman optimum bagi pembuatan komposit serat berpenguat kulit jagung dan kayu sengon sehingga kualitas kompositnya dapat maksimal.

1.2 Perumusan Masalah

Pada perumusan masalah penelitian dapat disimpulkan pada dibawah ini sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh paparan minyak dari sampel yang berbeda terhadap sifat fisis dan mekanis komposit?
2. Bagaimana hasil dari struktur mikro pada permukaan dari sampel komposit yang berpenguat kulit jagung dan kayu sengon yang direndam minyak?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada tujuan penelitian komposit berpenguat serat kulit jagung dan kayu sengon ialah sebagai berikut :

1. Menganalisa hasil sifat fisis dari densitas, pengembangan tebal dan presentase penyerapan minyak pada sampel komposit yang berpenguat kulit jagung dan kayu sengon yang direndam minyak.
2. Menganalisa sifat mekanis pengaruh tekanan yang berbeda pada komposit, baik sebelum maupun setelah direndam dalam minyak selama 12 jam.
3. Menganalisa morfologi permukaan pada permukaan sampel komposit yang berpenguat kulit jagung dan kayu sengon yang direndam minyak.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat dari penelitian dari komposit berpenguat kulit jagung dan kayu sengon ialah sebagai berikut :

1. Dapat mengurangi limbah kulit jagung yang tidak terpakai.
2. Dapat mengurangi pembuatan komposit material dari bahan kayu dan logam.
3. Dapat mengetahui wawasan mengenai uji lentur , kekerasan pada komposit berpenguat kulit jagung dan kayu sengon.

1.5 Metodologi Penelitian

Pada metodologi penelitian komposit berpenguat serat jagung dan kayu sengon ini dengan pengaruh waktu selama 12 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam dalam cairan minyak dengan menentukan sifat fisis dan mekanis dengan metode yang dilakukan ialah dengan melakukan pengujian sifat – sifat fisis yaitu menentukan pengembangan tebal komposit, menentukan presentase penyerapan minyak dan densitas pada komposit dan melakukan pengujian sifat – sifat mekanis dengan metode melakukan pengujian kekerasan pada komposit, melakukan pengujian *bending* untuk menentukan keteguhan lentur dan melakukan pengamatan struktur makro untuk mengetahui morfologi permukaan pada komposit.

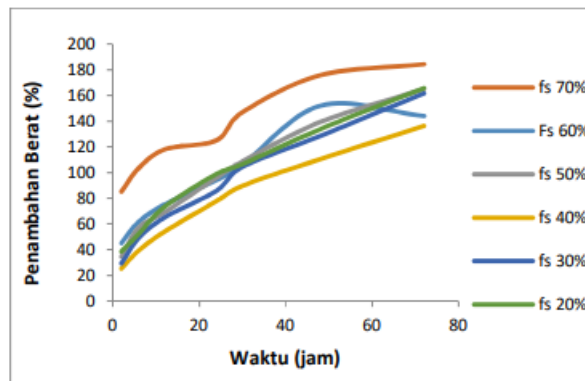
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State The Art*

Melimpahnya limbah kulit jagung dan menjadi filler komposit yang bagus karena merupakan bahan alami. Studi menunjukkan bahwa kulit jagung ringan, berpori, dan kuat, sehingga cocok untuk pengisi komposit alami. Selama dua jam, variasi kompaksi papan partikel berkisar antara 60, 80 dan 100 bar. Komposit yang dibuat terdiri dari 25% perekat PVAc, 10% resin epoksi, 32,5% serat kulit jagung, dan 32,5% serbuk kayu sengon. Proses perawatan permukaan dalam larutan NaOH 5% berlangsung selama 120 menit. Selama tujuh hari, kulit jagung diekstraksi di air. Kemudian dilakukan proses kompaksi selama dua jam dan sintering selama tiga puluh menit di suhu 150°C. Menurut standar SNI 03-2105-2006, metode pembobotan Multi Response Performance Index (MRPI) digunakan untuk mengevaluasi hasil optimal percobaan. Karakteristik yang diamati termasuk densitas, pengembangan tebal, persentase penyerapan air, kekerasan, dan keteguhan lentur. Dengan variasi tekanan kompaksi sebesar 100 bar, papan partikel K100 menunjukkan hasil terbaik. Ini memiliki densitas 0,85 g/cm³, pengembangan tebal 4,93%, persentase penyerapan air 46,11%, kekerasan 40,17 *shore D*, dan keteguhan lentur 91,79 kgf/cm². Nilai MRPI sampel K100 sebesar 57,058 adalah yang tertinggi dibandingkan dengan sampel K60 sebesar 25,839 dan K80 sebesar 34,568 [4]

Dari penelitian sebelumnya dengan hasil pengujian penyerapan air pada spesimen dengan fraksi serat yang bervariasi yaitu 20%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% didapatkan hasil yang berbeda beda dengan hubungan antara penambahan berat dengan waktu seperti gambar dibawah [5].



Gambar 2.1 Grafik penyerapan air pada komposit [5]

Gambar 2.6 Spesimen dengan fraksi serat 70%, 20%, 50%, 30%, 60%, dan 40% masing-masing mencapai 184,35%, 165,81%, 165,10%, 161,65%, 144,09%, dan 136,10%. Ini menunjukkan bahwa penambahan berat pada spesimen bertambah secara acak atau tidak bergantung pada fraksi serat yang digunakan. Namun, penyerapan air meningkat seiring waktu penahanan. Spesimen dengan fraksi serat 70% memiliki nilai penambahan berat yang tinggi karena polyurethane tidak melekat pada serat kulit jagung, yang menyebabkan banyak rongga, yang dapat menyebabkan spesimen menyerap air dengan cepat, menyebabkan spesimen membengkak dan berubah volume [5]. Dari penelitian sebelumnya adalah dengan menentukan komposit kulit jagung dan kayu sengon dalam perendaman air namun pada penelitian ini adalah dengan menentukan komposit kulit jagung dan kayu sengon dalam perendaman minyak dan menentukan sifat mekanis dan sifat fisisnya.

2.2 Kulit Jagung

Seiring dengan perkembangan zaman, limbah kulit jagung, yang biasa disebut klobot oleh masyarakat Indonesia, masih kurang dimanfaatkan secara maksimal. Banyak masyarakat yang hanya memanfaatkan kulit jagung untuk pakan ternak dan kerajinan. Padahal, kulit jagung memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai bahan baku dalam industri manufaktur, terutama dalam pembuatan material berbasis selulosa. Kandungan selulosa dalam kulit jagung sekitar 44%, yang membuatnya memiliki peran penting dalam memberikan kekuatan struktural pada tanaman, sehingga memungkinkan tanaman untuk tetap kokoh dalam berbagai kondisi. Selulosa berfungsi sebagai kerangka utama untuk

tanaman, menahan kekuatan dan mempertahankan bentuk serta ukuran tanaman. Sifat fisik serat kulit jagung meliputi densitas antara 0,6 g/cm³ hingga 1,25 g/cm³, dengan daya serap air sekitar 0,7% hingga 3,55% serta kadar air antara 0,89% hingga 4,33% [6]



Gambar 2.2 Kulit Jagung
(Sumber : rumahmesin.com) [7]

2.3 Komposit

Komposit adalah kombinasi dua atau lebih bahan untuk memperoleh sifat dari kedua atau lebih bahan tersebut. Komposit memiliki keunggulan seperti ringan, kaku, dan tahan lama. Polimer yang terbuat dari resin adalah matrik dan penguat serat sintetis yang terbuat dari serat karbon. Kedua jenis material di atas, bagaimanapun, akan menimbulkan masalah bagi lingkungan karena sulit untuk didegradasi oleh alam. Penggunaan serat alami adalah upaya untuk mengurangi dampak lingkungan karena serat terurai di lingkungan secara alami. Penggunaan serat alami juga memiliki beberapa keuntungan, seperti bahwa mereka mudah didapat, berlimpah, dan dapat diperbaharui [8]. Sifat material komposit dengan hasil pencampuran dari dua bahan yang diharapkan dapat melengkapi dari segi kelemahan yang dapat terjadi pada sifat material komposit dengan sifat – sifat penyusunnya. Sifat – sifat yang diharapkan adalah sebagai berikut ini :

- a. Sifat kekuatan pada komposit.
- b. Sifat kekakuan yang terdapat komposit.
- c. Sifat ketahanan terhadap gesekan .
- d. Berat pada suatu material komposit [6].

2.3.1 Serat Sebagai Penguat Komposit

Secara umum, dapat dikatakan bahwa serat berfungsi sebagai penguat untuk membuat komposit lebih kuat, yang membuatnya pada sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh, dan kokoh dibandingkan dengan komposit tanpa serat penguat. Selain itu, serat mengurangi penggunaan resin. Kemampuan suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk selama pengujian bending jika dibebani dengan gaya tertentu dalam daerah elastis dikenal sebagai kaku. Tangguh adalah ketika gaya atau beban membuat bahan patah pada pengujian titik lentur. Kokoh adalah kondisi yang muncul sebagai hasil dari kelenturan dan proses kerja yang mengubah struktur komposit sehingga menjadi keras pada pengujian kelenturan [9].

2.3.2 Matriks Komposit

Fasa komposit yang memiliki bagian atau fraksi volume terbesar disebut matriks. Matriks memiliki kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah tetapi biasanya lebih fleksibel. Untuk komposit, matrik harus memiliki kemampuan untuk meneruskan beban, sehingga serat dapat melekat pada matrik dan terjadi kompatibilitas antara matrik dan serat, sehingga tidak ada reaksi yang mengganggu. Matrik yang memiliki ketahanan panas yang tinggi biasanya dipilih [10]

2.4 Klasifikasi Bahan Komposit

Ada beberapa jenis jenis komposit yaitu komposit serat, partikel dan laminat namun pada penelitian yang digunakan adalah komposit yang berpenguat serat berikut ini adalah jenis jenis komposit sebagai berikut ini :

2.4.1 Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Komposit fibrous, yang juga dikenal sebagai komposit berbasis serat, merupakan alternatif bahan yang potensial untuk menggantikan logam. Keistimewaan komposit ini terletak pada penggunaan serat sebagai bahan penguat, yang sering kali berasal dari limbah seperti kulit jagung dan kayu sengon. Serat yang digunakan dalam komposit ini memberikan kekuatan yang sangat baik dan memiliki massa jenis yang lebih ringan jika dibandingkan dengan logam, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan

material dengan kekuatan tinggi namun tetap ringan. Selain itu, penggunaan serat alami juga memberikan manfaat tambahan berupa keberlanjutan dan pengurangan ketergantungan pada bahan baku sintetis, yang pada gilirannya mengurangi dampak lingkungan. [11].

Serat buatan seperti grafit, karbon, dan gelas biasanya digunakan sebagai *filler*. Serat buatan memiliki keunggulan tetapi mahal, jadi menggunakan serat alam sebagai pengganti bisa lebih murah [12]. Penelitian ini akan menggunakan komposit papan partikel yang terbuat dari serat jagung dan kayu sengon untuk aplikasi tempat piring di dapur.

2.4.2 Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit partikel dibuat dengan menempatkan partikel-partikel bersama-sama dan mengikatnya dengan matriks yang butiran (batu, pasir) yang diperkuat dengan semen, yang kita kenal sebagai beton, atau senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks. Komposit partikel dibuat dengan menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan didistribusikan secara merata dalam matriks. Komposit partikel ini isotropis karena berbeda dari jenis serat acak. Tegangan koheren di antara fase partikel dan matriks, yang menunjukkan sambungan yang baik, memengaruhi kekuatan komposit serat [13]



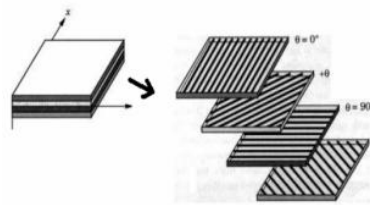
Gambar 2.3 Komposit Partikel

2.4.3 Komposit Laminat (*Laminated Composite*)

Komposit lamina adalah lembaran yang terdiri dari gabungan dua atau lebih komponen yang berbeda yang digabungkan secara mekanik menjadi satu sehingga memiliki gabungan sifat-sifat dari komponen yang membentuknya. Diharapkan bahwa sifat material akan menjadi lebih baik dari bahan aslinya

jika komponen pembentuknya dikombinasikan sedemikian rupa sehingga sifat-sifat yang tidak diharapkan dari komponen pembentuknya dihilangkan. Laminat adalah campuran dari beberapa lamina [14].

Polywood, yang sering digunakan sebagai bahan bangunan, adalah contoh komposit yang terdiri dari lapisan yang diperkuat oleh matrik. Dalam kebanyakan kasus, manipulasi makroskopis dilakukan dengan bahan yang kuat, tahan panas, dan tahan korosi [15].



Gambar 2.4 Komposit laminat [15]

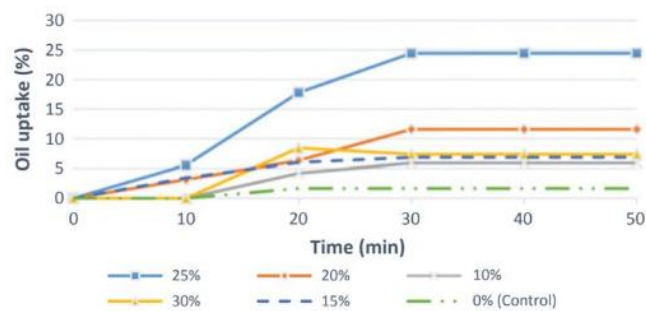
2.4.4 Komposit Serpihan (*Flake Composite*)

Komposit serpihan terdiri dari serpihan-serpihan yang saling menahan antara satu sama lain melalui pengikat permukaan atau penggabungan ke dalam matriks. Partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya yang dibuat dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya disebut serpihan. Bentuknya yang besar dan datar memungkinkan serpihan disusun dengan rapat untuk menghasilkan bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya, serpihan tumpang tindih pada komposit untuk membentuk lintasan fluida atau uap, yang dapat mengurangi kerusakan mekanis yang disebabkan oleh penetrasi atau perembesan [13].

2.5 Paparan Minyak Terhadap Sifat Komposit

Perendaman minyak pada komposit sekam padi dengan pengisi *polyethylene* Hasil untuk masing-masing komposit menunjukkan tingkat penyerapan yang berbeda, seperti yang ditunjukkan di Gambar 5, di mana pengisi omit 0% (100% PE) berfungsi sebagai kontrol, dan komposit dengan muatan pengisi 25, 20 dan 10% tampaknya melewati penyerapan minyak

yang baik, moderat, dan buruk, masing-masing. Peningkatan beban pengisi menunjukkan peningkatan penyerapan minyak massa. Namun, peningkatan muatan pengisi yang lebih besar, lebih dari 25%, tidak berdampak signifikan pada tingkat kapasitas sorpsi minyak. [16] Idris menemukan bahwa muatan pengisi memengaruhi efisiensi absorpsi minyak. Untuk menyelidiki pengaruh waktu kontak pada kapasitas sorpsi komposit sekam padi dengan pengisi *polyethylene*, sekam padi dengan pengisi *polyethylene* komposit dengan pengisi 25% menunjukkan tingkat penyerapan minyak terbaik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 2.5 Efek Penyerapan Minyak pada komposit Sekam Padi [18]

Waktu kontak dalam sepuluh menit pertama meningkatkan kapasitas penyerapan. Kehadiran kekosongan di permukaan sorben dapat menyebabkan penyerapan minyak yang tinggi. Namun, setelah dua puluh menit, kekuatan repulsive antara molekul larut pada fase padat dan massal mengurangi kekosongan yang tersedia. Akibatnya, penyerapan minyak mencapai keseimbangan yang tepat [17]. Untuk pengisi *polyethylene* komposit, butuh tiga puluh menit untuk sekam padi mencapai keseimbangan, dan omit absorber yang baik dapat menyerap minyak hingga 25% [18]. Komposit komposit sekam padi dengan pengisi *polyethylene*, yang mengandung 25% pengisi, memiliki sifat penyerapan minyak yang luar biasa. Aglomerasi yang lebih besar dibentuk oleh komposit ketika beban pengisi meningkat, menciptakan lebih banyak ruang antara komposit sekam padi dengan pengisi *polyethylene*, yang memungkinkan komposit menyerap lebih banyak minyak. Properti yang memungkinkan penyerapan minyak Menurut hasil uji coba, penambahan pengisi meningkatkan sifat komposit secara signifikan.

Meskipun peningkatan beban pengisi sebesar 30% mengurangi nilai properti komposit sekam padi dengan pengisi *polyethylene*, total penyerapan minyak masih di atas sampel kontrol. Untuk sifat mikrostruktur komposit sekam padi dengan pengisi *polyethylene*, jumlah pengisi yang lebih tinggi menyebabkan campuran komposit yang tidak homogen, sementara jumlah pengisi yang lebih rendah menyebabkan struktur terlihat lebih homogen dan sistem matriks menjadi lebih padat. Hasil tes penyerapan minyak menunjukkan bahwa peningkatan kandungan pengisi akan menyebabkan lebih banyak aglomerasi karena pembentukan ikatan hidrogen di antara banyak kelompok hidroksil dan air yang diserap di permukaan mereka. Jumlah ruang yang lebih besar antara polietilen dan husk beras dapat memungkinkan lebih banyak [19]

2.6 Kayu Sengon

Kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*) adalah salah satu jenis pohon yang sangat bernilai di Indonesia karena sifatnya yang serbaguna. Pohon ini tumbuh cepat dan mampu beradaptasi pada berbagai jenis tanah, menjadikannya pilihan utama sebagai bahan baku industri panel dan kayu lapis. Selain digunakan dalam pembangunan, kayu sengon juga banyak dimanfaatkan dalam pembuatan produk industri lainnya karena kelebihanannya yang ringan, tahan gempa, serta mudah diolah. Proses pengolahan kayu sengon menghasilkan sisa berupa potongan kecil kayu, serbuk gergaji, tatal, dan potongan lainnya yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut. [20]. Namun pada dasarnya kayu memiliki kelebihan dan juga memiliki kekurangan seperti mudah terbakar, bisa terserang oleh rayap.

Kayu sengon sangat direkomendasikan untuk dijadikan papan partikel karena mempunyai kelebihan yang sangat banyak di antara pengolahan papan partikel berasal dari limbah kayu dan dapat mengatasi penanganan yang tidak ideal, sehingga dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai ekonomi dan bermanfaat bagi masyarakat. Upaya untuk mengembalikan kekurangan papan dari kayu yang utuh dengan menggunakan limbah dari serbuk kayu sengon. Papan kayu partikel adalah produk industri kayu yang memiliki prospek yang

bagus untuk masa depan karena dibuat dengan menggunakan sisa kayu dari industri kayu penggergajian [21].



Gambar 2.6 Kayu Sengon
(Sumber : perhutani.co.id)

2.7 Pengujian Sifat Fisis

Pada pengujian sifat fisis ini pada papan partikel komposit dengan berpenguat serat jagung dan kayu sengon pada komposisi nya Komposit yaitu dibuat dengan mengandung 25% perekat PVAc, 10% resin epoksi, 32,5% serat kulit jagung, dan 32,5% serbuk kayu sengon. Komposit yang akan digunakan dengan tekanan 60 bar dengan *holding time* 2 jam [4]. Untuk menentukan densitas, presentase penyerapan minyak dan pengembanan tebal.

2.7.1 Densitas

Pada pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui hubungan antara berat dengan volume pada komposit papan partikel tersebut. Pengujian yang akan dilakukan dengan menimbang massa pada komposit papan partikel dengan nilai volumenya. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk mengukur densitas komposit papan partikel yaitu [4] :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

m : Massa sampel (g)

v : Volume sampel (cm³)

2.7.2 Pengembangan Tebal

Pada pengujian pengembangan tebal komposit papan partikel ini untuk mengetahui penambahan tebal pada komposit papan partikel yang dilakukan pada perlakuan dengan perendaman didalam minyak.. Pengujian ini bervariasi dalam waktunya yaitu selama 12 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam sampel direndam dalam minyak yang diatur pada suhu ruangan 25°C untuk menguji. Nilai tebal sampel sesudah dan sebelum perendaman dibagi dengan nilai tebal sebelum perendaman, dan kemudian hasilnya dihitung sebagai persentase. Rumus yang digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dimensi adalah sebagai berikut [4]:

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

Keterangan :

T_1 = Tebal sampel sebelum perendaman (mm)

T_2 = Tebal sampel sesudah perendaman (mm)

2.7.3 Presentase Penyerapan Minyak

Pada presentase penyerapan minyak pada komposit papan partikel bertujuan untuk mengetahui kelembaban pada komposit papan partikel. Perbandingan yang dibuat akan membantu dalam menentukan apakah material digunakan di dalam atau di luar ruangan. Pengujian ini bervariasi dalam waktunya yaitu selama 12 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam sampel direndam dalam minyak untuk menguji. Nilai tebal sampel sesudah dan sebelum perendaman dibagi dengan nilai tebal sebelum perendaman, dan kemudian hasilnya dihitung sebagai persentase. Rumus yang digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dimensi adalah sebagai berikut:

$$\text{Presentase Penyerapan Minyak (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

m_1 = Massa sampel sebelum perendaman (g)

m_2 = Massa sampel sesudah perendaman (g)

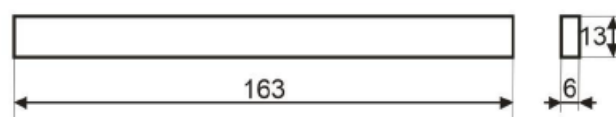
2.8 Pengujian Sifat Mekanis

Untuk mengetahui karakteristik pada spesimen dilakukan dengan pengujian sifat mekanis komposit yang telah dilakukan penggabungan berbeda dari komponen pembentuknya karena komposit adalah hasil dari penggabungan beberapa bahan yang berbeda. Komposit yang telah dilakukan penggabungan biasanya memiliki sifat yang lebih baik atau lebih kuat daripada bahan lain, dan sifat-sifat ini biasanya memiliki keunggulan Komposit memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Selain itu, material komposit dapat digunakan dalam rancangan tertentu dan lebih tahan terhadap rapuh karena bahan nya atau penguat nya dari serat jagung dan kayu sengon. Selain itu, komposit memberikan penampilan dan kehalusan permukaan yang lebih baik.

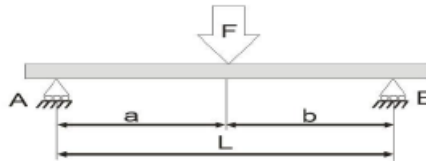
2.8.1 Kekuatan Lentur

Uji kekuatan *bending* mengukur kekuatan suatu bahan dengan melengkungkannya sampai titik patah. Nilai kekuatan bending bergantung pada jenis material yang digunakan dan pembebanan yang diberikan. Ketika pengujian bending dilakukan, bagian atas spesimen mengalami tekanan dan bagian bawah mengalami tegangan tarik. Pada material komposit, kekuatan tekan lebih besar daripada kekuatan tarik. Patah spesimen terjadi ketika spesimen tidak dapat menerima pada saat menahan tegangan tarik [22].

Untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap pembebanan pada titik lentur, pengujian kekuatan lentur atau pengujian *bending* dilakukan. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui keelastisitasan suatu bahan. Sampel uji diberikan pembebanan dengan arah tegak lurus terhadap arah penguatan serat [23]. Metode pengujian lentur kuat ini menggunakan pembebanan tegak lurus pada sampel. Tiga titik lentur dan penahan digunakan sebagai jarak pengujian. Pertengahan panjang sampel adalah titik pembebanan. Pengujian lentur atau *bending* dilakukan dengan mesin menurut standar ASTM D 790-03.



Gambar 2.7 Spesimen Uji *Bending* ASTM D790-03 [24]



Gambar 2.8 Mekanisme Spesimen Uji *Bending* ASTM D790-03 [24]

Sifat mekanis pada komposit berpenguat kulit jagung dan kayu sengon yang diperoleh dari hasil pengujian *bending* akan dihitung dengan menggunakan persamaan sesuai dengan standar ASTM D790-03 [24], yaitu :

$$MOR = \frac{3pl}{2bh^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

MOR = Tegangan lentur maksimum (kgf/cm²)

P = Beban Maksimal (N)

b = Lebar dari benda uji (mm)

h = Tebal benda uji (mm)

L = Jarak antar penyangga (mm)

2.8.2 Modulus Of Elasticity

Setelah dilakukan pembebanan pada pengujian kekuatan lentur untuk melihat kelenturan pada material, nilai MOE menggambarkan bahwa semakin besar nilai MOE, semakin kecil nilai deformasi. Berikut ini adalah persamaan ASTM D790-17 [25]

$$MOE = \frac{L^3 m}{4bh^3} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

MOE = Kelentur maksimum (kgf/cm²)

L = Panjang (cm)

m = Panjang maksimum (cm)

b = Lebar (cm)

h = Tinggi (cm)

2.8.3 Regangan

Setelah dilakukan pengujian kekuatan lentur dan mendapatkan hasil nilai *Break Point Elongation* atau nilai presentase perubahan panjang akan dilakukan

perhitungan nilai regangan untuk menentukan perubahan panjang ketika dilakukan pembebanan, adapun persamaan ASTM E8/E8M [26]

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

- ε = Regangan (cm)
- ΔL = Perubahan Panjang (cm)
- L_0 = Panjang awal material sebelum pembebanan (cm)

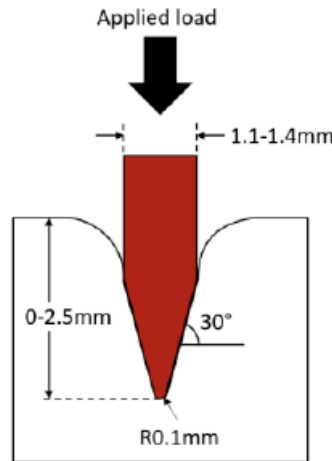
2.8.4 Pengujian Kekerasan

Pada pengujian kekerasan yang akan dilakukan menggunakan uji kekerasan *Shore D* Metode manual (*Hand Held*) *Operation of Durometer* dengan standar ASTM D2240. Kekerasan material plastik, karet, dan bahan elastomer lainnya biasanya diukur dengan skala kekerasan *Shore D*. Pengujian yang akan dilakukan pada permukaan spesimen komposit. Alat uji ini bekerja dengan cara mengukur ketahanan material terhadap penetrasi indenter. Ini dilakukan dengan cara yang mirip dengan jarum yang dilengkapi pegas. Percobaan ini menggunakan skala dengan nilai *Shore D* [27].



Gambar 2.9 Durometer *Shore D*

Uji *shore hardness* mengukur kedalaman indentasi dengan menekan material atau spesimen menggunakan indenter pegas yang terbuat dari baja. Parameter shore hardness, kedalaman indentasi ini, diukur dari 0 shore (dengan kedalaman indentasi 2,5 milimeter) hingga 100 shore (tanpa kedalaman indentasi, yaitu 0 milimeter), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Metode Pengujian Kekerasan *Shore D* [28]

Ketika skala *Shore D* digunakan untuk mengukur kekerasan, nilai kekerasan yang dihitung didasarkan pada kedalaman penetrasi yang dihasilkan oleh ujung penetrator ke dalam bahan uji. Rumus umum untuk menghitung kekerasan Shore D adalah sebagai berikut [27].

$$H_{shore D} = 100 - D \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$H_{shore D}$ = Nilai Kekerasan *Shore D*

D = Kedalaman penetrasi ujung penetrator ke dalam bahan uji (mm)

Keuntungan dari utama dari penggunaan alat ini adalah kemampuan untuk melakukan pengukuran kekerasan yang cepat dan akurat. Pada kala kekerasan Shore D, indenter akan memberikan hasil pembacaan nilai kekerasan secara cepat [27].

2.9 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX), bahan komposit alam dapat dikarakterisasi. Namun, penggunaan SEM tidak hanya melibatkan pengambilan gambar dan fotografi; proses pembentukan gambar pada alat ini adalah proses fisik yang terdiri dari interaksi korpuskular antara elektron sumber dan atom pada bahan. Oleh karena itu, perlu dilakukan dengan teknik dan metode operasi yang benar saat menggunakan alat ini. Untuk mendapatkan

hasil gambar yang optimal secara ilmiah dan menghindari interpretasi ganda, SEM harus dilakukan dengan mengatur parameter elektron seperti voltase tinggi, ukuran spot, bias, dan arus bola. Selain itu, jenis sampel, cara penangannya, dan metode preparasinya sangat memengaruhi proses pengambilan gambar dan analisis kimia dengan SEM [29].

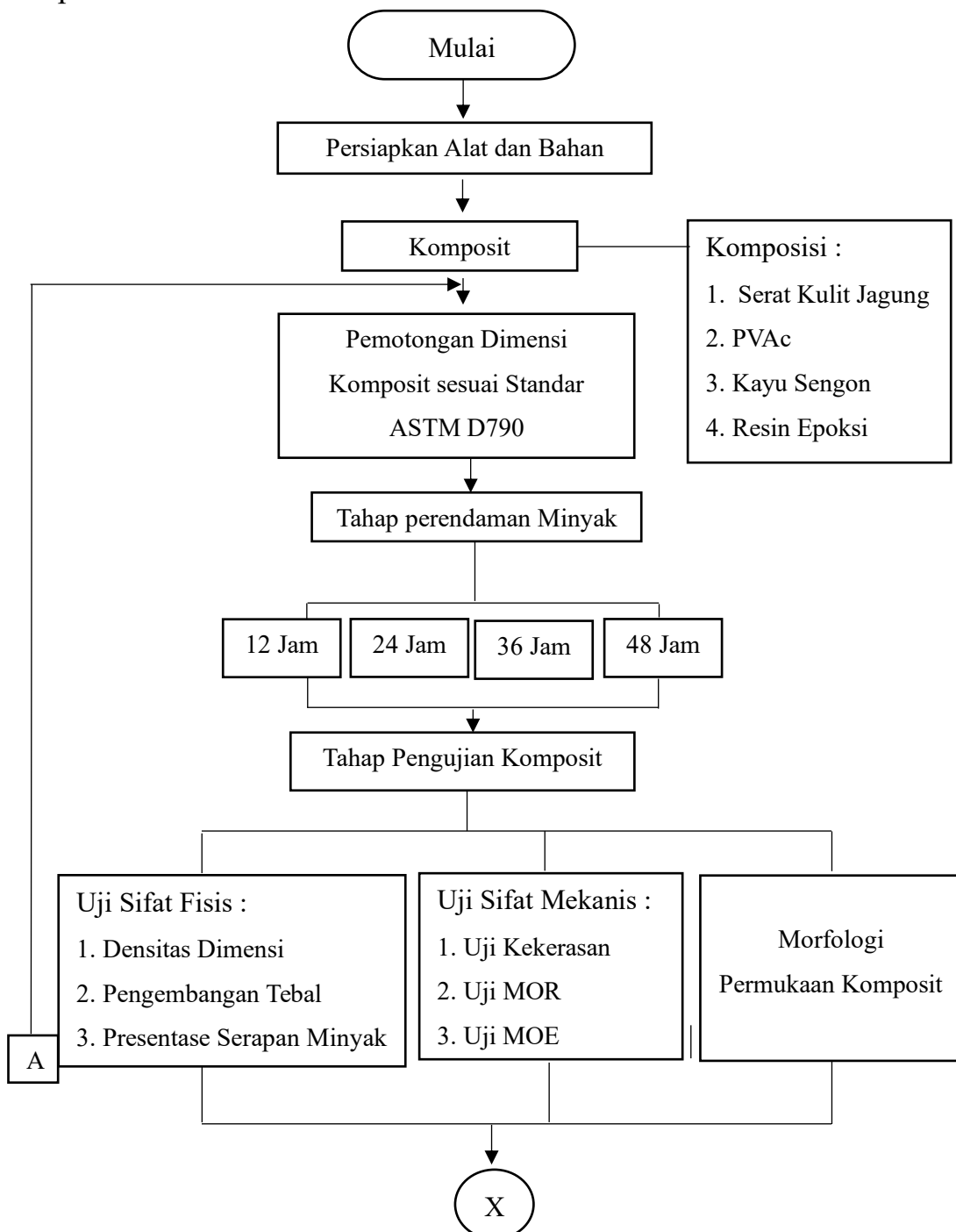
Perangkat EDX dan SEM memungkinkan mikroanalisis kualitatif dan semi-kuantitatif untuk unsur-unsur Litium dan Uranium. EDX dibuat dari karakteristik sinar X, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin kita ketahui komposisinya. Setelah sinar X ditembakkan pada posisi yang diinginkan, puncak tertentu akan muncul yang menunjukkan suatu unsur yang terkandung. Perangkat lunak, atau program komputer, akan secara otomatis mengidentifikasi jenis elemen atau unsur yang ada dalam sampel, yang disebut sebagai elemen identifikasi. EDX dapat digunakan untuk melakukan analisis kuantitatif dari persentase kandungan dari masing-masing elemen [30].

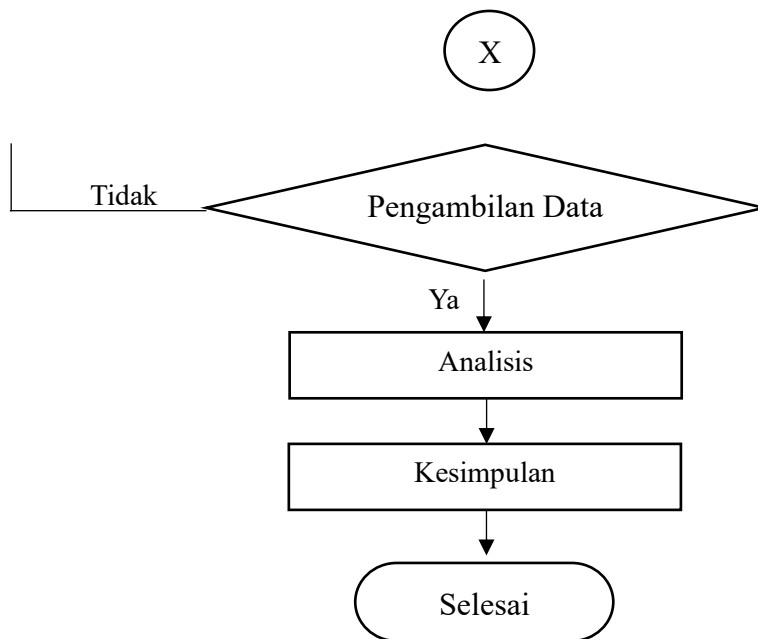
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 pada dibawah ini :





Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alir yang berada pada gambar 3.1, maka dapat diuraikan dengan tahap proses dengan pengujian ini ialah sebagai berikut ini:

1. Persiapkan Alat dan Bahan

Pada persiapan alat dan bahan dapat dilakukan dari awal sebelum melakukan pengujian agar alat dan bahan dapat dicek terlebih dahulu masih layak digunakan atau tidak

2. Komposit

Pada komposit adalah bahan yang akan dilakukan pada pengujian lentur dan kekerasan untuk menentukan sifat mekanis pada komposit namun pada komposit juga dilakukan pengujian stabilitas dimensi, pengembangan tebal dan presentase serapan minyak untuk menentukan sifat fisis

3. Pemotongan Dimensi Komposit sesuai Standar ASTM D790

Pada pemotongan dimensi komposit sesuai standar *American Standar for Testing and Materials 790* (ASTM D790) dengan panjang 16 mm dan lebar 12,7 mm, pemotongan dimensi komposit menggunakan kikir atau gerinda tangan

4. Tahap Perendaman Minyak

Setelah pemotongan dimensi dilakukan perendaman minyak dengan waktu berbeda beda yaitu 24 jam, 36 jam dan 48 jam

5. Pengujian Komposit

Setelah melakukan perendaman minyak selama 24 jam, 36 dan 48 jam dapat dilakukan pengujian untuk menentukan fisis pada komposit stabilitas dimensinya akan berubah atau tidak dan pada pengembangan tebalnya berubah atau tidak namun berapa presentase penyerapan minyak pada komposit dan adapun pada uji lentur dan kekerasan dapat dilakukan dengan pengujian *bending* untuk menentukan sifat mekanis

6. Pengambilan data

Pada pengujian yang telah dilakukan akan didapatkan data data dari pengujian yang telah dilakukan dan diolah data tersebut untuk dianalisa

7. Analisis dan Kesimpulan

Pada tahap analisa dan kesimpulan setelah didapatkan data data dari pengujian uji sifat fisis akan dibandingkan dengan data sebelum perendaman minyak dan yang dibandingkan adalah stabilitas dimensi, pengembangan tebal dan presentase penyerapan minyak namun analisa pada uji sifat mekanis ialah membandingkan hasil uji lentur dan uji kekerasan dengan penelitian sebelumnya.

3.2 Alat dan bahan

Berikut ini adalah alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

3.2.1 Alat yang digunakan

Berikut ini adalah alat-alat yang digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Durometer

Durometer adalah alat untuk mengukur kekerasan yang didasarkan pada kekuatan perlawanan dari penetrasi jarum dalam bahan uji di bawah beban pegas. Pada Durometer yang digunakan adalah Durometer *Shore D* nilai pengukuran kekerasan 0 – 100 HD. Pengukuran yang dilakukan sesuai dengan ASTM D2240



Gambar 3.2 Durometer

2. Timbangan Digital

Timbangan digital merupakan alat untuk mengukur benda uji untuk mengetahui massa benda. Namun dalam penelitian ini menggunakan timbangan merek generic dengan kapasitas massa 1000 g dan ketelitian 0,1 g



Gambar 3.3 Timbangan Digital

3. Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat untuk mengukur diameter ketebelana pada benda uji. Pada jangka sorong yang akan digunakan ialah menggunakan merek *tricle brand* dengan ketelitian 0,05 mm



Gambar 3.4 Jangka Sorong

4. Mesin Gerinda

Mesin gerinda makita m9513b adalah alat yang akan digunakan untuk memotong komposit serat kulit jagung sesuai ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.5 Mesin Gerinda Makita m9513b

5. Alat *Universal Machine Tension*

Alat uji yang akan digunakan pada uji *bending* ialah *Universal Machine Tension* model RTF untuk mengetahui kelenturan pada benda yang di uji.



Gambar 3.6 *Universal Machine Tension*

6. Mikroskop

Alat mikroskop adalah untuk mengetahui struktur makro pada permukaan benda uji.



Gambar 3.7 Mikroskop

6. Alat Kompaksi

Alat pembuatan sampel komposit papan partikel menggunakan alat tekanan *high pressure*.



Gambar 3.8 Alat Kompaksi

3.2.1 Bahan yang digunakan

Adapun bahan bahan yang digunakan pada penelitian yang dilakukan ialah sebagai berikut

1. Serat Kulit Jagung

Serat kulit jagung adalah hasil ekstraksi dari kulit jagung sehingga menjadi serat kulit jagung untuk bahan komposit papan partikel.



Gambar 3.9 Serat Kulit Jagung

2. Minyak Kelapa

Pada kandungan viskositas yang terdapat pada minyak kelapa bimoli adalah sebesar $0,246 \left(\frac{ns}{m^2}\right)$ pada kecepatan minyak kelapa bimoli ialah sebesar $0,87 \text{ m/ [31]}$.



Gambar 3.10 Minyak Kelapa

3. Serbuk Kayu Sengon

Serbuk kayu sengon adalah dari kayu sengon yang dihaluskan dengan gerinda tangan sehingga menjadi serbuk kayu sengon dengan ukuran mesh 30.



Gambar 3.11 Serbuk Kayu Sengon

4. PVAc

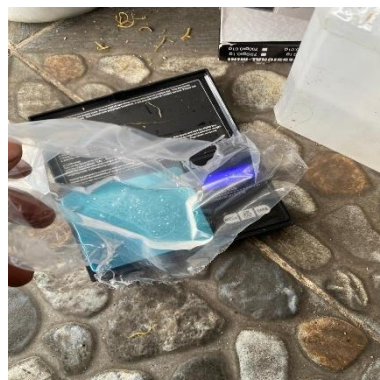
Lem Pvac adalah lem yang merekatkan komposit papan partikel yang digunakan adalah 20%



Gambar 3.12 PVAc

5. Resin Epoksi

Resin epoksi untuk mengikat serat kulit jagung dan serbuk kayu sengon yang digunakan untuk pembuatan sampel ialah 10%.



Gambar 3.13 Resin Epoksi

6. NaOH

NaOH digunakan untuk menghilangkan sisa sisa getah yang terdapat pada serat kulit jagung dan membuat serat kulit jagung lebih halus, dan kuat.



Gambar 3.14 NaOH

7. Aquades

Aquades digunakan untuk proses alkalisasi, aquades yang digunakan dalam proses alkalisasi ialah 95%.



Gambar 3.15 Aquades

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini meliputi dari proses mengkstrasi kulit jagung sampai dengan melakukan pengujian fisis & mekanis

3.3.1 Prosedur Mengekstrasi Kulit Jagung

Adapun prosedur dalam mengktrasi kulit jagung yaitu sebagai berikut ini :

1. Mengambil limbah kulit jagung
2. Merendam kulit jagung dalam air biasa selama 7 hari

3. Memisahkan serat dan kulit jagung dengan sisir kawat
4. Mengeringkan kulit jagung
5. Memotong serat kulit jagung sampai ukuran 15 mm [4]

3.3.2 Prosedur Perlakuan Permukaan Menggunakan NaOH

Adapun prosedur perlakuan permukaan menggunakan NaOH yaitu sebagai berikut :

1. Merendamkan serat kulit jagung pada larutan NaOH 5% selama 2 jam pada suhu ruang.
2. Membilas serat kulit jagung dengan air mengalir [4]

3.3.3 Prosedur Pembuatan Sampel

Adapun prosedur pembuatan sampel komposit papan partikel serat kulit jagung dan kayu sengon, sebagai berikut :

1. Proses Pencampuran Bahan
 - a. Mencampurkan serat kulit jagung dan serbuk kayu sengon dengan perekat Pvac dan epoksi

Perhitungan komposisi bahan

$$\text{Serat kulit jagung} = 32,5\% \times 150 \times 0,58 = 28 \text{ g}$$

$$\text{Serbuk kayu sengon} = 32,5\% \times 150 \times 0,43 = 21 \text{ g}$$

$$\text{Lem PVAc} = 25\% \times 150 \times 1,07 = 40 \text{ g}$$

$$\text{Resin Epoksi} = 10\% \times 150 \times 1,1 = 16,5 \text{ g}$$

2. Proses Kompaksi

Proses kompaksi yang dilakukan di gedung COE (*Center Of Excellent*) Fakultas Teknik Untirta menggunakan alat *press* dengan variasi tekanan kompaksi sebesar 0,589 Mpa, 0,789 Mpa, 0,981 Mpa. Dalam penelitian ini, proses kompaksi dilakukan menggunakan metode *cold press single punch*. Pencetakan dilakukan pada suhu ruang dengan waktu penahanan selama 2 jam. Setelah itu, proses kompaksi diteruskan dengan pemberian tekanan untuk mengeluarkan sampel spesimen dari cetakan.

3. Proses Pemanasan

Setelah proses pencampuran bahan dan kompaksi, dilakukan pemanasan untuk meningkatkan kualitas papan partikel. Proses pemanasan ini dilakukan pada suhu 150 °C di dalam *oven* selama 30 menit.

3.3.4 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian pada pengujian fisis dan mekanis ialah sebagai berikut :

1. Pengujian Densitas

- a. Menyiapkan sampel uji komposit papan partikel dengan ukuran (5 x 2,5 x 2) cm.
- b. Mengukur sampel uji komposit papan partikel dengan jangka sorong.
- c. Mencatat data yang didapat lalu menghitung hasil pada densitasnya.

2. Pengujian Pengembangan Tebal

- a. Menyiapkan sampel uji komposit papan partikel dengan ukuran (5 x 2,5 x 2) cm.
- b. Merendam sampel uji komposit papan partikel dengan minyak pada waktu 48 jam.
- c. Mengangkat sampel uji dan mengukur tebal dengan jangka sorong setiap 2 jam, 6 jam dan 12 jam, 24 jam sekali.

3. Pengujian Presentase Penyerapan Minyak

- a. Menyiapkan sampel uji dengan ukuran (5 x 2,5 x 2) cm .
- b. Merendam sampel uji komposit papan partikel di dalam minyak pada suhu ruang dengan selama 48 jam.
- c. Mengangkat sampel uji komposit papan partikel dan mengukur massanya dengan timbangan digital.
- d. Mencatat data yang didapat dan menghitung hasil serapan minyaknya.

4. Pengujian Kekerasan

- a. Menyiapkan sampel uji komposit papan partikel dengan ukuran (5 x 2,5 x 2) cm .
- b. Memilih indentor dan pembebanan sesuai dengan skala yang diinginkan.

- c. Menekankan identor dengan benda uji dalam tegak lurus terhadap permukaan dan melakukan penekanan selama 30 sekon.
- d. Mengukur diameter lekukan.

5. Pengujian Lentur

- a. Menyiapkan sampel uji komposit papan partikel dengan ukuran (8 x 1,5 x 0,5) cm.
- b. Meletakkan sampel uji komposit papan partikel pada alat uji bending.
- c. Meletakkan beban pada pusat spesimen dengan kecepatan yang konstan.
- d. Mencatat hasil pada uji bending.

6. Pengamatan Morfologi Permukaan

- a. Menyiapkan sampel uji dengan ukuran (1 x 1 x 1) cm.
- b. Meletakkan sampel uji pada holder mesin uji mikroskop.
- c. Mengatur posisinya agar mendapat pencahayaan yang sesuai.
- d. Meletakkan sampel uji di bawah lensa mikroskop dan mengatur posisinya.
- e. Mengamati dan menganalisa pada sampel uji morfologi permukaan.

3.4 Kodefikasi Sampel

Berikut ini adalah Tabel kodefikasi sampel pada papan partikel komposit serat kulit jagung dan kayu sengon sebagai berikut.

Tabel 3.1 Kodefikasi Sampel

Kode Sampel	Tekanan
S1	0,589 Mpa
S2	0,789 Mpa
S3	0,981 Mpa

BAB IV

DATA DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Fisis

Ada beberapa pengujian sifat fisis yang merupakan parameter utama dalam menilai sifat kualitas papan partikel karena berhubungan dengan faktor dimensi. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian densitas, pengembangan tebal, dan persentase penyerapan minyak. Hasil dari tes tersebut adalah parameter yang digunakan untuk mengukur ketahanan papan terhadap penyusutan dan ekspansi dari perubahan lingkungan tertentu misal kelembaban dan tekanan. Berikut adalah pengujian sifat fisis papan partikel yang dibuat dari serat kulit jagung dan kayu sengon.

4.1.1 Pengujian Densitas

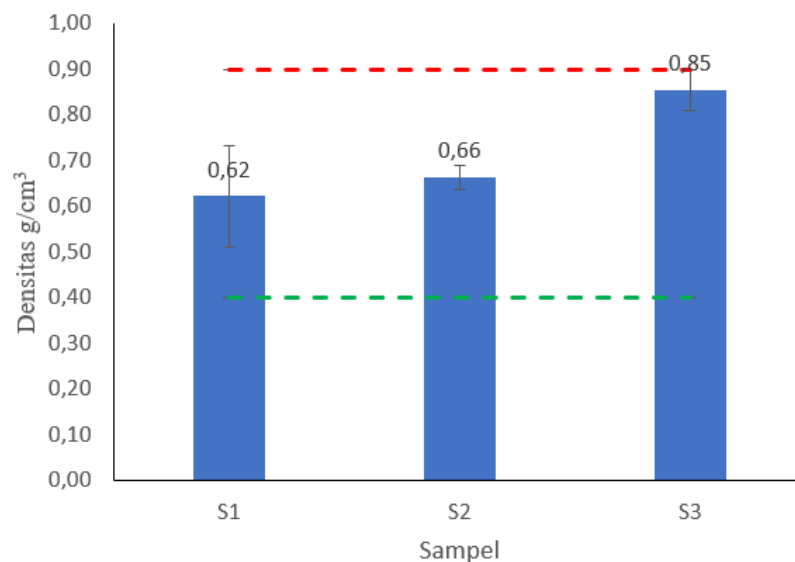
Hasil pengujian densitas pada papan komposit yang menggunakan serat kulit jagung dan kayu sengon sebagai bahan serta resin epoksi dan PVAc sebagai matriks ditampilkan secara lengkap pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Data Densitas

Kode Sampel		Densitas					SNI 03-2105-2006 (g/cm³)
		Massa	Volume	Hasil	Rata-Rata	Deviasi Standar	
S1	S1.1	22,1	23,07	0,61	0,62	0,032	0,4 – 0,9
	S1.2	21,5	25,74	0,66			
	S1.3	20,5	26,95	0,6			
S2	S2.1	17,2	24,74	0,7	0,66	0,034	
	S2.2	16,9	26,24	0,64			
	S2.3	15,6	24,34	0,64			
S3	S3.1	16,2	26,76	0,96	0,85	0,101	
	S3.2	15,3	23,17	0,84			
	S3.3	14,5	24,09	0,76			

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, material komposit yang terbuat dari campuran kulit jagung dan kayu sengon dengan matriks epoksi dan PVAc menunjukkan nilai densitas ideal sesuai standar SNI 03-2105-2006, yaitu

antara 0,4 hingga 0,9 g/cm³. Tekanan kompaksi S3 memberikan hasil densitas tertinggi, yaitu mencapai 0,85 g/cm³, mendekati batas maksimum yang ditentukan oleh standar tersebut. Dengan demikian, material ini paling cocok diaplikasikan sebagai papan partikel. Standar SNI 03-2105-2006 sendiri bertujuan memastikan bahwa material komposit memiliki densitas yang optimal agar dapat digunakan secara efektif dalam kehidupan sehari-hari, khususnya pada furnitur yang sering terpapar kelembapan tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Wulandari [34] bahwa komposit yang memanfaatkan limbah pertanian seperti kulit jagung dan kayu sengon memiliki sifat mekanik yang cukup baik untuk pembuatan furnitur, asalkan densitasnya berada dalam standar yang ditetapkan. Selain itu, komposit yang dibuat dengan tekanan lebih rendah yaitu S1 (0,62 g/cm³) dan S2 (0,66 g/cm³) juga tetap memenuhi syarat SNI, sehingga masih bisa digunakan untuk papan partikel



Gambar 4.1 Densitas

Berdasarkan dari Gambar 4.1 hasil pengujian densitas yang ditampilkan, terlihat bahwa densitas dari ketiga sampel yaitu S1, S2, dan S3 semuanya memenuhi standar SNI 03-2105-2006, yaitu antara 0,4 hingga 0,9 g/cm³. Nilai densitas tertinggi diperoleh oleh sampel S3 sebesar 0,85 g/cm³, mendekati batas maksimal standar tersebut. Sementara itu, sampel dengan tekanan kompaksi S1 memiliki nilai densitas sebesar 0,62 g/cm³, berada pada posisi tengah dari rentang ideal SNI 03-

2105-2006. Untuk sampel dengan tekanan kompaksi S2 diperoleh nilai densitas sebesar 0,66 g/cm³, sedikit lebih rendah dibandingkan sampel S1 namun tetap berada dalam kisaran ideal menurut Standar SNI 03-2105-2006. Standar SNI 03-2105-2006 digunakan sebagai acuan untuk memastikan bahwa material komposit memiliki densitas optimal agar mampu menunjang penggunaan secara efektif dan aman, terutama dalam aplikasi furnitur atau perkakas rumah tangga. Berdasarkan Gambar 4.1, S1 memiliki densitas 0,62 g/cm³, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan S2 dengan densitas 0,66 g/cm³, dan S3 dengan densitas 0,85 g/cm³. Dengan demikian, meskipun S3 diberikan tekanan tertinggi, densitas yang dihasilkan lebih rendah daripada S1. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan yang lebih tinggi pada S2 dan S3 tidak menghasilkan densitas yang lebih tinggi, melainkan densitas lebih rendah dibandingkan dengan S1. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa densitas tertinggi ditemukan pada S1 (0,589 MPa), sementara S2 (0,789 MPa) dan S3 (0,981 MPa) memiliki densitas yang lebih rendah.

4.1.2 Pengembangan Tebal

Pada Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengembangan tebal spesimen komposit serat kulit jagung dan kayu sengon yang diuji pada berbagai tekanan kompaksi dengan pengembangan tebal. Data ini memberikan gambaran mengenai pengaruh tekanan kompaksi terhadap perubahan dimensi material setelah perendaman dalam minyak, yang dapat mempengaruhi sifat mekanis dan ketahanan bahan.

Tabel 4.2 Pengembangan Tebal

Kode Sampel	Pengembangan Tebal					SNI 03-2105-2006 (g/cm ³)
	T2 (mm)	T1 (mm)	Hasil (mm)	Rata-Rata (%)	Deviasi Standar	
S1	S1.1	21,9	18,1	21	20,8	1,01
	S1.2	21,73	18,15	19,7		
	S1.3	22,34	18,35	21,7		
S2	S2.1	21,64	18,35	17,9	17,2	0,78
	S2.2	21,33	18,3	16,6		
	S2.3	20,3	17,35	17		
S3	S3.1	19,75	17,25	14,5	14,5	1,03
	S3.2	19,5	17,2	13,4		
	S3.3	19,98	17,3	15,5		

Berdasarkan Tabel 4.2 pengembangan tebal nilai S1 adalah nilai tertinggi yaitu sebesar 20,8%, S2 sebesar 17,2%, dan S3 sebesar 14,5%. Secara umum, terlihat bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi, nilai pengembangan tebalnya semakin rendah. Namun, nilai pengembangan yang didapat masih cukup tinggi dan jauh di atas nilai ideal menurut SNI 03-2105-2006, yaitu sekitar 12–15%.

Salah satu faktor utama yang menyebabkan tingginya nilai pengembangan tebal tersebut adalah adanya berupa kebocoran pada alat kompaksi yang digunakan selama penelitian. Kebocoran tersebut menyebabkan tekanan yang diberikan tidak stabil dan sering mengalami penurunan drastis, contohnya ketika tekanan alat sudah mencapai S3, tekanan tersebut langsung turun kembali hingga mendekati 0 bar dalam waktu singkat. Hal ini membuat proses pengepresan menjadi tidak efektif karena harus terus-menerus dipompa ulang agar mencapai tekanan yang diinginkan, sehingga sulit mempertahankan tekanan stabil dalam waktu yang cukup lama.

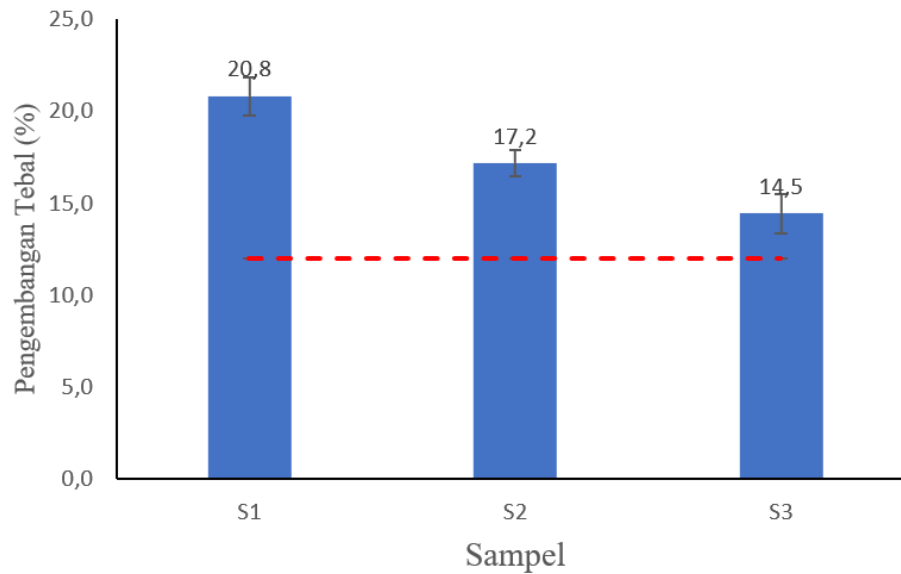
Kondisi ini menyebabkan material tidak terkompaksi secara maksimal, sehingga tercipta ruang atau celah antar-partikel yang lebih besar. Ruang tersebut kemudian memudahkan minyak untuk masuk dan terserap lebih dalam, mengakibatkan material mengalami ekspansi atau pengembangan tebal yang tinggi. Selain itu, kebocoran tekanan ini juga menyebabkan hasil kompaksi tidak seragam antar spesimen, menghasilkan ketidakstabilan dimensi secara umum.

Tabel 4.3 Presentase Pengembangan Tebal

No	Selisih Jam							
	0	2	4	6	12	24	36	48
S1	0,0%	4,8%	7,5%	10,7%	15,3%	20,8%	27,7%	36,3%
S2	0,0%	4,5%	6,0%	8,7%	12,4%	17,2%	23,0%	30,5%
S3	0,0%	4,1%	5,2%	7,2%	10,2%	14,5%	19,5%	26,9%

Berdasarkan data Tabel 4.3 pengujian pengembangan tebal komposit kulit jagung dan kayu sengon dengan matriks epoksi serta PVAc pada metode perendaman minyak selama 24 jam, terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman, maka persentase pengembangan tebal material semakin meningkat. Sampel S1 mengalami kenaikan yang paling signifikan, yaitu mulai dari 0% pada awal perendaman hingga mencapai 20,8% setelah 24 jam. Untuk sampel S2, pengembangan tebalnya sedikit lebih rendah dibandingkan S1, yaitu mencapai 17,2% dalam waktu yang sama. Sedangkan sampel S3 menunjukkan

pengembangan terendah yaitu sebesar 14,5%, yang menandakan bahwa tekanan kompaksi yang lebih tinggi efektif meningkatkan stabilitas dimensi komposit.



Gambar 4.2 Pengembangan Tebal

Pada Gambar 4.2 pengembangan tebal menunjukkan bahwa persentase pengembangan pada sampel S1 adalah yang tertinggi, yaitu mencapai 20,8%, disusul oleh S2 dengan 17,2%, dan terendah adalah S3 sebesar 14,5%. Garis merah putus-putus pada grafik tersebut menggambarkan standar maksimal pengembangan tebal menurut SNI 03-2105-2006, yaitu sekitar 12–15%, yang berarti semua sampel dalam penelitian ini masih berada jauh di atas batas ideal. Sampel S1 memiliki nilai pengembangan paling tinggi karena tekanan kompaksi yang rendah S1 menyebabkan kepadatan antar-partikel lebih rendah, sehingga cairan (minyak) lebih mudah masuk dan menyebabkan ekspansi yang lebih besar. Sampel S2 menunjukkan perbaikan dengan pengembangan tebal yang lebih rendah dibandingkan S1, karena tekanan kompaksi yang lebih tinggi S2 mulai mengurangi ruang antar-partikel, meskipun masih belum optimal. Sampel S3 memiliki pengembangan paling rendah karena penggunaan tekanan tertinggi S3 membuat partikel semakin rapat, sehingga minyak lebih sulit meresap ke dalam struktur material.

Dari segi sifat materialnya, komposit berbasis kulit jagung dan kayu sengon memang secara alami memiliki karakteristik elastis yang cenderung ulet, bukan getas. Elastisitas ini membuat material mampu menyerap energi dan cairan dengan lebih mudah, sehingga rentan terhadap perubahan dimensi ketika direndam. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas produk komposit ini agar memenuhi standar SNI 03-2105-2006, diperlukan perbaikan pada proses pembuatan terutama perbaikan alat kompaksi agar tekanan yang diberikan bisa stabil dan maksimal.

4.1.3 Presentase Penyerapan Minyak

Pada Tabel 4.4 menunjukkan persentase penyerapan minyak pada spesimen komposit serat kulit jagung dan kayu sengon pada berbagai tekanan kompaksi (S1, S2, S3) selama perendaman dalam minyak. Data ini menggambarkan bagaimana tekanan kompaksi mempengaruhi kemampuan material untuk menyerap minyak seiring berjalannya waktu.

Tabel 4.4 Presentase Penyerapan Minyak

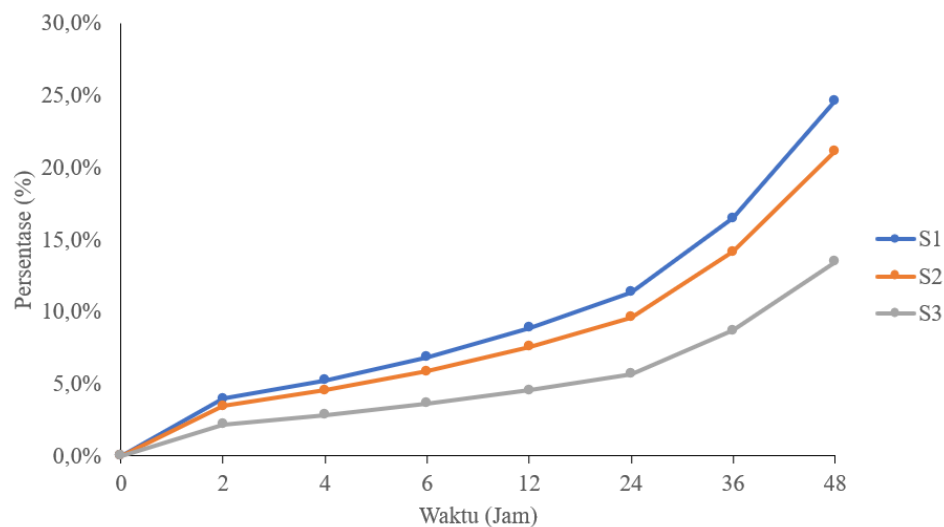
No	Jam							
	0	2	4	6	12	24	36	48
S1	0,0%	4,0%	5,2%	6,8%	8,9%	11,3%	16,5%	24,6%
S2	0,0%	3,5%	4,5%	5,9%	7,6%	9,6%	14,1%	21,1%
S3	0,0%	2,2%	2,8%	3,6%	4,5%	5,7%	8,7%	13,5%

Berdasarkan data presentase penyerapan minyak pada berbagai tekanan kompaksi, yaitu S1, S2, dan S3, dapat dilakukan analisis mengenai pengaruh tekanan kompaksi terhadap daya serap minyak material komposit. Data menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu perendaman, penyerapan minyak juga meningkat untuk setiap variasi tekanan kompaksi. Pada tekanan kompaksi S1, presentase penyerapan minyak mencapai 11,3% pada jam ke-24, sementara S2 dan S3 memiliki penyerapan yang lebih tinggi, masing-masing 9,6% dan 5,7% pada waktu yang sama.

Sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006, pengujian daya serap minyak dilakukan dengan cara mengukur berat spesimen sebelum dan setelah perendaman dalam minyak pada waktu tertentu. Penurunan daya serap minyak pada tekanan kompaksi yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh kompaksi material yang lebih padat, sehingga lebih sulit bagi minyak untuk masuk ke dalam struktur komposit. Dengan demikian, penyerapan minyak cenderung lebih rendah pada tekanan

kompaksi yang lebih tinggi. Hal ini konsisten dengan prinsip dalam SNI 03-2105-2006 yang menyatakan bahwa tekanan kompaksi yang lebih tinggi akan meningkatkan kepadatan material dan mengurangi ruang pori-pori yang dapat menyerap cairan.

Pada data yang diperoleh, penyerapan minyak pada tekanan kompaksi S1 relatif lebih cepat dibandingkan dengan S2 dan S3. Hal ini bisa menunjukkan bahwa pada tekanan kompaksi yang lebih rendah, porositas material lebih terbuka, memungkinkan minyak untuk masuk lebih cepat. Sebaliknya, pada S3, walaupun lebih padat, proses penyerapan minyak lebih lambat, yang menandakan bahwa sifat fisik material sangat dipengaruhi oleh tekanan kompaksi yang diterapkan.



Gambar 4.3 Grafik Presentase Penyerapan Minyak

Secara keseluruhan, data pada Gambar 4.3 Presentase penyerapan minyak menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi, semakin lambat penyerapan minyak, yang dapat diinterpretasikan bahwa komposit dengan kepadatan lebih tinggi cenderung memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap penyerapan cairan. Argumen ini didasarkan pada pemahaman yang tercantum dalam SNI 03-2105-2006 mengenai peran porositas dan kepadatan material dalam pengujian penyerapan minyak.

Grafik ini juga menunjukkan bahwa dalam waktu yang lebih lama, perbedaan penyerapan minyak antara ketiga tekanan kompaksi semakin besar. Pada jam ke-24, perbedaan antara S1, S2, dan S3 mencapai lebih dari 1%, yang menegaskan bahwa tekanan kompaksi memiliki pengaruh besar terhadap kecepatan dan jumlah penyerapan minyak. Dengan demikian, untuk aplikasi yang membutuhkan waktu penyerapan cepat dan efektif, material dengan tekanan kompaksi yang lebih rendah bisa lebih disarankan.

Berdasarkan analisis ini, material komposit yang dipadatkan dengan tekanan kompaksi lebih tinggi S3 akan lebih efektif dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap minyak, Penggunaan material dengan tekanan kompaksi tinggi akan memastikan bahwa papan partikel tersebut memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap penyerapan minyak, sehingga mengurangi risiko kerusakan atau penurunan kualitas material seiring berjalannya waktu. Analisis ini menunjukkan bahwa teknik kompaksi dapat dimanfaatkan untuk mengatur sifat daya serap minyak material komposit sesuai kebutuhan aplikasi tertentu, seperti dalam pembuatan bahan yang memerlukan ketahanan terhadap minyak atau bahan cair lainnya. Hasil eksperimen ini dapat digunakan untuk menentukan apakah komposit dengan tekanan kompaksi tinggi akan lebih efektif dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap penyerapan cairan. Dengan demikian, penggunaan standar SNI 03-2105-2006 sangat relevan dalam memberikan panduan yang konsisten dalam mengukur daya serap minyak pada material komposit.

Perbandingan penyerapan minyak oleh komposit kulit jagung & kayu sengon dan penyerapan air oleh komposit pelepah & serat mesokarp pada waktu perendaman selama 24 jam. Data pada penyerapan air komposit pelepah & serat mesokarp dimiliki oleh penelitian oleh orang lain [32]. Berikut ini Tabel 4.5 Perbandingan Presentase Komposit Penyerapan Minyak dan Air 24 Jam.

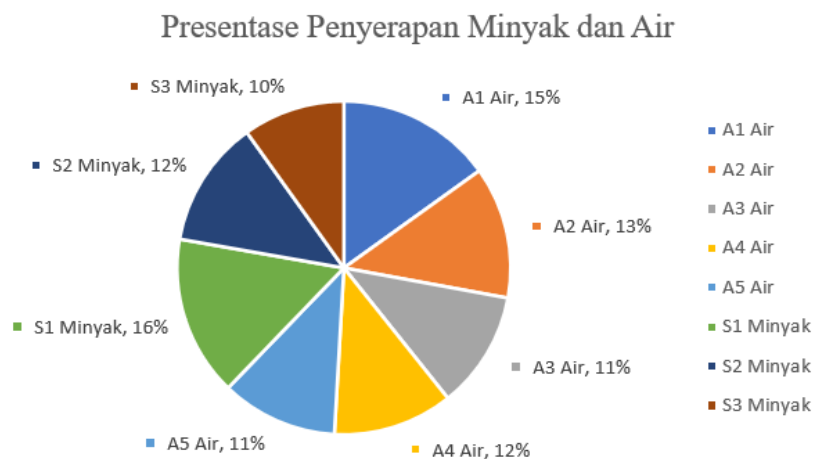
Tabel 4.5 Presentase Komposit Penyerapan Minyak dan Air 24 Jam

Sampel	Kode Sampel	Penyerapan Air				
		Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih (g)	Rata - Rata (g)	Hasil (%)
A1	A1.1	10,17	12,09	1,92	1,85	15,09
	A1.2	10,14	12,00	1,86		
	A1.3	9,63	11,39	1,76		
A2	A2.1	9,58	11,32	1,74	1,57	12,80
	A2.2	9,93	11,30	1,37		
	A2.3	9,77	11,36	1,59		
A3	A3.1	10,77	12,14	1,37	1,39	11,39
	A3.2	10,70	12,04	1,34		
	A3.3	10,89	12,36	1,47		
A4	A4.1	10,38	11,82	1,44	1,42	11,63
	A4.2	10,21	11,64	1,43		
	A4.3	10,71	12,11	1,40		
A5	A5.1	11,05	12,46	1,41	1,38	11,30
	A5.2	11,15	12,57	1,42		
	A5.3	11,25	12,57	1,32		
Sampel	Kode Sampel	Penyerapan Minyak				
		Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih (g)	Rata - Rata (g)	Hasil (%)
S1	S1.1	17,20	19,20	2,00	1,90	15,55
	S1.2	16,90	18,81	1,91		
	S1.3	16,20	18,00	1,80		
S2	S2.1	17,50	19,05	1,55	1,51	12,34
	S2.2	15,30	16,70	1,40		
	S2.3	14,70	16,28	1,58		
S3	S3.1	22,10	23,30	1,20	1,21	9,90
	S3.2	21,50	22,63	1,13		
	S3.3	20,50	21,80	1,30		
		Total			12,24	100%

Berdasarkan hasil uji perendaman selama 24 jam, terlihat bahwa komposit S1 (kulit jagung dan kayu sengon) menunjukkan daya serap minyak tertinggi, yaitu mencapai 15,55% dari berat awal komposit. Ini berarti dalam setiap 100 gram komposit, sekitar 15,55 gram minyak mampu diserap oleh bahan tersebut. Disusul oleh S2 dengan daya serap minyak 12,34%, dan yang terendah adalah S3 dengan 9,90%. Di sisi lain, komposit penyerap air dari bahan pelepah dan serat mesokarp juga menunjukkan daya serap yang cukup tinggi. Sampel A1 mencatat penyerapan air sebesar 15,09%, diikuti oleh A2 sebesar 12,80%, dan A3 sebesar 11,39%.

Jika dibandingkan dari sisi persentase, S1 (penyerap minyak) memiliki daya serap yang sedikit lebih tinggi dibandingkan A1 (penyerap air). Namun secara umum, kelompok penyerap air (A1–A5) menunjukkan hasil penyerapan yang lebih merata dan stabil dibanding kelompok penyerap minyak (S1–S3), yang memiliki selisih antar sampel lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa struktur serat pada pelepah dan mesokarp cenderung lebih konsisten dalam menyerap air. Sementara itu, komposit dari kulit jagung dan kayu sengon memiliki sifat selektif terhadap minyak, terutama pada sampel S1 yang menunjukkan performa penyerapan tertinggi.

Dari temuan ini dapat disimpulkan bahwa baik penyerap minyak maupun air sama-sama efektif, tergantung dari jenis material dan tujuan penggunaannya. Jika tujuan utamanya adalah menyerap minyak dalam jumlah besar, maka komposit seperti S1 sangat direkomendasikan. Namun, untuk aplikasi yang lebih membutuhkan daya serap terhadap air secara konsisten, maka komposit A1 dan A2 dapat menjadi pilihan utama. Perbedaan ini menunjukkan pentingnya pemilihan bahan baku dalam pembuatan komposit sesuai dengan karakteristik cairan yang akan diserap. Namun pada Gambar 4.4 menampilkan diagram lingkaran presentase dari penyerapan minyak & air ialah berikut ini.



Gambar 4.4 Presentase Penyerapan Minyak dan Air

Berdasarkan diagram lingkaran yang menunjukkan persentase penyerapan minyak dan air terhadap berat awal komposit, diketahui bahwa sampel S1 memiliki

persentase penyerapan minyak tertinggi, yaitu sebesar 16%. Ini berarti komposit S1 (berbahan kulit jagung dan kayu sengon) mampu menyerap minyak sebanyak 16% dari berat awalnya, menjadikannya sebagai material paling efektif dalam kelompok penyerap minyak. Di sisi lain, sampel A1 sebagai komposit penyerap air (berbahan pelepah dan serat mesokarp) mencatat persentase penyerapan tertinggi sebesar 15%. Angka ini menunjukkan bahwa A1 hampir setara kemampuannya dengan S1 dalam menyerap cairan, meskipun jenis cairannya berbeda.

Sampel lainnya dalam kelompok air, seperti A2, A4, dan A5, menunjukkan penyerapan yang cukup baik di kisaran 11–13%, sedangkan A3 memiliki persentase paling rendah sebesar 11%. Untuk kelompok penyerap minyak, S2 menyerap sebesar 12%, dan S3 paling rendah dengan 10%. Jika dibandingkan, rata-rata penyerapan air cenderung lebih stabil antar sampel, sedangkan penyerapan minyak memiliki variasi yang lebih besar antar kelompok.

Data ini menunjukkan bahwa komposit dari kulit jagung dan sengon (S1) sangat efektif dalam menyerap minyak, bahkan melebihi beberapa komposit penyerap air. Namun, penyerap air seperti A1 dan A2 tetap menunjukkan kinerja yang tinggi dan konsisten. Perbedaan performa ini dipengaruhi oleh jenis serat, struktur pori, dan ikatan antar partikel dalam bahan komposit tersebut. Kesimpulannya, baik komposit penyerap minyak maupun air sama-sama memiliki potensi tinggi, tergantung pada kebutuhan aplikatifnya. Untuk penyerap minyak terbaik, S1 adalah pilihan unggul, sedangkan untuk penyerap air, A1 dan A2 menjadi alternatif yang layak.

4.2 Pengujian Sifat Mekanis

Dalam penelitian ini, dilakukan beberapa pengujian fisis, yaitu pengujian penyerapan minyak, pengembangan tebal, serta pengujian sifat mekanis untuk mengevaluasi kinerja komposit serat kulit jagung dan kayu sengon. Pengujian sifat mekanis meliputi uji kekerasan menggunakan Durometer Shore D, yang mengukur ketahanan material terhadap deformasi permanen; *modulus of elasticity* (MOE), yang mengukur kekakuan material saat diberi beban; dan *modulus of rupture* (MOR), yang mengukur kekuatan material sebelum patah. Ketiga pengujian ini

memberikan informasi penting mengenai daya tahan dan ketangguhan material dalam kondisi beban dan tekanan yang berbeda.

4.2.1 Uji Kekerasan

Uji kekerasan pada penelitian ini dilakukan menggunakan Durometer Shore D, yang mengacu pada standar ASTM D2240. Durometer Shore D adalah alat ukur yang digunakan untuk menentukan kekerasan material, terutama pada material keras seperti plastik dan karet keras. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi permanen saat diberikan tekanan. Dalam penelitian ini, Durometer Shore D digunakan untuk mengukur kekerasan komposit serat kulit jagung dan kayu sengon. Menurut ASTM D2240, uji kekerasan Shore D dilakukan dengan menekan penunjuk pada permukaan material dan mengukur kedalaman penekanan yang terjadi. Hasil dari uji kekerasan ini memberikan informasi mengenai ketahanan material terhadap deformasi dan daya tahan material dalam aplikasi yang memerlukan kekerasan yang lebih tinggi.

Tabel 4.6 Uji Kekerasan Sebelum Perendaman 12 Jam

Sampel	Kode Sampel	Nilai Kekerasan	
		(Shore D)	Rata Rata (Shore D)
S1	S1.1	21,10	21,68
	S1.2	20,55	
	S1.3	23,40	
S2	S2.1	23,80	26,33
	S2.2	25,50	
	S2.2	29,70	
S3	S3.1	33,40	31,33
	S3.2	30,80	
	S3.3	29,50	

Hasil pengujian kekerasan Shore D pada komposit serat kulit jagung dan kayu sengon pada sebelum perendaman 12 jam menunjukkan bahwa kekerasan material meningkat seiring dengan peningkatan tekanan kompaksi. Pada tekanan kompaksi S1 (0,589 mpa), nilai kekerasan rata-rata tercatat 21,68 Shore D, pada S2 (0,789 mpa) tercatat 26,33 Shore D, dan pada S3 (0,981 mpa) mencapai 31,33 Shore D. Peningkatan kekerasan ini menunjukkan bahwa tekanan kompaksi yang lebih tinggi menyebabkan material menjadi lebih padat dan lebih keras. Hal ini sejalan

dengan prinsip dasar pengujian Shore D, di mana material yang lebih padat akan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap penetrasi oleh indenter. Namun hasil pada sesudah perendam 12 jam cukup berbeda hasil nya pada Tabel 4.7.

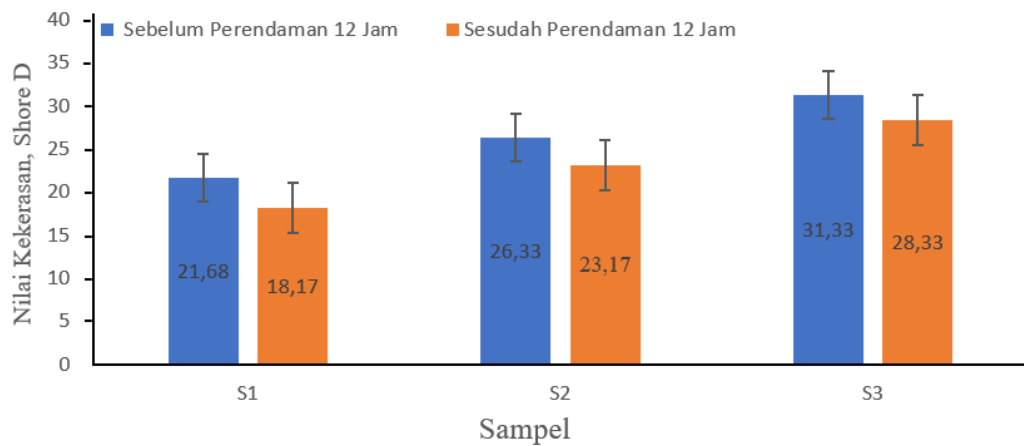
Tabel 4.7 Uji Kekerasan Sesudah Perendaman 12 Jam

Sampel	Kode Sampel	Nilai Kekerasan	
		(Shore D)	Rata Rata (Shore D)
S1	S1.1	17,00	18,17
	S1.2	18,00	
	S1.3	19,50	
S2	S2.1	20,00	23,17
	S2.2	24,50	
	S2.2	25,00	
S3	S3.1	27,50	28,33
	S3.2	28,00	
	S3.3	29,50	

Hasil pengujian kekerasan Shore D pada Tabel 4.6 komposit serat kulit jagung dan kayu sengon sesudah perendaman 12 jam menunjukkan bahwa kekerasan material meningkat seiring dengan peningkatan tekanan kompaksi. Pada tekanan kompaksi S1 (0,589 mpa), nilai kekerasan rata-rata tercatat 18,17 Shore D, pada S2 (0,789 mpa) tercatat 23,17 Shore D, dan pada S3 (0,981 mpa) mencapai 28,33 Shore D. Peningkatan kekerasan ini menunjukkan bahwa tekanan kompaksi yang lebih tinggi menyebabkan material menjadi lebih padat dan lebih keras. Hal ini sejalan dengan prinsip dasar pengujian Shore D, di mana material yang lebih padat akan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap penetrasi oleh indenter.

Namun, perlu diketahui bahwa hasil pengujian ini dipengaruhi oleh faktor ketidakstabilan tekanan kompaksi pada alat uji. Selama pengujian, terlihat bahwa tekanan pada dial indikator menurun dengan sangat cepat setelah penekanan pertama, yang berarti tekanan kompaksi tidak selalu terjaga secara konstan selama proses pengujian. Ketidakstabilan tekanan ini menyebabkan beberapa bagian dari sampel tidak terkompresi dengan baik, sehingga menyebabkan ruang kosong yang tidak tertekan. Akibatnya, hasil kekerasan yang terukur mungkin lebih rendah dari nilai yang seharusnya jika tekanan kompaksi dapat dijaga lebih konsisten. Menurut ASTM D2240, pengujian Shore D harus dilakukan dengan memastikan bahwa tekanan yang diberikan pada material stabil dan konstan selama pengujian.

Perubahan tekanan yang cepat dapat menyebabkan hasil pengujian yang tidak akurat dan mengarah pada kesalahan pengukuran. Hal ini menggaris bawahi pentingnya menggunakan alat uji yang terkalibrasi dengan baik dan menjaga kestabilan tekanan untuk mendapatkan hasil yang dapat diandalkan.



Gambar 4.5 Hasil Uji Kekerasan

Pada Gambar 4.5 Berdasarkan grafik yang diberikan, hasil uji kekerasan menggunakan durometer Shore D menunjukkan perbedaan yang signifikan antara nilai kekerasan sebelum dan sesudah perendaman 12 jam pada masing-masing sampel. Pada S1, nilai kekerasan sebelum perendaman adalah 21,68 *Shore D* dan setelah perendaman turun menjadi 18,17 *Shore D*, menunjukkan penurunan yang cukup signifikan. Begitu juga pada S2, nilai kekerasan sebelum perendaman adalah 26,33 *Shore D* dan setelah perendaman menjadi 23,17 *Shore D*, yang juga menunjukkan penurunan meskipun tidak terlalu drastis.

Sementara itu, pada S3, meskipun terjadi penurunan, nilai kekerasan tetap relatif tinggi. Sebelum perendaman, nilai kekerasan adalah 31,33 *Shore D*, sementara setelah perendaman menjadi 28,33 *Shore D*. Penurunan ini lebih kecil dibandingkan dengan sampel lainnya, namun tetap menunjukkan adanya pengaruh perendaman terhadap sifat kekerasan material.

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa perendaman selama 12 jam mengurangi kekerasan material pada ketiga sampel yang diuji. Meskipun demikian, semua nilai kekerasan setelah perendaman masih cukup tinggi dan menunjukkan bahwa bahan tersebut tetap memiliki ketahanan yang baik meskipun ada penurunan kualitas kekerasan setelah perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa perendaman tidak sepenuhnya merusak sifat kekerasan bahan.

4.2.2 Hasil Pengujian *Modulus of Elasticity*

Dalam melakukan pengujian sifat mekanis terdapat hasil *modulus of elasticity*. beserta standar deviasi, berikut ini adalah hasil dari pengujian sifat mekanis *modulus of elasticity* dari sebelum perendaman 12 jam sampai dengan sesudah perendaman 12jam.

Tabel 4.8 *Modulus of Elasticity* Sebelum perendaman 12 jam

No	<i>Modulus of Elasticity</i> (MOE)					Rata-Rata	Standar Deviasi
	L (cm)	B (cm)	h (cm)	m (kgf/cm ²)	Hasil		
S1	S1.1	8	1,485	0,56	0,66	316,75	245,51
	S1.2	8	1,35	0,57	0,40	198,35	
	S1.3	8	1,46	0,54	0,40	221,43	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	0,78	343,43	237,13
	S2.2	8	1,44	0,59	0,52	225,06	
	S2.3	8	1,46	0,61	0,37	142,91	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	0,88	505,24	323,63
	S3.2	8	1,53	0,55	0,45	220,22	
	S3.3	8	1,38	0,57	0,49	245,42	

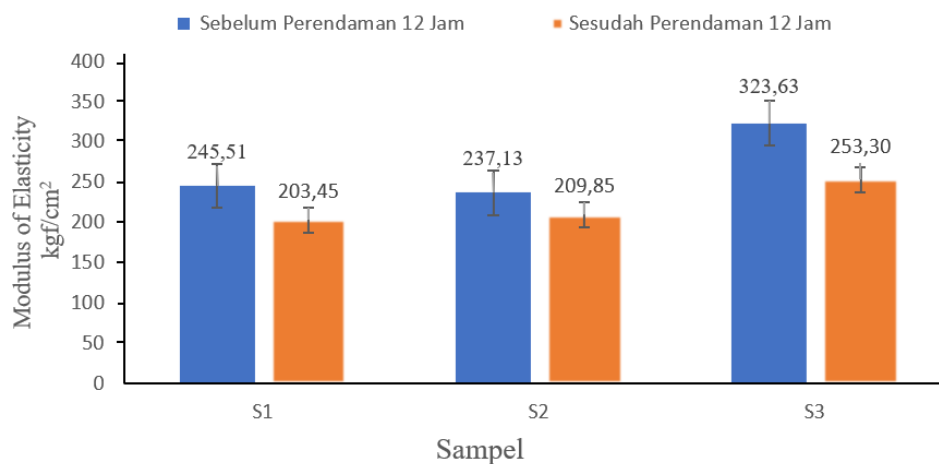
Hasil pengujian *modulus of elasticity* (MOE) pada material komposit serat kulit jagung dan kayu sengon menunjukkan variasi nilai yang dipengaruhi oleh tekanan kompaksi yang diterapkan. Pada tekanan kompaksi S1, nilai MOE tercatat sebesar 245,51 kgf/cm², pada S2 sebesar 237,13 kgf/cm², dan pada S3 mencapai 323,63 kgf/cm². Data ini mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan kompaksi berkontribusi pada peningkatan kekakuan material, yang berarti material menjadi lebih kaku dan mampu menahan deformasi elastis lebih besar sebelum mengalami perubahan bentuk permanen. Namun berikut ini pada tabel Tabel 4.7 adalah nilai hasil *modulus of elasticity* sesudah perendaman 12 jam dengan nilai S1 ialah 203,45

kgf/cm² , S2 sebesar 209,85 kgf/cm² dan nilai S3 sebesar 253,30 kgf/cm². Dibawah ini adalah data *modulus of elasticity* Sesudah perendaman 12 jam

Tabel 4.9 *Modulus of Elasticity* Sesudah Perendaman 12 jam

No	<i>Modulus of Elasticity</i> (MOE)					Rata-Rata	Standar Deviasi
	L (cm)	B (cm)	h (cm)	m (kgf/cm ²)	Hasil		
S1	S1.1	8	1,485	0,565	0,40	191,16	70,71
	S1.2	8	1,35	0,575	0,26	129,67	
	S1.3	8	1,46	0,54	0,52	289,52	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	0,61	268,58	54,83
	S2.2	8	1,44	0,59	0,37	160,14	
	S2.3	8	1,46	0,61	0,52	200,85	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	0,21	120,57	116,45
	S3.2	8	1,53	0,555	0,59	288,73	
	S3.3	8	1,38	0,57	0,70	350,59	

Namun pada data Tabel 4.8 sebelum perendaman 12 jam nilai nya jauh lebih besar dibandingkan pada data Tabel 4.9 sesudah perendaman 12 jam yang berarti kekakuan pada sampel sebelum perendaman 12 jam lebih kaku dibandingkan sesudah perendaman 12 jam namun pada Gambar 4.5 adalah perbandingan dari kedua data sebelum dan sesudah perendaman 12 jam.



Gambar 4.6 Hasil *Modulus of Elasticity*

Dari hasil pengujian MOE pada Gambar 4.6 material komposit serat kulit jagung dan kayu sengon, dapat dilihat bahwa nilai MOE berbeda sebelum perendaman 12 jam dengan sesudah perendaman 12 jam dari data sebelum perendaman 12 jam 245,51 kgf/cm² pada S1, namun pada S2 237,13 kgf/cm² dan S3 mencapai 323,63 kgf/cm², namun data sesudah perendaman 12 jam 203,45 kgf/cm² pada S1, namun pada S2 209,85 kgf/cm² dan S3 mencapai 253,30 kgf/cm². Menurut SNI 2105-03-2006 yang mengatur spesifikasi material untuk aplikasi struktural, MOE yang lebih tinggi diperlukan untuk memastikan ketahanan material terhadap deformasi elastis yang terjadi ketika material terkena beban. Nilai MOE dari data sebelum perendaman 12 jam dan sesudah perendaman 12 jam belum mencapai standar SNI 2105-03-2006. Pada standar MOE pada SNI 2105-03-2006 yaitu Minimal $2,04 \times 10^4$.

Salah satu faktor yang dapat menjelaskan variasi pada nilai MOE ini adalah ketidakstabilan dalam proses kompaksi yang diterapkan selama pengujian. Pengamatan menunjukkan bahwa tekanan kompaksi yang diterapkan pada material tidak selalu konsisten, yang dapat mempengaruhi distribusi kepadatan material dan mempengaruhi kekakuannya. Ketidakstabilan tekanan ini dapat menyebabkan beberapa bagian material tidak terkompresi secara merata, sehingga berpotensi mengurangi kekakuan keseluruhan material. Hal ini tercermin dalam perbedaan nilai MOE yang lebih rendah pada sesudah perendaman 12 jam, yang mungkin menunjukkan ketidaksempurnaan dalam proses kompaksi yang diterapkan. Oleh karena itu, distribusi tekanan yang tidak merata selama pengujian dapat berdampak signifikan pada nilai MOE yang dihasilkan, yang menunjukkan potensi untuk peningkatan kualitas material dengan pengendalian tekanan yang lebih baik.

4.2.3 Hasil Pengujian *Modulus of Rupture*

Dalam melakukan pengujian sifat mekanis terdapat hasil *modulus of rupture*. beserta standar deviasi, berikut ini adalah hasil dari pengujian sifat mekanis *modulus of rupture*.

Tabel 4.10 *Modulus of Rupture* Sebelum Perendaman 12 Jam

No	<i>Modulus of Rupture</i> (MOR)						Standar Deviasi
	L (cm)	b (cm)	h (cm)	P (kgf/cm ²)	Hasil	Rata- Rata	
S1	S1.1	8	1,485	0,57	6,62	167,78	31,23
	S1.2	8	1,35	0,58	3,97	106,92	
	S1.3	8	1,46	0,54	5,30	149,46	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	7,85	187,98	22,65
	S2.2	8	1,44	0,59	6,66	158,67	
	S2.3	8	1,46	0,61	3,77	83,34	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	8,88	262,63	89,14
	S3.2	8	1,53	0,56	3,56	90,88	
	S3.3	8	1,38	0,57	4,99	133,73	

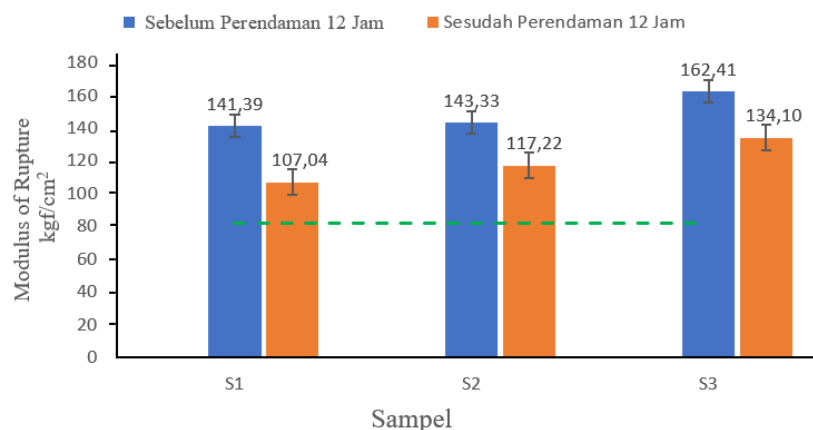
Dari hasil pengujian *modulus of rupture* (MOR) sebelum perendaman 12 jam pada material komposit serat kulit jagung dan kayu sengon menunjukkan nilai yang bervariasi berdasarkan tekanan kompaksi yang diterapkan. Untuk tekanan kompaksi S1, nilai MOR tercatat pada 141,43 kgf/cm², pada S2 sebesar 143,33 kgf/cm², dan pada S3 tercatat 162,41 kgf/cm². Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi yang diterapkan, semakin tinggi pula nilai MOR yang diperoleh. Hal ini menunjukkan peningkatan kepadatan material dan kekuatan material terhadap pembengkokan atau kegagalan akibat beban eksternal, yang konsisten dengan prinsip dasar bahwa material yang lebih padat cenderung memiliki kekuatan yang lebih tinggi.

Namun, meskipun ada peningkatan yang jelas pada nilai MOR dengan peningkatan tekanan kompaksi, nilai MOR yang diperoleh sudah memenuhi standar minimal yang disarankan untuk aplikasi struktural menurut SNI 2105-03-2006. SNI 2105-03-2006 menetapkan bahwa untuk material komposit berbasis kayu atau bahan yang digunakan dalam aplikasi struktural, nilai MOR minimal yang diperlukan harus lebih besar dari 82 MPa untuk memastikan ketahanan terhadap beban dan pembengkokan yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, material komposit serat kulit jagung dan kayu sengon ini sudah memenuhi syarat untuk digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan struktural yang tinggi. Pada Tabel dibawah ini adalah hasil MOR sesudah perendaman 12 jam.

Tabel 4.11 *Modulus of Rupture* Sesudah Perendaman 12 Jam

No	<i>Modulus of Rupture</i> (MOR)					Rata-Rata	Standar Deviasi
	L (cm)	b (cm)	h (cm)	P (kgf/cm ²)	Hasil		
S1	S1.1	8	1,485	0,57	4,07	103,25	107,04
	S1.2	8	1,35	0,58	2,65	71,28	
	S1.3	8	1,46	0,54	5,20	146,58	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	6,11	146,48	117,22
	S2.2	8	1,44	0,59	3,77	90,32	
	S2.3	8	1,46	0,61	5,20	114,87	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	2,14	63,39	134,10
	S3.2	8	1,53	0,56	5,91	150,59	
	S3.3	8	1,38	0,57	7,03	188,31	

Dari hasil pengujian *modulus of rupture* (MOR) sebelum perendaman 12 jam pada material komposit serat kulit jagung dan kayu sengon menunjukkan nilai yang bervariasi berdasarkan tekanan kompaksi yang diterapkan. Untuk tekanan kompaksi S1, nilai MOR tercatat pada 107,04 kgf/cm², pada S2 sebesar 117,22 kgf/cm², dan pada S3 tercatat 134,10 kgf/cm². Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi yang diterapkan, semakin tinggi pula nilai MOR yang diperoleh. Hal ini menunjukkan peningkatan kepadatan material dan kekuatan material terhadap pembengkokan atau kegagalan akibat beban eksternal, yang konsisten dengan prinsip dasar bahwa material yang lebih padat cenderung memiliki kekuatan yang lebih tinggi namun dapat dilihat pada Gambar dibawah ini adalah perbandingan dari hasil MOR sebelum perendaman 12 jam dan sesudah perendaman 12 jam.

**Gambar 4.7** Hasil *Modulus of Rupture*

Berdasarkan Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa nilai *modulus of rupture* (MOR) pada sampel yang diuji menunjukkan perbedaan antara kondisi sebelum dan sesudah perendaman 12 jam. Pada S1, nilai MOR sebelum perendaman adalah 141,39 kgf/cm² dan setelah perendaman turun menjadi 107,04 kgf/cm². Begitu pula pada S2, nilai MOR sebelum perendaman adalah 143,33 kgf/cm² dan setelah perendaman menjadi 117,22 kgf/cm². Sementara pada S3, meskipun terjadi penurunan dari 162,41 kgf/cm² menjadi 134,10 kgf/cm², semua nilai MOR sebelum dan sesudah perendaman masih berada jauh di atas standar SNI 03-2105-2006 yang sebesar 82 kgf/cm².

Penurunan nilai MOR setelah perendaman 12 jam pada ketiga sampel menunjukkan bahwa perendaman dapat mempengaruhi kekuatan bahan, meskipun masih dalam batas yang diterima menurut standar yang berlaku. Meskipun terjadi penurunan, nilai MOR yang tercatat tetap menunjukkan kekuatan yang memadai dan jauh lebih tinggi daripada nilai ambang batas yang ditentukan oleh SNI. Hal ini menunjukkan bahwa bahan yang diuji masih memenuhi kriteria kekuatan yang diperlukan untuk aplikasi praktis, meskipun mengalami penurunan akibat proses perendaman.

Secara keseluruhan, meskipun terjadi penurunan kekuatan pada ketiga sampel setelah perendaman 12 jam, hasil yang diperoleh masih menunjukkan bahwa bahan tersebut dapat digunakan dengan aman dan memenuhi standar kekuatan yang ditetapkan. Dengan kata lain, bahan ini tetap memenuhi persyaratan ketahanan terhadap perendaman minyak.

4.2.4 Hasil Regangan

Hasil regangan merupakan perubahan panjang ketika dilakukan pengujian kekuatan lentur atau ukuran perubahan panjang suatu material ketika dikenakan beban atau tekanan. Regangan menggambarkan sejauh mana panjang suatu material berubah ketika diberikan gaya atau tekanan. berikut ini adalah data regangan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Regangan Sebelum Perendaman 12 Jam

No		Regangan			Rata - Rata
		L ₀ (cm)	ΔL (cm)	Hasil	
S1	S1.1	8	7,18	0,90	1,13
	S1.2	8	9,52	1,19	
	S1.3	8	10,46	1,31	
S2	S2.1	8	11,68	1,46	1,38
	S2.2	8	11,27	1,41	
	S2.3	8	10,24	1,28	
S3	S3.1	8	10,38	1,30	1,30
	S3.2	8	10,44	1,31	
	S3.3	8	10,27	1,28	

Berdasarkan data yang diberikan, kita dapat melihat nilai regangan (perubahan panjang) pada sampel komposit serat kulit jagung dan kayu sengon sebelum perendaman selama 12 jam. Secara umum, nilai regangan untuk sampel S1, S2, dan S3 menunjukkan adanya variasi, namun rata-rata nilai regangan pada setiap kelompok sampel relatif tidak terlalu jauh. Pada S1, nilai regangan berkisar antara 0,90 hingga 1,31, dengan rata-rata sebesar 1,13. Pada S2, nilai regangan sedikit lebih tinggi, berkisar antara 1,28 hingga 1,46, dengan rata-rata 1,38. Sedangkan pada S3, nilai regangan juga berkisar antara 1,28 hingga 1,31, dengan rata-rata 1,30.

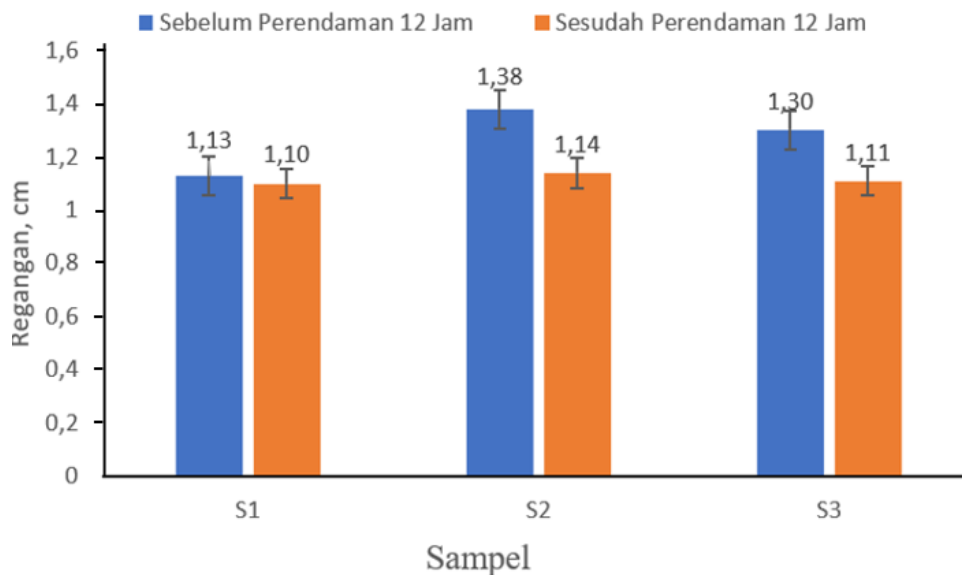
Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa komposit serat kulit jagung dan kayu sengon memiliki kemampuan untuk mengalami perubahan panjang yang relatif konsisten meskipun ada sedikit perbedaan di antara masing-masing sampel. Sampel S2 menunjukkan nilai regangan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan S1 dan S3, yang menunjukkan bahwa material tersebut mungkin lebih fleksibel atau mampu menahan gaya lebih lama sebelum mengalami kerusakan. Meskipun demikian, semua nilai regangan tersebut menunjukkan perubahan panjang yang masih dalam batas yang wajar untuk bahan komposit. Namun dibawah ini adalah data sesudah perendaman 12 jam pada Tabel 4.12

Tabel 4.13 Regangan Sesudah Perendaman 12 Jam

No		Regangan			Rata - Rata
		L_0 (cm)	ΔL (cm)	Hasil	
S1	S1.1	8	9,90	1,24	1,10
	S1.2	8	7,08	0,89	
	S1.3	8	9,38	1,17	
S2	S2.1	8	8,98	1,12	1,14
	S2.2	8	9,75	1,22	
	S2.3	8	8,62	1,08	
S3	S3.1	8	8,73	1,09	1,11
	S3.2	8	8,86	1,11	
	S3.3	8	9,04	1,13	

Berdasarkan Tabel 4.13 yang diberikan, kita dapat melihat nilai regangan (perubahan panjang) pada sampel komposit serat kulit jagung dan kayu sengon setelah perendaman selama 12 jam. Secara umum, nilai regangan untuk sampel S1, S2, dan S3 setelah perendaman menunjukkan adanya sedikit penurunan dibandingkan dengan nilai sebelum perendaman. Pada S1, nilai regangan berkisar antara 0,89 hingga 1,24 dengan rata-rata 1,10. Pada S2, nilai regangan berkisar antara 1,08 hingga 1,22, dengan rata-rata 1,14. Sementara pada S3, nilai regangan berkisar antara 1,09 hingga 1,13, dengan rata-rata 1,11.

Perbandingan dengan data sebelum perendaman menunjukkan bahwa S2 setelah perendaman memiliki nilai regangan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan S1 dan S3, meskipun ada sedikit penurunan pada seluruh sampel. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada penurunan nilai regangan setelah perendaman, material tetap memiliki kemampuan untuk meregang dengan nilai yang cukup tinggi. Secara keseluruhan, penurunan regangan setelah perendaman 12 jam menunjukkan bahwa bahan mengalami sedikit pengurangan dalam elastisitas atau daya tahan terhadap perubahan panjang. Adapun perbandingan pada Gambar 4.8 perbandingan sebelum perendaman 12 jam dengan sesudah perendaman 12 jam.



Gambar 4.8 Hasil Regangan

Berdasarkan Gambar 4.8, dapat dilihat perbandingan nilai regangan (perubahan panjang) pada komposit serat kulit jagung dan kayu sengon sebelum dan sesudah perendaman 12 jam. Pada S1, nilai regangan sebelum perendaman adalah 1,13 cm, sedangkan setelah perendaman sedikit menurun menjadi 1,10 cm. Penurunan serupa juga terlihat pada S2, di mana nilai regangan sebelum perendaman adalah 1,38 cm dan setelah perendaman menurun menjadi 1,14 cm. Pada S3, nilai regangan sebelum perendaman adalah 1,30 cm, dan setelah perendaman menurun menjadi 1,11 cm.

Penurunan nilai regangan setelah perendaman 12 jam menunjukkan bahwa material komposit serat kulit jagung dan kayu sengon mengalami sedikit pengurangan dalam kemampuan untuk meregang setelah diberi beban. Namun, penurunan ini tidak signifikan, dan nilai regangan yang tercatat masih menunjukkan bahwa material tetap memiliki elastisitas yang baik. Secara keseluruhan, meskipun perendaman menyebabkan penurunan regangan, ketiga sampel tetap menunjukkan performa yang relatif baik, dengan nilai regangan yang masih cukup tinggi untuk menunjukkan daya tahan material terhadap gaya atau beban yang diterapkan. Dengan demikian, meskipun ada sedikit penurunan pada regangan setelah perendaman 12 jam, komposit ini masih menunjukkan karakteristik kekuatan yang baik, dan proses perendaman tidak

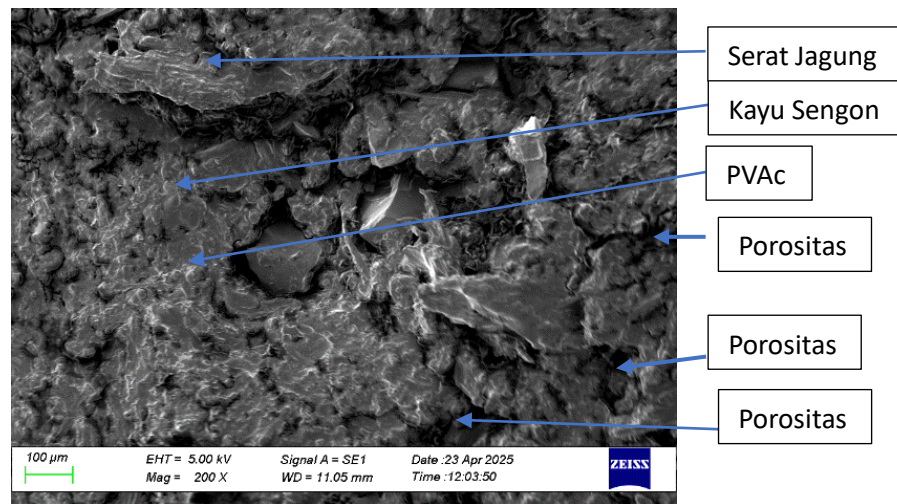
mengurangi kemampuan material secara drastis. Hal ini menandakan bahwa komposit serat kulit jagung dan kayu sengon cukup tahan terhadap pengaruh kelembaban atau proses perendaman.

4.3 Morfologi Permukaan Komposit

Dalam Pengujian morfologi permukaan komposit menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menggunakan variasi 100 bar dengan ukuran 10 x 10 x 10 mm yang dilakukan pengujian adalah bagian permukaan dengan ukuran pembesaran, 200x, namun Hasil pengujian morfologi permukaan sampel S3 pada material komposit papan partikel dengan komposisi 32,5% kayu sengon, 32,5% kulit jagung, 15% resin epoxy, dan 10% PVAc menunjukkan struktur permukaan yang heterogen dan menunjukkan berbagai karakteristik mikroskopis. Pada magnifikasi 200x, tampak bahwa permukaan sampel menunjukkan tekstur kasar dengan butiran-partikel yang tersebar tidak merata. Partikel kayu sengon dan kulit jagung terlihat menyatu dengan matriks resin epoxy dan PVAc, membentuk struktur komposit yang solid meskipun distribusi bahan pengisi dan matriks tidak sepenuhnya homogen.

Selain itu, bagian Gambar 4.9 menunjukkan adanya void (porositas) yang tampak sebagai ruang kosong atau lubang kecil di permukaan material. Void ini mengindikasikan bahwa ada kekosongan di dalam matriks komposit, yang kemungkinan besar disebabkan oleh proses pencampuran atau pemrosesan yang kurang optimal. Kehadiran void dalam komposit dapat mengurangi kekuatan mekanik, seperti ketahanan terhadap tarik dan kompresi, serta menyebabkan penurunan integritas struktural material tersebut. Secara umum, porositas ini dapat berpengaruh pada kualitas material secara keseluruhan, karena adanya ruang kosong yang tidak terisi dapat mengurangi kepadatan dan kestabilan komposit. Meskipun void dan porositas dapat ditemukan, beberapa bagian gambar menunjukkan adanya fasa material yang lebih padat dan memiliki struktur yang lebih terorganisir, menggambarkan interaksi yang lebih baik antara fasa kayu sengon, kulit jagung, dan matriks resin epoxy-PVAc. Penggunaan resin epoxy dan PVAc sebagai matriks kemungkinan besar

berkontribusi pada peningkatan daya ikat antar fasa, meskipun distribusinya masih dapat ditingkatkan.



Gambar 4.9 Morfologi Permukaan Sampel S3

Pada magnifikasi 200x, Gambar 4.8 morfologi permukaan S3 menunjukkan struktur permukaan material komposit yang lebih jelas dengan tampilan yang lebih rinci dibandingkan dengan magnifikasi yang lebih rendah. Struktur permukaan komposit menunjukkan partikel-partikel kecil dan serat organik yang tersebar tidak merata, mencerminkan keberadaan bahan pengisi seperti kayu sengon dan kulit jagung. Terlihat adanya interaksi antara serat kayu sengon dan kulit jagung yang terdistribusi dalam matriks resin epoxy dan PVAc. Secara keseluruhan, fasa material terlihat terstruktur dengan distribusi bahan pengisi yang terlihat lebih terkonsentrasi di beberapa area, namun ada beberapa bagian yang kurang homogen. Beberapa area dalam gambar juga menunjukkan adanya void atau porositas, yang terlihat sebagai ruang kosong atau lubang di permukaan komposit. Kehadiran void ini mengindikasikan adanya ketidaksempurnaan dalam proses pembentukan atau pemrosesan material, kemungkinan besar akibat pencampuran bahan pengisi dan matriks yang tidak sepenuhnya merata. Void ini dapat mengurangi sifat mekanik material, seperti kekuatan tarik, ketahanan terhadap tekanan, dan ketahanan aus. Dalam komposit berbasis bahan biomassa, seperti kayu sengon dan kulit

jagung, keberadaan void adalah hal yang umum, namun harus diminimalisir untuk mencapai performa yang optimal.

Di sisi lain, fasa yang lebih padat dan terstruktur dalam gambar morfologi permukaan sampel S3 menunjukkan bahwa resin epoxy dan PVAc bekerja efektif sebagai matriks pengikat antara serat kayu sengon dan kulit jagung. Meskipun distribusi bahan pengisi tidak sepenuhnya merata, pengikatan antar fasa dalam material ini terlihat cukup kuat, memberikan karakteristik mekanik yang baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan berikut ini adalah kesimpulan yang telah didapatkan sebagai berikut.

1. Densitas, Pengembangan Tebal, dan Penyerapan Minyak Seluruh sampel (S1, S2, dan S3) memenuhi standar densitas SNI 03-2105-2006 ($0,4-0,9 \text{ g/cm}^3$), dengan nilai tertinggi pada S3 ($0,85 \text{ g/cm}^3$). Namun, seluruh sampel melebihi batas maksimal pengembangan tebal yang disyaratkan ($12-15\%$), dengan urutan tertinggi hingga terendah: S1 ($20,8\%$), S2 ($17,2\%$), dan S3 ($14,5\%$). Penyerapan minyak setelah 24 jam menunjukkan bahwa S1 menyerap paling banyak ($11,3\%$), diikuti S2 ($9,6\%$), dan S3 paling rendah ($5,7\%$).
2. Kekerasan, MOE, MOR, dan Regangan Sebelum dan Sesudah Perendaman nilai kekerasan, MOE, dan MOR cenderung menurun setelah perendaman 12 jam. MOE tertinggi sebelum perendaman dicapai oleh S3 ($323,63 \text{ kgf/cm}^2$) dan sesudahnya $253,30 \text{ kgf/cm}^2$. Meski nilai MOE belum memenuhi standar, nilai MOR baik sebelum ($162,41 \text{ kgf/cm}^2$) maupun sesudah perendaman ($134,10 \text{ kgf/cm}^2$) sudah sesuai standar. Regangan juga menurun setelah perendaman, namun material masih menunjukkan ketahanan yang baik terhadap kelembapan. Komposit serat kulit jagung dan kayu sengon terbukti cukup tahan terhadap proses perendaman.
3. Pada pemeriksaan morfologi papan partikel sampel S3 dengan pembesaran 200x, permukaannya tampak kasar dengan butiran partikel yang tersebar tidak rata. Partikel kayu sengon dan kulit jagung menyatu dengan resin epoxy dan PVAc, membentuk struktur komposit yang padat meskipun pencampuran bahan kurang merata. Terlihat adanya porositas dan ketidaksempurnaan pencampuran yang menyebabkan ikatan antar material tidak seragam.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut untuk pengembangan lebih lanjut.

1. Saat membuat papan partikel memperhatikan alat *high pressure* karena jika terdapat kebocoran mempengaruhi hasil papan partikel.
2. Membuat papan partikel dengan variasi berbeda yaitu direndam dengan oli agar dapat membandingkan perbandingan minyak dengan oli
3. Pengujian morofologi permukaan menambahkan EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur unsur-unsur kimia penyusun suatu sampel material secara kualitatif maupun kuantitatif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. a. N. K. U.M. Rohmah, "Degradasi Plastik Oleh Jamur *Aspergillus Terreus* (LM 1021) Pada pH 5 dan 6; Serta Suhu 250C dan 350C," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 2337-3520, 2018.
- [2] Kurniawan, N. A., Setiawan, F., & Sofyan, E., "PENGUJIAN TARIK KOMPOSIT SPESIMEN CAMPURAN SERAT PISANG ALUR DIAGONAL DAN PASIR BESI DENGAN MATRIK RESIN POLYESTER DENGAN METODE HAND LAY-UP," *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 8, no. 2, pp. 281-288, 2022.
- [3] Adoe, Dominggus GH, Defmit BN Riwu, and Yoffial D. Banani, "Pengaruh Waktu Perendaman dan Media Perendaman terhadap Kekuatan Tarik Komposit Open Hole Discontinuous Kulit Buah Kelapa Matriks Polyester," *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, vol. 5, no. 2, pp. 163-167, 2020.
- [4] Maulana, N., "KARAKTERISASI KEKUATAN KOMPOSIT SERAT KULIT JAGUNG DENGAN MATRIKS EPOKSI DAN PVAC TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS," (*Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*), 2024.
- [5] Salman, S., Sayoga, I. M. A., & Maulana, R., "Pengaruh Fraksi Volume Serat Kulit Jagung terhadap Kekuatan Tarik dan Penyerapan Air Komposit Polyurethane.," *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana.*, vol. 7, no. 1, pp. 29-32, 2018.
- [6] L. M. T. H. C. K. N. M. H. & P. R. Setyaningsih, "Karakteristik dan aplikasi selulosa kulit jagung pada pengembangan hidrogel," *Journal of Science and Applicative Technology*, vol. 4, pp. 61-66, 2020.
- [7] Alma Widiyanti, "Cara Membuat Kerajinan Dari Kulit Jagung Yang Mudah Sekali Untuk Ditiru, rumahmesin.com," Rumah Mesin, , Juli 29 2020. [Online]. Available: <https://www.rumahmesin.com/kerajinan-dari-kulit-jagung/>. [Accessed 23 Agustus 2024].
- [8] Rodiawan, R., Suhdi, S., & Rosa, F., "Analisa sifat-sifat serat alam sebagai penguat komposit ditinjau dari kekuatan mekanik," *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 5, no. 1, 2017.
- [9] Jones, R. M, "Mechanics of Composite Material", taylor francis: CRC press, 2018.

- [10] Oroh, J., Sappu, F. P., & Lumintang, R. C, "Analisis sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa," *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, vol. 1, no. 1, 2013.
- [11] H. Ashrith, T. Jeevan and J. Xu, "A Review on the Fabrication and Mechanical Characterization of Fibrous Composites for Engineering Applications," *Journal of Composites Science*, vol. 7, no. 6, p. 252, 2023.
- [12] Fahmi, H., & Arifin, N., "Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Resin Epoxy/Serat Glass Dan Serat Daun Nanas Terhadap Ketangguhan," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 15, no. 2, pp. 84-89, 2014.
- [13] Utama, F. Y., & Zakiyya, H., "Pengaruh variasi arah serat komposit berpenguat hibrida fiberhybrid terhadap kekuatan tarik dan densitas material dalam aplikasi body part mobil. Mekanika,," *Mekanika*, vol. 15, no. 2, 2016.
- [14] Nurmajid, M. F., & Pamungkas, A., "erancangan Mesin Pengaduk Komposit Partikel Sistem Vakum Kapasitas 2 Liter," *In Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 12, pp. 855-861, 2021.
- [15] Astika, I. M., & Sukadana, I. G. K., "Geometri Lubang Pada Glass Fiber Reinforced Polymer Laminate Dipengaruhi Oleh Parameter Proses Gurdi," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, vol. 3, no. 1, pp. 38-42, 2009.
- [16] Idris J, Eyu GD, Mansor AM, Ahmad Z, Chukwuekezie CS, "A Preliminary Study of Biodegradable Waste as Sorbent Material for Oil-Spill Cleanup," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, no. 1, p. 63687, 2014.
- [17] Razavi Z, Mirghaffari N, Rezaei B, "Performance comparison of raw and thermal modified rice husk for decontamination of oil polluted water.," *CLEAN–Soil Air Water*, vol. 43, no. 2, pp. 182-190, 2015.
- [18] Kudaibergenov, K., Ongarbayev, Y., Zulkhair, M., Tulepov, M., & Tileuberdi, Y., "Rice husk ash for oil spill cleanup," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 446, pp. 1508-1511, 2014.
- [19] Mohd Salahuddin, M. B., Noor Emilia Adila, N. A., & Intan Syafinaz, M. A. T., "Investigation on Oil Absorption and Microstructural Properties of Polyethylene Composites Reinforced with Post-agricultural Waste Fillers.," in *In Advances in Material Sciences and Engineering*, Singapore, Springer Singapore., 2020, pp. 343-352.
- [20] S. O. S. K. Irfan Lessy, "Sifat Fisis Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) pada Lahan Agroforestry di Ambon, Maluku," *Jurnal Agrohut*, vol. 9, no. 1, pp. 1-11, 2018.

- [21] Sutarman, I Wayan, "Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu Di Kota Denpasar (Studi Kasus Pada CV Aditya).," *Jurnal PASTI*, vol. 1, pp. 15-22, 2016.
- [22] Beliu, H. N., Pell, Y. M., & Jasron, J. U, "Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri-polyester," *ONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, vol. 3, no. 2, pp. 11-20, 2016.
- [23] Marpaung, J. L., Lumintang, R. C., & Sutrisno, A., "Penerapan metode anova untuk analisis sifat mekanik komposit serabut kelapa," *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [24] ASTM D790-03, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, vol. 12, West Conshohocken: ASTM International, 2003, pp. 101-113..
- [25] ASTM D790-17, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, West Conshohocken: ASTM International, 2017.
- [26] ASTM E8/E8M , Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials, West Conshohocken: ASTM International, 2021.
- [27] Pramudia, M., Prasetyo, T., Yusron, R. M., & Safiudin, M., "Analisa Beban Penekanan Hidrolis Terhadap Kekerasan Komposit Resin Epoksi Berpenguat Serbuk Kulit Jagung dan Fly Ash Menggunakan Metode Compression Molding.," *nfotekmesin*, vol. 15, no. 1, pp. 69-75, 2024.
- [28] N. P. Kim,, "'3D-Printed Conductive Carbon-Infused ThermoplasticPolyurethane,'" *Polymers (Basel)*, vol. 12, p. 1224, 2020.
- [29] Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimyati, A, "Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium," *Jurnal Forum Nuklir*, vol. 9, no. 1, pp. 44-50, 2017.
- [30] Cahyana, A., Marzuki, A., & Cari, C, " Analisa sem (scanning electron microscope) pada kaca tzn yang dikristalkan sebagian," *Prosiding Mathematics and Sciences Forum*, pp. 23-26, 2014.
- [31] Amalia, A. N., Valio, F. A., Haq, H. S., & Kusumah, F. H., "Studi Perbandingan Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Viskositas dan Kandungan Asam Lemak Jenuh Minyak Goreng.," *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 2, no. 7, 2024.
- [32] R. Romadhon, "OPTIMASI PERLAKUAN ALKALI PADA FILLER PELEPAH DAN SERAT MESOKARP KELAPA SAWIT TERHADAP PERFORMA PAPAN PARTIKEL BIODEGRADABLE DENGAN

METODE TAGUCHI-DEAR," *Doctoral dissertation Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 2024.

- [33] Suryati, "Pembuatan dan Karakterisasi Genteng Komposit Polimer dari Campuran Resin Poliester, Aspal, Styrofoam Bekas dan Serat Panjang Ijuk," *Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara*, 2012.
- [34] Nugroho, G. E., ""KarakterisasiKomposit Berpenguat Serat TandanKosong Kelapa Sawit Menggunakan NaOH Dengan Fraksi Volume Serat4%, 6% dan 8%"," *Tugas Akhir, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta*, 2017.
- [35] Marpaung, J. L., Lumintang, R. C., & Sutrisno, A., "Penerapan metode anova untuk analisis sifat mekanik komposit serabut kelapa," *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [36] Syukur, M., & Sembiring, A. D, "Pengaruh Orientasi Serat Sabut Kelapa dengan Resin Polyester terhadap Karakteristik Papan Lembaran," (*Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara*), 2010.
- [37] mayomart, "Tokopedia," mayomart, 2 Agustus 2020. [Online]. Available: <https://www.tokopedia.com/mayosmart/>. [Accessed 23 Agustus 2024].
- [38] Sehati Tools, "Tokopedia," Tokopedia, 29 Agustus 2020. [Online]. Available: <https://www.tokopedia.com/sehatitools/>. [Accessed 23 Agustus 2024].
- [39] DYNATECH, "DYNATECH INTERNATIONAL," Manufaktur, 29 Agustus 2020. [Online]. Available: <https://dynatech-int.com/>. [Accessed 23 Agustus 2024].
- [40] Wincom Company, "Alibaba," Wincom Company, 17 Maret 2020. [Online]. Available: <https://indonesian.alibaba.com/>. [Accessed 23 Agustus 2024].
- [41] Tokotedja, "Tokopedia," Tokotedja, 29 Agustus 2020. [Online]. Available: <https://www.tokopedia.com/tokotedja-1/minyak-bimoli-2-ltr>. [Accessed 23 Agustus 2024].

A. Perhitungan

A.1 Perhitungan Ukuran Sampel Fisis dan Mekanis

a. Ukuran Sampel Fisis

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

Ditanya : V ?

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

b. Ukuran Sampel Mekanis

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

Ditanya : V ?

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

A.2 Perhitungan Kompaksi

Berikut adalah perhitungan kompaksi dalam pembuatan papan partikel yang meliputi beberapa hal sebagai berikut.

Diketahui :

Diameter Torak = 25 mm

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

A_2 (Luas Penampang Kompaksi) = 5000 mm^2

P_1 (Tekanan Hidrolik) = 30 bar

Ditanya : P_K (Tekanan Kompaksi)?

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

$$F = P \times A$$

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

$$A = \frac{P_1 \times A_1}{A_2} = \frac{30 \times 490,874}{5000} = 2,94 \text{ Bar}$$

A.3 Perhitungan Densitas

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan densitas yang meliputi beberapa hal sebagai berikut.

Diketahui :

Massa = 17,2 gram

Volume = 23,02 cm³

Ditanya : Densitas (g/cm³)?

Jawab : $\rho = \frac{m}{v}$

$$\rho = \frac{17,2}{23,06} = 0,75 \text{ g/cm}^3$$

A.4 Perhitungan Pengembangan Tebal

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan yaitu pada variasi kompaksi 0,789 MPA atau S2, pengembangan tebal yang meliputi beberapa hal sebagai berikut.

Diketahui :

T₁ (Tebal Awal) = 18,1 mm

T₂ (Tebal Akhir) = 24,71 mm

Ditanya : Serapan Minyak (%) ?

Jawab : $PT = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \%$

$$\rho = \frac{24,71 - 18,1}{18,1} \times 100\% = 36\%$$

A.5 Perhitungan Presentase Penyerapan Minyak

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan yaitu pada variasi kompaksi 0,789 atau S2, penyerapan minyak yang meliputi beberapa hal sebagai berikut.

Diketahui :

S₁ (Tebal Awal) = 17,2 gram

S₂ (Tebal Akhir) = 24,71 gram

Ditanya : Serapan Minyak (%) ?

Jawab : $SM = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \%$

$$SM = \frac{24,71 - 17,2}{17,2} \times 100\% = 70,1 \%$$

A.6 Perhitungan *Modulus of Rupture*

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan yaitu pada *modulus of rupture*, pengembangan tebal yang meliputi beberapa hal sebagai berikut.

Diketahui :

L (Tekanan) = 8 cm

b (Panjang) = 1,485 cm

h (Tebal) = 0,565 cm

P (Beban Maksimal) = 6,62 kgf/cm²

Ditanya : MOR ?

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

$$MOR = \frac{3 \times 6,62 \times 8}{2 \times 1,485 \times 0,565^2} = 167,78 \text{ kgf/cm}^2$$

A.7 Perhitungan *Modulus of Elasticity*

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan yaitu pada *modulus of elasticity*, pengembangan tebal yang meliputi beberapa hal sebagai berikut.

Diketahui :

L (Tekanan) = 8 cm

b (Panjang) = 1,485 cm

h (Tebal) = 0,565 cm

Load Max (m) = 0,0065 kN = 0,0065 x 1000 = 6,5 N = 0,66 kgf/cm²

Ditanya : MOE ?

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

$$MOE = \frac{8^3 \times 0,66}{4 \times 1,485 \times 0,565^3} = 316,75 \text{ kgf/cm}^2$$

A.8 Perhitungan Nilai Regangan

Berikut ini adalah perhitungan nilai regangan :

Diketahui :

L₀ : 8 cm

ΔL: 718,20 % = 718,20% : 100 = 7,18 cm

Dijawab :

$$\frac{7,18}{8} = 0,90 \text{ cm}$$

A.9 Perhitungan Standar Deviasi

Berikut ini adalah perhitungan Standar Deviasi pada S1 nilai MOR sebelum perendaman :

Diketahui :

Hasil S1 : 167,78

106,92

149,46

Dijawab :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\text{Rata - Rata}_{S1} = \frac{167,78 + 106,92 + 149,46}{3} = 141,39$$

- Kuadrat nilai rata – rata S1

$$(167,78 - 141,39)^2 = 683,07$$

$$(106,92 - 141,39)^2 = 1174,82$$

$$(149,46 - 141,39)^2 = 64,85$$

- Jumlah selisih kuadrat

$$\text{Total S1} = 683,07 + 1174,82 + 64,85 = 1922,74$$

Menghitung Variansi n-1

$$\frac{1922,74}{3 - 1} = \frac{1922,74}{2} = 961,37$$

- Menghitung Standar Deviasi

$$\sqrt{961,37} = 31,23$$

A.10 Perhitungan Presentase Minyak dan Air

Berikut perhitungan presentase minyak dan air sebagai contoh A1 :

Diketahui :

Berat Awal :

$$A_{11} = 10,17$$

$$A_{12} = 10,14$$

$$A_{13} = 9,63$$

Berat Akhir :

$$A_{11} = 12,09$$

$$A_{12} = 12,00$$

$$A_{13} = 11,39$$

Total Penjumlahan Rata Rata A1-A5 dan S1-S5 = 12,24

Hasil A11 = Berat Akhir – Berat Awal

A1 (A11, A12, A13)

$$A_{11} = 12,09 - 10,17 = 1,92$$

$$A_{12} = 12,00 - 10,14 = 1,86$$

$$A_{13} = 11,39 - 9,63 = 1,76$$

$$\text{Rata-rata A1} = \frac{1,92 + 1,86 + 1,76}{3} = 1,85$$

$$\text{Hasil Presentase A1} = \frac{1,85}{12,24} \times 100 = 15,08\%$$

Pengujian Densitas

Data hasil pengujian densitas ialah sebagai berikut.

Kode Sampel		Densitas					SNI 03-2105-2006 (g/cm³)
		Massa	Volume	Hasil	Rata-Rata	Deviasi Standar	
S1	S1.1	22,1	23,07	0,61	0,62	0,032	0,4 – 0,9
	S1.2	21,5	25,74	0,66			
	S1.3	20,5	26,95	0,6			
S2	S2.1	17,2	24,74	0,7	0,66	0,034	
	S2.2	16,9	26,24	0,64			
	S2.3	15,6	24,34	0,64			
S3	S3.1	16,2	26,76	0,96	0,85	0,101	
	S3.2	15,3	23,17	0,84			
	S3.3	14,5	24,09	0,76			

Pengujian Pengembangan Tebal

Data hasil pengujian pengembangan tebal ialah sebagai berikut.

Kode Sampel		Pengembangan Tebal					SNI 03-2105-2006 (g/cm ³)
		T2 (mm)	T1 (mm)	Hasil (mm)	Rata-Rata (%)	Deviasi Standar	
S1	S1.1	21,9	18,1	21	20,8	1,01	<u>≤12%</u>
	S1.2	21,73	18,15	19,7			
	S1.3	22,34	18,35	21,7			
S2	S2.1	21,64	18,35	17,9	17,2	0,78	
	S2.2	21,33	18,3	16,6			
	S2.3	20,3	17,35	17			
S3	S3.1	19,75	17,25	14,5	14,5	1,03	
	S3.2	19,5	17,2	13,4			
	S3.3	19,98	17,3	15,5			

Pengujian Presentase Penyerapan Minyak

Data hasil pengujian presentase penyerapan minyak ialah sebagai berikut.

No	Jam							
	0	2	4	6	12	24	36	48
S1	0,0%	4,0%	5,2%	6,8%	8,9%	11,3%	16,5%	24,6%
S2	0,0%	3,5%	4,5%	5,9%	7,6%	9,6%	14,1%	21,1%
S3	0,0%	2,2%	2,8%	3,6%	4,5%	5,7%	8,7%	13,5%

Presentase Penyerapan Minyak dan Air

Sampel	Kode Sampel	Penyerapan Air				
		Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih (g)	Rata - Rata (g)	Hasil (%)
A1	A1.1	10,17	12,09	1,92	1,85	15,09
	A1.2	10,14	12,00	1,86		
	A1.3	9,63	11,39	1,76		
A2	A2.1	9,58	11,32	1,74	1,57	12,80
	A2.2	9,93	11,30	1,37		
	A2.3	9,77	11,36	1,59		
A3	A3.1	10,77	12,14	1,37	1,39	11,39
	A3.2	10,70	12,04	1,34		
	A3.3	10,89	12,36	1,47		
A4	A4.1	10,38	11,82	1,44	1,42	11,63
	A4.2	10,21	11,64	1,43		
	A4.3	10,71	12,11	1,40		
A5	A5.1	11,05	12,46	1,41	1,38	11,30
	A5.2	11,15	12,57	1,42		
	A5.3	11,25	12,57	1,32		
Sampel	Kode Sampel	Penyerapan Minyak				
		Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih (g)	Rata - Rata (g)	Hasil (%)
S1	S1.1	17,20	19,20	2,00	1,90	15,55
	S1.2	16,90	18,81	1,91		
	S1.3	16,20	18,00	1,80		
S2	S2.1	17,50	19,05	1,55	1,51	12,34
	S2.2	15,30	16,70	1,40		
	S2.3	14,70	16,28	1,58		
S3	S3.1	22,10	23,30	1,20	1,21	9,90
	S3.2	21,50	22,63	1,13		
	S3.3	20,50	21,80	1,30		
		Total			12,24	100%

Pengujian Uji Kekerasan

Data hasil pengujian uji kekerasan sebelum perendaman 12 jam ialah sebagai berikut

Sampel	Kode Sampel	Nilai Kekerasan	
		(<i>Shore D</i>)	Rata Rata (<i>Shore D</i>)
S1	S1.1	21,10	21,68
	S1.2	20,55	
	S1.3	23,40	
S2	S2.1	23,80	26,33
	S2.2	25,50	
	S2.2	29,70	
S3	S3.1	33,40	31,33
	S3.2	30,80	
	S3.3	29,50	

Data hasil pengujian uji kekerasan sebelum perendaman 12 jam ialah sebagai berikut

Sampel	Kode Sampel	Nilai Kekerasan	
		(<i>Shore D</i>)	Rata Rata (<i>Shore D</i>)
S1	S1.1	17,00	18,17
	S1.2	18,00	
	S1.3	19,50	
S2	S2.1	20,00	23,17
	S2.2	24,50	
	S2.2	25,00	
S3	S3.1	27,50	28,33
	S3.2	28,00	
	S3.3	29,50	

Pengujian *Modulus of Elasticity* (MOE)

Data hasil pengujian sebelum perendaman 12 jam *modulus of elasticity* (MOE) ialah sebagai berikut

No		<i>Modulus of Elasticity (MOE)</i>				Rata-Rata	Standar Deviasi
		L (cm)	B (cm)	h (cm)	m (kgf/cm ²)		
S1	S1.1	8	1,485	0,56	0,66	316,75	245,51
	S1.2	8	1,35	0,57	0,40	198,35	
	S1.3	8	1,46	0,54	0,40	221,43	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	0,78	343,43	237,13
	S2.2	8	1,44	0,59	0,52	225,06	
	S2.3	8	1,46	0,61	0,37	142,91	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	0,88	505,24	323,63
	S3.2	8	1,53	0,55	0,45	220,22	
	S3.3	8	1,38	0,57	0,49	245,42	

Data hasil pengujian sesudah perendaman 12 jam *modulus of elasticity* (MOE) ialah sebagai berikut

No		<i>Modulus of Elasticity (MOE)</i>				Rata-Rata	Standar Deviasi
		L (cm)	B (cm)	h (cm)	m (kgf/cm ²)		
S1	S1.1	8	1,485	0,565	0,40	191,16	203,45
	S1.2	8	1,35	0,575	0,26	129,67	
	S1.3	8	1,46	0,54	0,52	289,52	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	0,61	268,58	209,85
	S2.2	8	1,44	0,59	0,37	160,14	
	S2.3	8	1,46	0,61	0,52	200,85	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	0,21	120,57	253,30
	S3.2	8	1,53	0,555	0,59	288,73	
	S3.3	8	1,38	0,57	0,70	350,59	

Pengujian *Modulus of Rupture* (MOR)

Data hasil pengujian sebelum perendaman 12 jam *modulus of rupture* (MOR) ialah sebagai berikut

No	<i>Modulus of Rupture (MOR)</i>						Standar Deviasi
	L (cm)	b (cm)	h (cm)	P (kgf/cm ²)	Hasil	Rata-Rata	
S1	S1.1	8	1,485	0,57	6,62	167,78	31,23
	S1.2	8	1,35	0,58	3,97	106,92	
	S1.3	8	1,46	0,54	5,30	149,46	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	7,85	187,98	22,65
	S2.2	8	1,44	0,59	6,66	158,67	
	S2.3	8	1,46	0,61	3,77	83,34	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	8,88	262,63	89,14
	S3.2	8	1,53	0,56	3,56	90,88	
	S3.3	8	1,38	0,57	4,99	133,73	

Data hasil pengujian Sesudah perendaman 12 jam *modulus of rupture* (MOR) ialah sebagai berikut

No	<i>Modulus of Rupture (MOR)</i>						Standar Deviasi
	L (cm)	b (cm)	h (cm)	P (kgf/cm ²)	Hasil	Rata-Rata	
S1	S1.1	8	1,485	0,57	4,07	103,25	37,85
	S1.2	8	1,35	0,58	2,65	71,28	
	S1.3	8	1,46	0,54	5,20	146,58	
S2	S2.1	8	1,49	0,58	6,11	146,48	28,16
	S2.2	8	1,44	0,59	3,77	90,32	
	S2.3	8	1,46	0,61	5,20	114,87	
S3	S3.1	8	1,34	0,55	2,14	63,39	64,08
	S3.2	8	1,53	0,56	5,91	150,59	
	S3.3	8	1,38	0,57	7,03	188,31	

Nilai Regangan

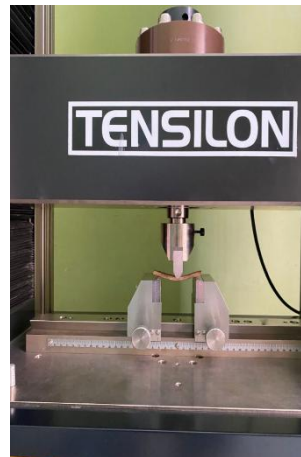
Data regangan sebelum perendaman 12 jam

No		Regangan			
		L_0 (cm)	ΔL (cm)	Hasil	Rata - Rata
S1	S1.1	8	7,18	0,90	1,13
	S1.2	8	9,52	1,19	
	S1.3	8	10,46	1,31	
S2	S2.1	8	11,68	1,46	1,38
	S2.2	8	11,27	1,41	
	S2.3	8	10,24	1,28	
S3	S3.1	8	10,38	1,30	1,30
	S3.2	8	10,44	1,31	
	S3.3	8	10,27	1,28	

Data regangan sesudah perendaman 12 jam

No		Regangan			
		L_0 (cm)	ΔL (cm)	Hasil	Rata - Rata
S1	S1.1	8	9,90	1,24	1,10
	S1.2	8	7,08	0,89	
	S1.3	8	9,38	1,17	
S2	S2.1	8	8,98	1,12	1,14
	S2.2	8	9,75	1,22	
	S2.3	8	8,62	1,08	
S3	S3.1	8	8,73	1,09	1,11
	S3.2	8	8,86	1,11	
	S3.3	8	9,04	1,13	

C. Dokumentasi Kegiatan





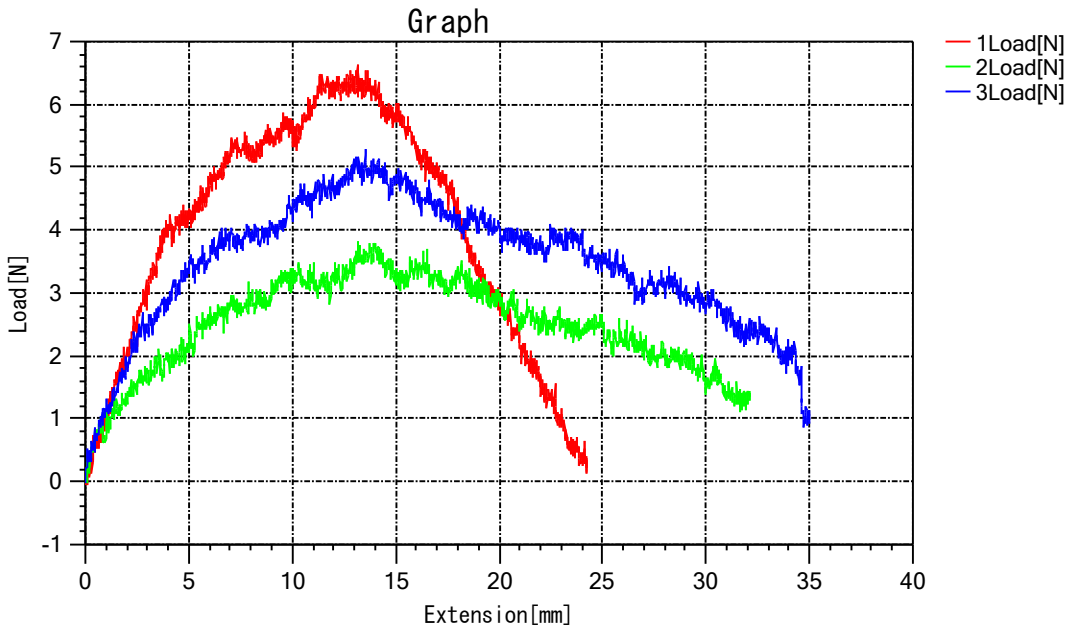
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYAS



Test date	2025/02/26
Temperature	
Humidity	
Sample name	Tekanan 60 Bar
Lot number	3
Operation conditions	
User	AHNAF MARHAM M
Operator	Duta Senopati & Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Down
Distortion mode	3-point bending
Test speed (Si)	2mm/min



	Max point Load kN	Max point Stress kgf/mm2	Break point Stress kgf/mm2	Elastic modulus MPa	Break point Elongation %GL
1	0.0065	0.3993	0.0292	1.8702	718.20
2	0.0039	0.2370	0.0839	0.5378	952.20
3	0.0052	0.3173	0.0602	0.8796	1046.4



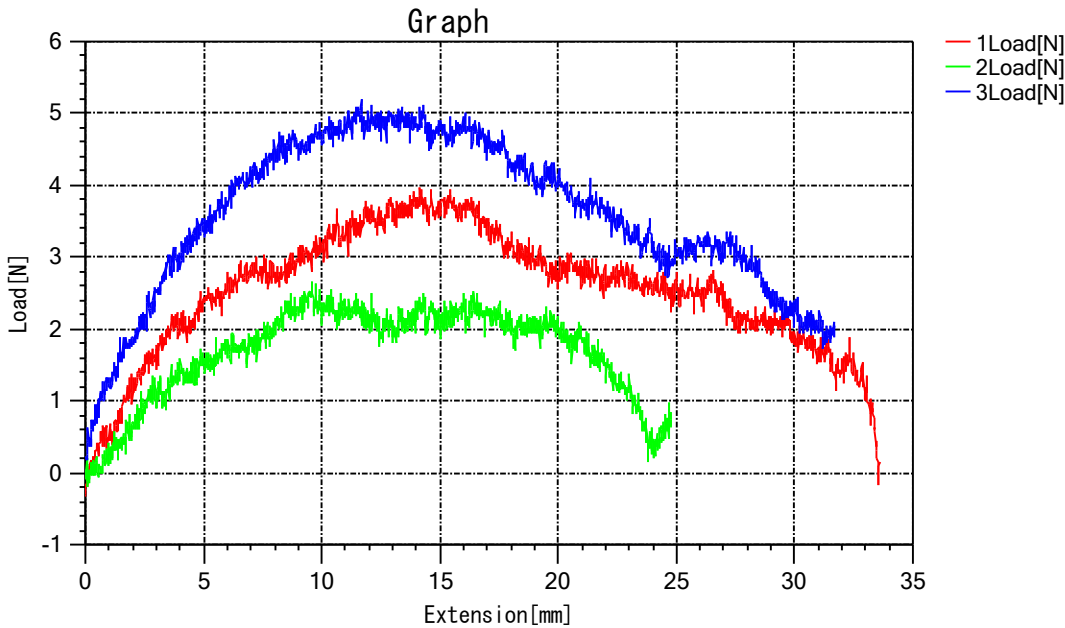
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYAS



Test date	2025/02/26
Temperature	
Humidity	
Sample name	P= 60 Bar Perendaman 12 .lam
Lot number	3
Operation conditions	
User	AHNAF MARHAM M
Operator	Duta Senopati & Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Down
Distortion mode	3-point bending
Test speed (Si)	2mm/min



	Max point Load kN	Max point Stress kgf/mm2	Break point Stress kgf/mm2	Elastic modulus MPa	Break point Elongation %GL
1	0.0040	0.2425	0.0219	0.5303	990.00
2	0.0026	0.1586	0.0474	0.4795	708.00
3	0.0051	0.3136	0.1149	0.9997	938.40



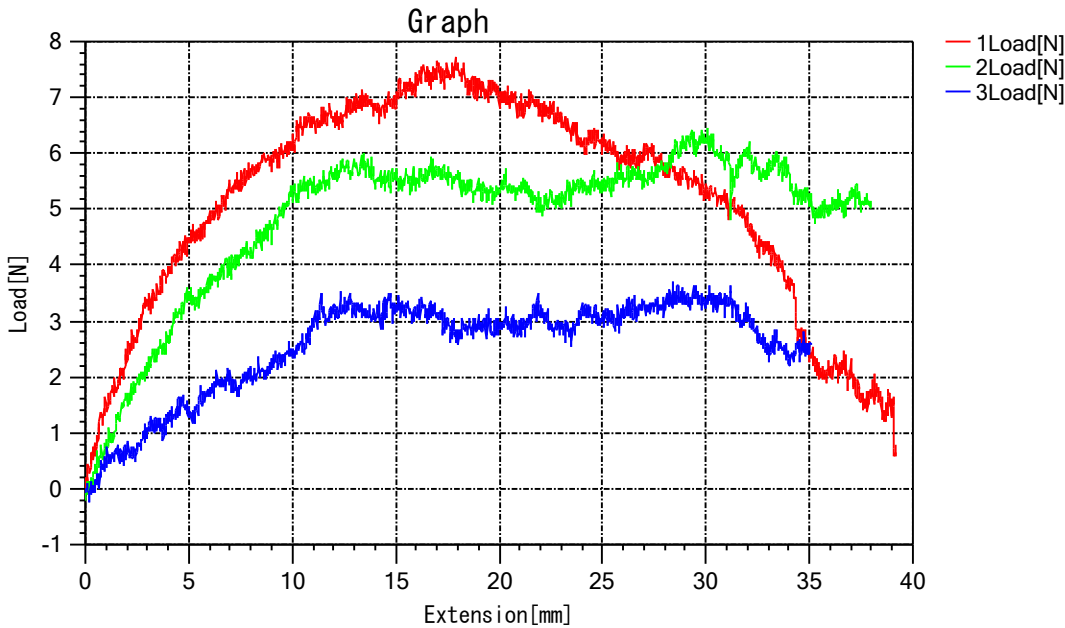
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYAS



Test date	2025/02/26
Temperature	
Humidity	
Sample name	Tekanan 80 Bar
Lot number	3
Operation conditions	
User	AHNAF MARHAM M
Operator	Duta Senopati & Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Down
Distortion mode	3-point bending
Test speed (Si)	2mm/min



	Max point Load kN	Max point Stress kgf/mm2	Break point Stress kgf/mm2	Elastic modulus MPa	Break point Elongation %GL
1	0.0077	0.4741	0.0784	1.5960	1168.2
2	0.0065	0.3993	0.3209	0.9576	1126.8
3	0.0037	0.2243	0.1714	0.4915	1023.6



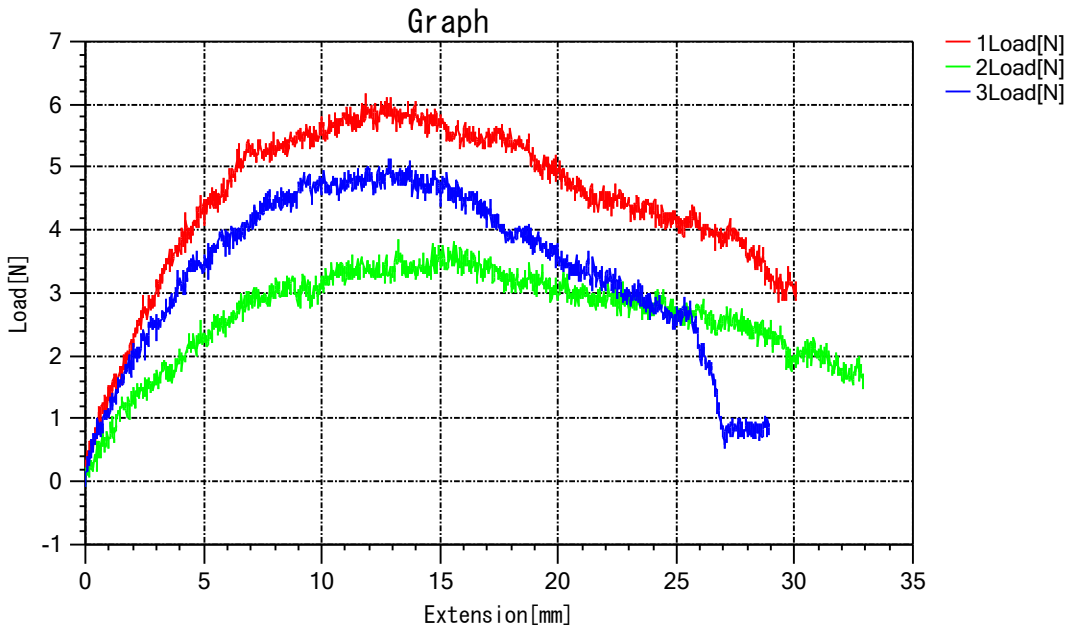
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYAS



Test date	2025/02/26
Temperature	
Humidity	
Sample name	P= 80 Bar Perendaman 12 .lam
Lot number	3
Operation conditions	
User	AHNAF MARHAM M
Operator	Duta Senopati & Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Down
Distortion mode	3-point bending
Test speed(Si)	2mm/min



	Max point Load kN	Max point Stress kgf/mm2	Break point Stress kgf/mm2	Elastic modulus MPa	Break point Elongation %GL
1	0.0060	0.3683	0.1933	1.6985	898.80
2	0.0037	0.2279	0.1167	0.6949	975.60
3	0.0051	0.3118	0.0547	0.9134	862.80



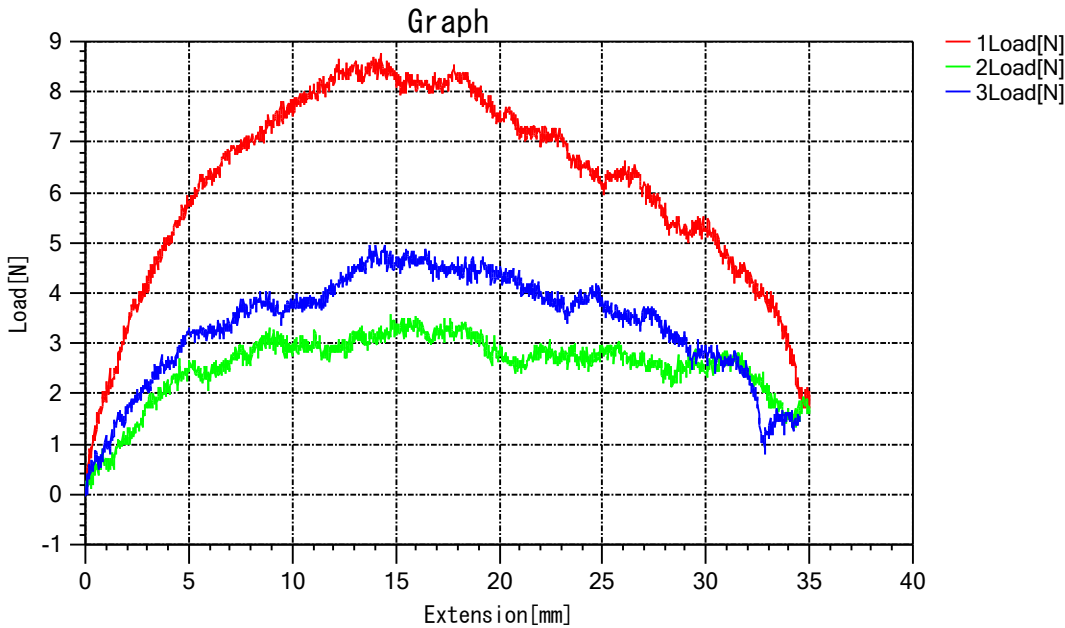
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYAS



Test date	2025/02/25
Temperature	
Humidity	
Sample name	Tekanan 100 Bar
Lot number	3
Operation conditions	
User	AHNAF MARHAM M
Operator	Duta Senopati & Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Down
Distortion mode	3-point bending
Test speed (Si)	2mm/min



	Max point Load kN	Max point Stress kgf/mm2	Break point Stress kgf/mm2	Elastic modulus MPa	Break point Elongation %GL
1	0.0087	0.5306	0.1185	2.1220	1038.0
2	0.0035	0.2170	0.1149	0.5407	1044.0
3	0.0049	0.3027	0.0966	0.4133	1026.6



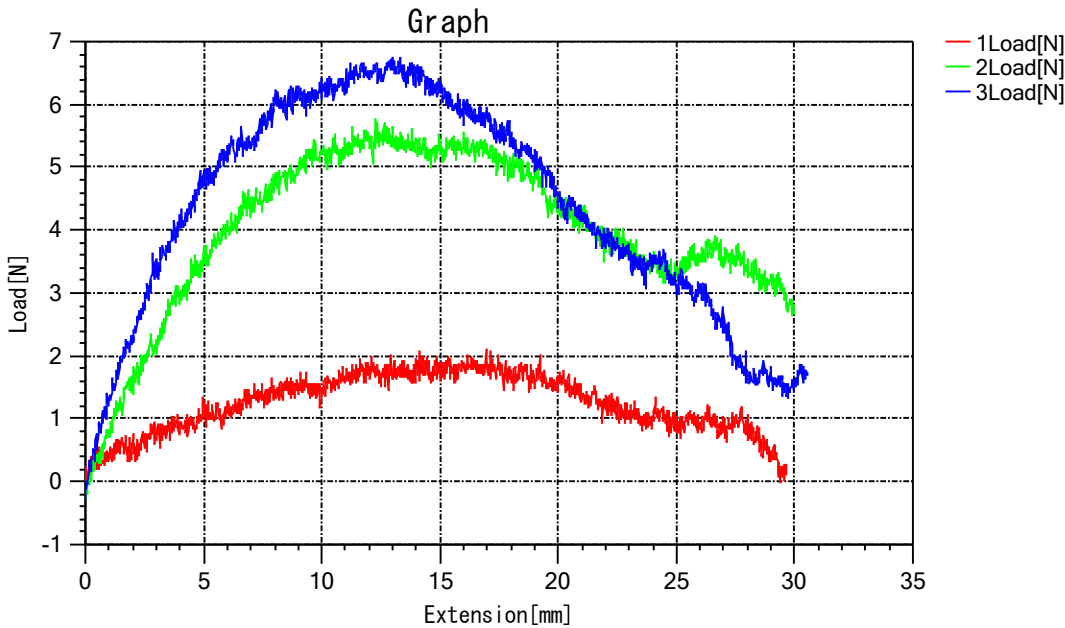
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYAS



Test date	2025/02/26
Temperature	
Humidity	
Sample name	P= 100 Bar Perendaman 12 .lam
Lot number	3
Operation conditions	
User	AHNAF MARHAM M
Operator	Duta Senopati & Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Down
Distortion mode	3-point bending
Test speed (Si)	2mm/min



	Max point Load kN	Max point Stress kgf/mm2	Break point Stress kgf/mm2	Elastic modulus MPa	Break point Elongation %GL
1	0.0021	0.1258	0.0182	0.4415	873.00
2	0.0058	0.3537	0.1769	1.1829	886.20
3	0.0069	0.4194	0.1058	1.7299	904.20