

**STUDI VARIASI MEDIA PERENDAMAN BAMBU PETUNG
TERHADAP KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

MUHAMMAD FARHAN AL-AMIEN

NPM : 3331190082

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

2024

TUGAS AKHIR

Studi Variasi Media PerendamanBambu Petung Terhadap karakteristik Papan Partikel

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Muhammad Farhan Al-Amien
3331190082

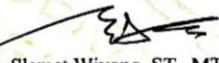
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 25 April 2024

Pembimbing Utama


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


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

Anggota Dewan Penguji


Slamet Wiyono, ST., MT.
NIP.197312182005011001


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


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


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

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

Tanggal, 16 Mei 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Dhumas Satria, S.T., M.Eng.
NIP.198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Farhan Al-Amien

NPM : 3331190082

Judul : Studi Variasi Media Perendaman Bambu Petung Terhadap
Karakteristik Papan Partikel

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

MENYATAKAN

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

Cilegon, Mei 2024



Muhammad Farhan Al-Amien

NPM. 3331190082

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat yang teramat banyak. Salah satu wujud dari nikmatnya itu adalah penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang merupakan output akhir dari mata kuliah tugas akhir teknik mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sebagai salah satu syarat kelulusan dengan sebaik - baiknya. Sholawat serta salam tetap tucurahkan kehadirat nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang seperti sekarang.

Dalam penulisan laporan kali ini penulis juga ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan laporan kerja praktik kali ini, antara lain.

1. Bapak Dhimas Satria, ST., M.Eng. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Shofiatul Ula, S.Pdi., M.Eng selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing kedua tugas akhir.
3. Bapak Sunardi, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga serta saran dalam penyusunan laporan penelitian ini.
4. Orang tua penulis yaitu Bapak Achmarul Hadi dan Ibu Faikoh serta kakak tercinta yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun material.
5. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T selaku koordinator tugas akhir jurusan Teknik mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah banyak membantu proses administrasi tugas akhir ini.
6. Fikri, Rijki, Aep serta teman – teman tim penelitian papan partikel yang telah memberikan dukungan serta saran dalam menyelesaikan proposal tugas akhir.

7. Seluruh teman – teman Teknik Mesin angkatan 2019 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Terdapat kekurangan dalam laporan penelitian ini, untuk itulah saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan laporan ini. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang sudah membantu. Diharapkan laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

ABSTRAK

Kurangnya bahan baku kayu merupakan masalah utama yang dihadapi pada sektor pengolahan kayu di Indonesia saat ini. Hal ini terjadi sebagai akibat dari ketidakseimbangan antara laju pemanfaatan kayu dan laju pertumbuhan kayu baru. Sementara itu, seiring bertambahnya populasi, permintaan kayu untuk furnitur, bahan bangunan, dan penggunaan lainnya, serta untuk menggantikan kayu yang telah rusak, aus, atau dihancurkan oleh rayap juga meningkat. Sehingga diperlukan keterbaruan dalam pengolahan kayu, salah satunya dengan mengembangkan papan partikel dari material bambu sebagai pengganti kayu untuk berbagai jenis olahan. Tujuan Penelitian ini yaitu untuk Menganalisa perbedaan sifat mekanis papan partikel dengan media perendaman air laut, air sungai, dan air destilasi pada bambu petung sebagai filler. Hasil penelitian kali ini yaitu Perbedaan sifat mekanis dari papan partikel dengan variasi air perendaman yang terdiri dari air laut, air sungai dan air destilasi memberikan hasil berupa papan partikel yang memiliki hasil terbaik berasal dari perendaman menggunakan air laut dimana memiliki densitas yang tinggi dibandingkan variasi lain yaitu mencapai 0.756 g/cm^3 , kemudian memiliki nilai pengembangan total paling rendah yaitu hanya 5,97%, memiliki daya serap yang rendah yaitu 31,76%, namun memiliki kekerasan yang tinggi yaitu 46,38 *shore D* serta memiliki modulus of rupture yang tinggi yaitu 116.21 kgf/cm dibandingkan 2 variasi lain. sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi perendaman papan partikel dengan air laut merupakan yang terbaik diantara ketiganya.

Kata Kunci: *Air Destilasi, Air Laut, Air Sungai, Media Perendaman, Papan Partikel*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Bambu	8
2.2.1 Pengertian Bambu.....	8
2.2.2 Manfaat Bambu Secara Ekologi	9
2.2.3 Morfologi Bambu.....	9
2.3 Bambu Petung	11
2.4 Kayu Sengon	13
2.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	15
2.6 Perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc)	16
2.7 Resin <i>Epoxy</i>	16
2.8 Komposit	17

2.8.1 Penyusun Komposit	18
2.8.2 Kelebihan dan Kekurangan Komposit	19
2.9 Papan Partikel.....	20
2.10 Air Sungai	20
2.11 Air Laut	22
2.12 Air Destilasi	23
2.13 Uji Pengembangan Tebal	24
2.14 Uji <i>Bending</i>	25
2.15 Pengamatan Struktur Makro	25
2.16 Uji Kekerasan.....	26
2.17 Uji Densitas	27
2.18 Uji Daya Serap Air.....	27
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	28
3.2 Variabel Penelitian	29
3.3 Alat dan Bahan	30
3.3.1 Alat.....	30
3.3.2 Bahan	30
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1 Persiapan Bahan.....	30
3.4.2 Proses Pengomposisian	32
3.4.1 Proses Pembuatan Sampel	32
3.4.2 Proses Pengujian	33
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Media Perendaman	36
4.1.1 Kadar pH Air.....	36
4.1.1 Kadar TDS Air Rendaman.....	37
4.2 Sifat Fisik Papan Partikel	38
4.2.1 Densitas	39
4.2.2 Pengembangan Tebal	41

4.2.3 Daya Serap Air.....	43
4.3 Sifat Mekanik Papan Partikel.....	45
4.3.1 Kekerasan.....	45
4.3.2 Bending.....	47
4.3 Hasil Pengamatan Morfologi Permukaan	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bambu	9
Gambar 2.2 Kayu Sengon	14
Gambar 2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit	16
Gambar 2.4 Ilustrasi Matriks pada Komposit	18
Gambar 2.5 Ilustrasi <i>Filler</i> pada Komposit.....	19
Gambar 2.6 Pengamatan Struktur Makro.....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2 Kikir	28
Gambar 3.3 Gerinda.....	28
Gambar 3.4 Gergaji.....	28
Gambar 3.5 Ph Meter	28
Gambar 3.6 Gelas Ukur.....	28
Gambar 3.7 <i>Screening Mesh 35</i>	28
Gambar 3.8 Cetakan Komposit	28
Gambar 3.9 Mesin Tekan.....	28
Gambar 3.10 Durometer	28
Gambar 3.11 <i>Universal Testing Machine</i>	28
Gambar 3.12 Timbangan Digital	28
Gambar 3.13 Bor Tangan.....	28
Gambar 3.14 Serbuk dan Serat Bambu Petung	28
Gambar 3.15 Serbuk Kayu Sengon.....	28
Gambar 3.16 Serat TKKS	28
Gambar 3.17 Resin <i>Epoxy</i>	28
Gambar 3.18 Perekat <i>plyvinyl asetat</i> (PVAc)	28
Gambar 3.19 Pemotongan Bambu	28

Gambar 3.20 Pengayakan Serbuk Sengon	28
Gambar 3.21 Pengeringan TKKS	28
Gambar 3.22 Alkalisasi TKKS	28
Gambar 3.23 Proses Pengadukan.....	28
Gambar 3.24 Proses Kompaksi.....	28
Gambar 3.25 Proses <i>Sintering</i>	28
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Nilai Densitas Papan Partikel.....	40
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Nilai Pengembangan Tebal Papan Partikel.....	42
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Nilai Daya Serap Air.....	44
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Nilai Kekerasan Shore D	47
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Bending	49
Gambar 4.6 Hasil Pengamatan Mofologi Permukaan (a) Air Laut (b) air Destilasi (c) air sungai.....	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Mekanis dan Fisis Bambu Petung	11
Tabel 2.2 Nilai rata-rata kadar air segar bambu petung (%).....	12
Tabel 2.3 Nilai rata-rata berat jenis bambu petung (%).....	13
Tabel 2.4 Kandungan Mineral dalam Air Laut	23
Tabel 2.5 Standar Mutu Air Demineral.....	24
Tabel 4.1 Kadar pH air sebelum & sesudah proses perendaman	37
Tabel 4.2 Nilai TDS air sebelum & sesudah proses perendaman	38
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Densitas	39
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal.....	41
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Daya Serap.....	43
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekerasa Durometer Shore D (Kgf/N).....	46
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Bending.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kurangnya bahan baku kayu merupakan masalah utama yang dihadapi pada sektor pengolahan kayu di Indonesia saat ini. Hal ini terjadi sebagai akibat dari ketidakseimbangan antara laju pemanfaatan kayu dan laju pertumbuhan kayu baru. Sementara itu, seiring bertambahnya populasi, permintaan kayu untuk furnitur, bahan bangunan, dan penggunaan lainnya, serta untuk menggantikan kayu yang telah rusak, aus, atau dihancurkan oleh rayap juga meningkat. Menemukan sumber baku pengganti untuk industri pengolahan kayu menjadi penting. Salah satu bahan yang bisa dimanfaatkan untuk ini adalah bambu. Permintaan kayu di sektor papan partikel dapat dikurangi dengan menggunakan bambu sebagai pengganti kayu.

Bambu merupakan salah satu hasil hutan bukan kayu yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, oleh karena itu bambu merupakan tanaman yang serba guna. Tumbuhan bambu telah dimanfaatkan masyarakat sejak zaman dahulu antara lain untuk bahan bangunan, perabot rumah tangga, perkakas rumah tangga dan barang kerajinan. Bambu adalah tanaman yang tumbuh di daerah pedesaan dan hutan di Indonesia. Kecuali daerah pantai, bambu dapat tumbuh di semua jenis tanah. Meskipun bambu tumbuh di daerah pantai tapi ia akan tumbuh lambat dan berbatang pendek. Dari dataran rendah hingga dataran tinggi, dari pegunungan terjal dengan lereng terjal hingga dataran landai, tanaman bambu dapat ditemukan di mana-mana (Sastrapraja *et al*, 1977).

Dalam upaya mempertahankan fungsi dan keunggulan hutan, bambu memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai pengganti kebutuhan konstruksi kayu, meubel dan kerajinan. Bambu memiliki keunggulan dibanding kayu, antara lain laju pertumbuhan yang cepat dan siklus panen yang singkat 3 – 4 tahun (Terefe *et al*. 2016). Dalam hal kekuatan tarik dan

kekerasan, bambu lebih kuat dari kayu dan juga memiliki keragaman dan persebaran spesies tertinggi di dunia (Liese, 1987).

Bambu yang dipakai untuk penelitian kali ini ialah jenis bambu petung (*Dendrocalamus asper*). Bambu petung banyak dibudidayakan di daerah sleman dan yogyakarta untuk kebutuhan meuble, kontruksi, dan kerajinan. Ketika bambu berumur 3-4 tahun, bambu memiliki banyak pati (Razak *et al*, 2007). Kandungan dari pati ini bervariasi berdasarkan jenis bambu, musim, dan orientasi radial batang (Liese & Tang 2015). Menurut Sutardi *et al* (2015), bahwa bambu petung memiliki kadar pati sebesar 15,8%. Bambu perlu direndam agar menghilangkan kandungan pati, karena kehadirannya mengurangi ketahanan bambu dan dapat menghalangi kemampuan proses perekatan pada bambu. Selain pati, bambu juga mengandung ekstraktif tambahan seperti getah, lilin ,tanin dan garam anorganik, yang jumlahnya bergantung pada jenis bambu, kondisi pertumbuhan, umur dan bagian batang bambu (Liese *et al*, 1987).

Bambu adalah jenis komposit serat alami yang termasuk dalam kelompok serat tanaman. Bambu adalah jenis serat tangkai yang dapat ditemukan berlimpah di negara-negara tropis dan subtropis. Bambu digunakan untuk banyak aplikasi kehidupan sehari-hari seperti dalam membangun jembatan dan sebagai perancah. Keuntungan komposit serat alami seperti yang dilaporkan dalam literatur terbuka adalah biaya murah, ramah lingkungan (polusi rendah) dan kepadatan rendah yang menghasilkan kekuatan spesifik yang baik (Ming *et al*, 2017).

Industri pengolahan bambu di Indonesia, yang telah berkembang dan telah diekspor produknya adalah supit, mebel dan barang kerajinan. Dari proses pengolahan bambu tersebut maka diperoleh limbah berupa potongan bambu khususnya bagian pangkal dengan panjang ruas yang tidak beraturan yang jumlahnya cukup banyak. Untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan bambu maka limbah berupa potongan bambu tersebut masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku papan partikel. Sebagaimana diketahui bahwa salah satu keuntungan pembuatan papan partikel adalah dapat memanfaatkan berbagai macam bahan berlignoselulosa dengan

ukuran yang kecil sedangkan produk yang dihasilkan dapat diperoleh dalam ukuran yang besar. (Sulastiningsih, 2007).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Broerie Pojoh, 2017) bahwa bambu yang tidak direndam mengalami pertumbuhan jamur yang banyak, lalu paling banyak ditumbuhi jamur kedua yaitu perendaman pada air laut, dan yang paling sedikit ditumbuhi jamur perendaman pada air sungai. Hasil penelitian ini juga didukung oleh data yang menyatakan bahwa perendaman bambu meningkatkan ketahanan bambu terhadap serangan hama dan penyakit. Kondisi ini terjadi karena melalui perendaman di dalam air maka pati yang terkandung di dalam bambu akan tercuci atau keluar dari dalam bambu yang menyebabkan berkurang dan atau hilangnya sumber bahan makanan bagi mikroorganisme.

Praktek-praktek pengawetan bambu yang telah dilakukan oleh masyarakat, khususnya di pulau jawa adalah pengawetan bambu dengan cara dikeringanginkan dan perendaman di dalam air atau lumpur. Pada penelitian kali ini kita menggunakan perendaman bambu di dalam air laut, air sungai, dan air destilasi yang diduga akan meningkatkan daya awet pada bambu dan juga dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Penelitian inipun bertujuan untuk menguji perbedaan sifat fisis dan mekanis pada papan partikel yang menggunakan bambu petung yang telah direndam sebagai filler.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada topik yang akan dibahas, maka dapat dirumuskan rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana perbedaan sifat fisis dan mekanis papan partikel dengan media perendaman air laut, air sungai, dan air destilasi pada bambu petung sebagai filler?

1.2 Tujuan

Tujuan dari penyusunan laporan tugas akhir ini yaitu untuk menganalisa perbedaan sifat fisis dan mekanis papan partikel dengan media

perendaman air laut, air sungai, dan air destilasi pada bambu petung sebagai filler.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan efektif maka pada penulisan laporan tugas akhir kali ini terdapat batasan masalah yaitu :

1. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung (*Dendrocalamus asper*) yang berasal dari Pandeglang, Banten.
2. Jenis serbuk kayu yang digunakan adalah serbuk kayu sengon yang berasal dari Ciamis, Jawa Barat.
3. Serat tandan kosong kelapa sawit yang digunakan berasal dari Pandeglang, Banten.
4. Media perendaman pertama yang digunakan ialah air laut yang didapat dari pantai anyer, Banten.
5. Media perendaman kedua yang digunakan ialah air sungai yang didapat dari sungai di daerah Cilegon, Banten.
6. Media perendaman ketiga yang digunakan ialah air destilasi
7. Ukuran serbuk pada bambu dan kayu sengon yaitu 35 *mesh*.
8. Waktu lama perendaman bambu petung selama 30 hari.
9. Pengujian spesimen dibatasi pada uji densitas, uji daya serap air, uji bending, uji pengembangan tebal, uji kekerasan, dan uji mikroskop.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat pada penelitian kali ini yaitu :

1. Mampu mengurangi penggunaan pada kayu.
2. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi yang baik untuk peneliti selanjutnya.
3. Memotivasi masyarakat agar dapat menggunakan bahan yang mudah didapat dan ramah lingkungan.
4. Memberikan informasi yang baik kepada khalayak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Seperti halnya yang dilakukan oleh Sunardi *et al.*, (2023) yang melakukan pengujian tentang pengaruh perendaman bambu dengan air laut terhadap kekerasan dan laju keausan komposit kanvas rem. Waktu perendaman yang dilakukan antara lain 15 hari, 30 hari, dan tanpa perendaman. Hasil yang didapatkan adalah bambu yang semakin lama direndam mampu membuat bambu terlindungi dari serangan hama, nilai densitas pada bambu tinggi dan porositas komposit semakin kecil. Tetapi perendaman batang bambu dalam air laut secara umum menurunkan sifat-sifat mekanis komposit yang dihasilkan. Kekuatan ikatan antar partikel penyusun sampel komposit cenderung rendah. Kondisi ini ditunjukkan oleh rendahnya kekerasan atau tingginya laju keausan sampel material.

Broerie Pojoh (2017) juga melakukan penelitian terhadap bambu mengenai pengaruh perendaman dalam air laut dan air sungai terhadap daya tahan tulang bambu petung asal tomohon. Perendaman pada kedua air dilakukan selama 2 bulan, yang didapatkan hasil bahwa perlakuan perendaman di dalam air sungai dan di dalam air laut menurunkan tingkat serangan jamur pada tulang bambu, dimana tulang bambu dengan perlakuan tanpa perendaman “banyak ditumbuhi jamur”. Karena melalui perendaman dalam air maka pati yang ada di bambu akan keluar, yang membuat sumber makanan untuk mikroorganisme menjadi hilang atau tidak ada dan membuat umur bambu lebih lama.

Nurhidayat *et al.*, (2013) melakukan penelitian tentang analisa kekuatan bending akibat pengaruh media perendaman terhadap komposit HDPE limbah-cantula sebagai bahan panel ramah lingkungan. Komposit yang sudah jadi direndam selama 504 jam (21 hari) pada air destilasi, air hujan, air sumur, oli bekas, dan tanpa perendaman. Hasil yang didapatkan Nilai kekuatan *bending* spesimen tanpa perlakuan perendaman 4,30 MPa,

spesimen perlakuan media perendaman air destilasi mempunyai nilai kekuatan *bending* sebesar 2,64 Mpa, media air sumur 2,37 MPa, media air hujan sebesar 1,94 Mpa dan media oli bekas 1,62 Mpa. Spesimen yang direndam mengalami penurunan dibandingkan dengan spesimen yang tidak direndam. Hal ini disebabkan selama proses perendaman terjadi kerusakan ikatan antar muka komposit HDPE limbah-Cantula, sehingga menyebabkan kandungan kimia akan diserap spesimen sehingga melemahkan ikatan antar muka (*debonding*).

Lusiani *et al.*, (2015) melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai papan komposit dengan variasi panjang serat. Fraksi volume komposit yang digunakan yaitu serat tandan kosong kelapa sawit 15% dengan panjang serat 5 mm, 10 mm, dan 15 mm, serbuk kayu 50%, resin epoxy 15%, dan lem fox 20%. Spesimen berbentuk balok dengan ukuran panjang 115 mm, lebar 70 mm, dan tinggi 40 mm. Pembuatan komposit ini ditekan dengan tekanan 30 bar menggunakan mesin press hidraulik. Untuk pengujian yang dilakukan anatara lain pengujian densitas, *bending*, impak, pengembangan tebal, kekerasan, dan pengamatan struktur mikro. Lalu didapatkan hasil bahwa semakin panjang serat TKKS, maka nilai densitas, kekerasan, impak, maximum force dan batas limitnya semakin tinggi dan berbanding terbalik pada pengembangan tebal yang semakin panjang serat semakin rendah persentasenya. Variasi terbaik pada variasi panjang serat 15 mm dengan nilai densitas 0.973 g/cm^3 , nilai pengembangan tebal 1.025%, nilai kekerasan 26 N/mm^2 , nilai max force 41.904 N, nilai batas elastisitas $904, 745 \text{ N/mm}^2$, dan nilai impak 8.247 kJ/m^2 . Semua nilai pengujian diatas lebih baik daripada papan partikel yang ada di pasaran.

Sunardi *et al.*, (2017) melakukan pengujian terhadap pengaruh butiran filler kayu sengon terhadap karakteristik papan partikel yang berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit. Serat tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu sengon diaduk dengan lem PVAc. Setelah tercampur secara sempurna maka diberikan kompaksi sebesar 30 bar pada *cold compaction*. Ukuran butiran serbuk kayu sengon dinyatakan dalam mesh

yakni 18, 40, 60 dan 80. Penambahan resin epoxy untuk meningkatkan sifat tertentu papan partikel. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini ialah ukuran butiran pada mesh 18 dapat memenuhi persyaratan papan partikel menurut SNI 03-2105-2006 dan semakin besar mesh filler, semakin besar densitas, kekerasan, dan batas elastik papan partikel tetapi berbanding terbalik terhadap persentase pengembangan tebal dan kekuatan impaknya.

2.2 Bambu

2.2.1 Pengertian Bambu

Bambu adalah anggota dari famili Gramineae (rumput) dan juga dikenal sebagai Giant Grass (rumput raksasa). Tumbuh dalam rumpun dan tersusun atas sejumlah batang (buluh). Batang ini tumbuh dengan bertahap, dimulai dari rebung, batang muda, dan mencapai kematangan setelah 4-5 tahun. Dari sekitar 1.000 jenis bambu dalam 80 genera, kurang lebih 200 spesies berasal dari 20 genera yang terlacak di Asia Tenggara (Dransfield & Widjaja, 1995), sedangkan di Indonesia ada kurang lebih 60 jenis. Tumbuhan bambu Indonesia banyak ditemukan di dataran rendah hingga pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 m di atas permukaan laut. Biasanya mendiami daerah terbuka di mana tidak ada air yang tergenang. Di masyarakat pedesaan Indonesia, bambu memainkan peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Masyarakat umum mengetahui bahwa bambu memiliki sifat-sifat yang bermanfaat untuk digunakan seperti kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk, mudah dikerjakan, dan ringan sehingga mudah dibawa (Widnyana, 2012).



Gambar 2.1 Bambu

(Sumber : manfaat.co.id)

2.2.2 Manfaat Bambu Secara Ekologi

Menurut penelitian, 1 hektar tanaman bambu bisa menyerap lebih dari 12 ton karbondioksida. Sangat tidak mengejutkan mengingat bambu adalah tanaman C3 dan efisien untuk konversi air sehingga EBF (*Environment Bamboo Foundation*) menerima laporan dari beberapa negara yang menyatakan bahwa debit air telah meningkat dan dalam beberapa kasus mata air baru telah muncul setelah penanaman bambu selama beberapa tahun. Bambu dapat menyerap hingga 90% curah hujan, dibandingkan dengan pohon yang biasanya hanya menyerap 35–40%. Karena itu, orang-orang di Kolombia mengklaim bahwa ketika bambu ditanam, air juga ikut ditanam. Oleh karena itu, bambu memiliki beberapa kegunaan, seperti :

- (a) volume air dibawah tanah menjadi meningkat,
- (b) konservasi lahan,
- (c) perbaikan lingkungan
- (d) bambu kuat terhadap gempa jika dijadikan sebagai bahan bangunan (Widnyana, 2012).

2.2.3 Morfologi Bambu

1. Akar

Tanaman bambu memiliki akar yang rapat dan kokoh yang dapat mengikat tanah untuk mencegah erosi. Kemudian, di dekat batang, muncul buku-buku akar yang berfungsi menopang batang dan memberikan sumber makanan bagi batang (Berlin dan Estu, 1995).

2. Rebung

Batang bambu yang mudah muncul dari permukaan rimbangnya yang berbentuk kerucut, sering disebut juda dengan “rebung”. Rebung awalnya cukup lunak, tetapi akan cepat mengeras. Hal ini terjadi akibat pertumbuhan dan perkembangan

bambu yang pesat, yang mencapai ukuran maksimalnya setelah 2-4 bulan atau pada musim hujan berlangsung. (Berlin dan Estu, 1995).

3. Ranting

Ranting mulai terbentuk setelah pembentukan memanjang berakhir. Batang bambu berbentuk bulat dengan diameter 1-20 cm tiap batang beruas dengan panjang 50-69 cm dan antara ruas satu dengan yang lain. Batang bambu yang masih muda mempunyai pelepah yang berwarna coklat kekuning-kuningan (Wahyudin, 2008).

4. Daun

Bambu memiliki daun tunggal, berselang-seling, berbentuk lenset dengan pelepah yang rontok secara alami. Susunan urat daun mengikuti panjang daun.

5. Batang

Tanaman bambu sering tumbuh subur di ruang terbuka yang bebas genangan air, baik di dataran rendah hingga daerah pegunungan dengan ketinggian 300 mdpl atau lebih di atas permukaan laut. Bambu dapat tumbuh subur di iklim tropis dan supertropis dengan suhu antara 80°C hingga 360°C. Tanaman bambu juga membutuhkan minimal 1.020 mm curah hujan tahunan dengan kelembaban 80%.

Di Indonesia, bambu dapat tumbuh subur dalam berbagai kondisi iklim. Semakin basah lingkungannya makin banyak juga jenis bambunya. Karena tanaman bambu termasuk jenis tanaman yang membutuhkan banyak air, hal ini sangat terkait dengan jumlah curah hujan yang turun.

Bambu adalah tanaman dengan rumpun berkumpul, batang lurus, elastis, permukaan kulit batang kasar, tinggi 20-25 meter, ujung batang melengkung, daging batang kuat, tahan lama dengan tebal 1,5-2,5 cm, panjang ruas 25-40 cm, diameter rebung

15 cm, tinggi rebung hingga 30 cm, dan terdapat 72 batang per rumpunnya. (Wahyudin, 2008).

2.3 Bambu Petung

Bambu memiliki kepadatan dasar berkisar dari 0,4 - 0,9 g/cm³, bergantung pada struktur anatominya. Lokasi di sepanjang batang bambu seringkali penting untuk nilai kepadatan. Bambu mengalami peningkatan kepadatan dari dalam ke luar dan dari bawah ke atas batang. Bambu memiliki berat jenis yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan jenis kayu keras atau kayu tropis yang lebih berat yang sering digunakan dalam produksi panel komposit. Untuk barang komposit berdensitas tinggi seperti *High Density Fiberboard*, bambu cocok untuk digunakan. Sebaliknya, posisi bambu di sepanjang batang akan berdampak signifikan pada berat jenisnya jika dibandingkan dengan spesies kayu. Oleh karena itu, variasi berat jenis yang lebih tinggi harus diperhitungkan jika komposit terbuat dari bambu (Grosser & Liese, 1971).

Tabel 2.1 Sifat Mekanis dan Fisis Bambu Petung

Arah Aksial	Perendaman Larutan Kulit Bintaro		Satuan
	Sebelum	Setelah	
Kadar Air	81.59	111.70	%
Berat Jenis	0.70	0.74	g/cm ³
MOR	1483.67	1560.38	kg/cm ²
MOE	111385	106642	kg/cm ²

(Sumber : Uslinawaty *et al.*, 2020)

Bambu adalah material *anisotropic* dan *heterogeny* seperti kayu. Oleh sebab itu, ditinjau dari kadar air Tabel 2.2 mencantumkan karakteristik mekanis bambu petung.

Tabel 2.2 Nilai rata-rata kadar air segar bambu petung (%)

Arah Aksial	Bagian		Rata-rata
	Ruas	Buku	
P	108.46	94.65	101.55
T	100.46	90.65	95.53
U	67.33	67.62	67.47
Rata-rata	92.2	84.27	88.18

Kadar segar bambu petung rata-rata berkisar antara 67,33%-108,46%. Pada ujung ruas memiliki nilai terendah yaitu (67,3%) dan untuk pangkal ruas memiliki nilai tertinggi yaitu (108,46%). Berat air dalam batang menentukan kadar air bambu. Semakin banyaknya kadar air pada bambu ditunjukkan dengan nilai kadar air yang semakin tinggi. Umur bambu juga berpengaruh pada kadar airnya. Batang bambu segar memiliki kadar air 50–99%, sedangkan bambu muda memiliki kadar air 80–150%. Sebaliknya, itu berfluktuasi antara 12%-18% pada bambu kering. (Dharmastiti, 2018).

Kadar air segar yang selalu menurun dari bagian pangkal ke bagian ujungnya yang terdapat pada bambu petung. Hal ini terjadi karena pangkal bambu memiliki dinding serat yang lebih tebal daripada ujungnya, yang menyebabkan kemampuan mengikat air nya lebih besar, yang memungkinkan lebih banyak infiltrasi udara. Sel parenkim yang berfungsi sebagai penampung air juga berkontribusi terhadap kecenderungan penurunan kadar air bambu dari pangkal ke batang atas, yang nantinya semakin keatas semakin rendah persentasenya. (Nahar dan Hasan, 2013)

Tabel 2.3 Nilai rata-rata berat jenis bambu petung (%)

Arah Aksial	Bagian		Rata-rata
	Ruas	Buku	
P	0.57	0.63	0.6
T	0.6	0.61	0.61
U	0.69	0.69	0.69
Rata-rata	0.62	0.64	0.63

Bambu petung memiliki berat jenis yang rata-rata bervariasi dari 0,57-0,69. Untuk nilai tertinggi ada pada bagian ujung dan untuk nilai terendah ada pada bagian pangkal ruas. Laju pertumbuhan pada bagian pangkal, tengah, dan ujung inilah yang menyebabkan terjadinya variasi nilai berat segar antara bagian aksial dan batang. Serabut panjang, berdinding tipis, berdiameter besar terbentuk di pangkal sedangkan berdinding tebal, serabut berdiameter kecil terbentuk di ujung dikarenakan akibat dari laju pertumbuhan yang lebih lambat. Gravitasi spesifik yang tinggi menghasilkan kandungan air yang tinggi serta bahan ekstraktif dan pati, yang dapat mengisi dinding sel bagian bambu. Kandungan air tinggi

disebabkan oleh berat jenis yang tinggi pula, tapi selain itu disebabkan juga dengan adanya zat ekstraktif dan pati yang bisa mengisi dinding sel pada bagian bambu (Pujirahayu, 2012).

2.4 Kayu Sengon

Sengon merupakan salah satu jenis kayu yang cukup banyak dimanfaatkan dalam industri pengolahan kayu di negara ini, sehingga dapat diperkirakan akan dihasilkan limbah yang cukup signifikan dari jenis kayu tersebut sehingga menjadi bahan yang cukup potensial untuk digunakan dalam pembuatan papan partikel (Ngadianto et al, 2012). Untuk kadar air dan nilai densitas kayu sengon memiliki standar 8% dan $0,44 \text{ gr/cm}^3$. Seperti halnya yang dilakukan Sunardi dkk (2017) meneliti “Pengaruh Butiran Filler Pada Kayu Sengon Terhadap Karakteristik Papan Partikel Bertulang Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit”. Ukuran butiran serbuk kayu sengon dinyatakan dengan mesh 18, 40, 60, dan 80. Densitas papan partikel yang didapat dipengaruhi oleh ukuran butiran kayu sengon saat digunakan sebagai filler. Semakin besar mesh fillernya yang terjadi adalah densitasnya akan meningkat. Ini karena filler didistribusikan lebih merata ke mesh yang berukuran besar. Standar SNI 03-2105-2006 dari Badan Standardisasi Nasional mengenai papan partikel menyatakan bahwa kerapatannya berkisar antara $0,40-0,90 \text{ gr/cm}^3$. Lalu hasil yang didapatkan yaitu mesh 18 dengan nilai $0,85 \text{ gr/cm}^3$ memenuhi persyaratan papan partikel. Kemudian standar ISO 2039-1 yang digunakan untuk uji kekerasan papan partikel. Benda uji berupa balok berukuran panjang 70 mm, lebar 35 mm, dan tinggi 14 mm. Papan partikel dengan mesh 80 memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu 21 N/mm^2 . Sedangkan papan partikel yang umum saat ini memiliki nilai kekerasan 22 N/mm^2 .



Gambar 2.2 Kayu Sengon

(Sumber : hargabulanini.com)

Selain itu sesuai dengan standar ASTM D 790, metode three point bending digunakan untuk melakukan uji kekuatan lentur. Temuan penelitian secara umum menunjukkan bahwa kekuatan tarik akan meningkat dengan ukuran mesh partikel kayu yang semakin besar juga. Nilai batas elastisitas terendah 734,358 N/mm² pada mesh 40 dan tertinggi yaitu 1157,358 N/mm² pada mesh 18. Selanjutnya uji pengembangan tebal, yang mengukur seberapa baik papan komposit dapat menahan serangan air. Pengujian pengembangan tebal melibatkan perendaman dalam air selama 24 jam pada suhu ruang. Pengembangan tebal dari M18, M40, M60, dan M80 mengalami penurunan presentase. Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar mesh filler maka semakin besar juga densitas, kekerasan, dan batas elastis pada papan partikel. Meskipun hubungan ini berbanding terbalik dengan persentase pengembangan tebal dan impact strength-nya.

2.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Serat yang tersisa setelah buah dikeluarkan dari tandan buah segar dikenal sebagai tandan kosong kelapa sawit (TKKS) atau biasa disebut tankos. TKKS adalah serat alami yang banyak digunakan karena murah, dapat terdekomposisi, tidak beracun, keras, dan kuat. TKKS digunakan sebagai bahan baku di berbagai industry seperti pembuatan kertas, formulasi komposit, dan pembangkit listrik. Penggunaan TKKS untuk komposit polimer dapat membantu mengurangi permasalahan lingkungan, karena TKKS ini merupakan limbah dari kelapa sawit. Diameter rata-rata pori pada permukaan serat TKKS adalah 0,07 m. Ketika digunakan dalam pembuatan komposit, permukaan pori ini sangat bermanfaat untuk memperkuat hubungan ikatan mekanis dengan resin matriks. Tandan kosong kelapa sawit memiliki diameter serat yang bervariasi dari 150 - 500 μm (Rahmasita, 2017). Lalu untuk nilai densitasnya berkisar 0,7 - 1,55 gr/cm³

(Shinoj *et al.*, 2011). Karena serat kelapa sawit memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi yaitu 400 MPa dan 9 GPa, serat ini memang sangat cocok jika digunakan sebagai bahan penguat komposit (Rahmasita, 2017).



Gambar 2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

2.6 Perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc)

PVAc merupakan polimer yang sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan lem, kain, kertas, dan kayu karena sifat rekatnya yang kuat (Sriyanti dan Marlina, 2014). Malinda & Lukman (2014) berpendapat dalam publikasi penelitiannya bahwa PVAc adalah perekat yang memiliki viskositas seragam, sangat terjangkau harganya, tidak beracun, dan tidak memiliki efek lingkungan yang merugikan selain tidak berbau dan tahan jamur. Salah satu keuntungan lainnya yaitu mempunyai sifat termoplastik yang penting untuk menjaga tekanan dalam kempa selama waktu pembentukan ikatan rekat sampai ikatan rekat tersebut memiliki kekuatan yang memadai, dan juga menghindari penggunaan biaya tinggi dalam melakukan kempa panas (Mirza *et al.*, 2020).

PVAc adalah lem putih yang berubah menjadi transparan saat mengeras. PVAc yang sering digunakan di Indonesia adalah yang jenis *water-based*. Jenis lem PVAc ini memiliki kelemahan yaitu lebih sulit untuk dikeringkan karena pelarut air biasanya membutuhkan waktu lama untuk menguap ke udara (Pandu, 2018).

2.7 Resin *Epoxy*

Menurut (*Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*, 2002), resin *epoxy* ialah jenis sistem ikatan kimia organik yang digunakan sebagai

perekat. Struktur *epoxy* atau oksiren dapat ditemukan pada resin *epoxy*. Resin digunakan sebagai bahan untuk sebuah material ketika ingin dikeraskan, yang berbentuk cairan kental atau hampir padat. Dalam kondisi lembab *epoxy* mengungguli *polyester* dalam hal ketahanan korosi, meski *epoxy* tidak tahan asam. Menurut Shabiri (2014), *epoxy* mempunyai sifat mekanik, elektrik, stabilitas dimensi, dan tahan terhadap panas. Meskipun terdapat beberapa polimer seperti *polyester thermosetting plastic* atau *vinylester*, resin *epoxy* dipilih menjadi bahan dasar sebab mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dibanding dengan polimer lainnya (Martin Alberto Masuelli, 2013). Resin *epoxy* mempunyai kelebihan dibandingkan resin lainnya seperti (Taufana *et al.*, 2020) :

1. sifat mekanik dan termal yang tinggi.
2. sangat tahan terhadap air.
3. penyusutan sangat rendah.
4. usia pakai lama.
5. tahan temperatur hingga 220 °C.
6. daya tahan kimia dan stabilitas dimensi yang baik.
7. sifat-sifat listrik yang baik.
8. kuat dan daya lekat pada gelas dan logam yang baik

2.8 Komposit

Komposit adalah campuran dari dua atau lebih material berbeda menjadi bentuk mikroskopik yang terdiri dari susunan serat dan matriks yang beragam. Karena kekuatannya yang unggul dibandingkan dengan material teknik lainnya serta manfaatnya seperti berat jenis yang rendah, kekuatannya tinggi, tahan terhadap korosi, dan biaya murah, bahan komposit yang diperkuat serat saat ini merupakan bahan teknik yang paling banyak digunakan. (Hastuti *et al.*, 2018). Komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam (Fawaid *et al.*, 2013), yaitu:

1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Komposit jenis ini menggunakan penguat berupa yaitu *fiber*/serat dan hanya memiliki satu lapisan atau lamina. *Fiber* atau serat yang

dipergunakan umumnya berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers*, dan sebagainya. *Fiber* ini mampu disusun secara acak ataupun secara orientasi tertentu bahkan bisa juga pada bentuk anyaman.

2. Komposit partikel (*Particulate Composites*)

Komposit jenis ini adalah yang memakai serbuk atau pertikel sebagai penguatnya yang akan terdistribusi secara merata pada matriksnya.

3. Komposit lapis (*Laminates Composites*)

Komposit jenis ini tersusun dari dua atau lebih lapisan yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya mempunyai sifat sendiri.

2.8.1 Penyusun Komposit

Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa:

1. *Matriks*

Matriks ialah fasa dalam komposit yang memiliki bagian atau fraksi volume terbesar Matriks memiliki fungsi yaitu (Nurun Nayiroh, 2013) :

- a. Mentransfer tegangan dan serat
- b. Membentuk ikatan koherenm permukaan matrik/serat
- c. Melindungi serat
- d. Memisahkan serat
- e. Melepas ikatan
- f. Tetap stabil setelah proses manufaktur



Gambar 2.4 Ilustrasi Matriks pada Komposit

(Sumber : Nayiroh, 2013)

2. *Reinforcement* atau *Filler* atau *Fiber*

Salah satu bagian utama dari komposit ialah *reinforcement* atau penguat yang memiliki fungsi untuk penanggung beban utama pada suatu komposit.



Gambar 2.5 Ilustrasi *Filler* pada Komposit
(Sumber : Nayiroh, 2013)

2.8.2 Kelebihan dan Kekurangan Komposit

Adapun kelebihan dari bahan komposit antara lain :

- a. Massa jenis rendah (ringan)
- b. Lebih kuat dan lebih ringan
- c. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan
- d. Lebih kuat (*stiff*), ulet (*tough*) dan tidak getas
- e. Tahan terhadap cuaca
- f. Tahan terhadap korosi
- g. Mudah diproses (dibentuk)

Adapun kekurangan dari bahan komposit antara lain :

- a. Tidak tahan terhadap beban kejut dan crash (tabrak) dibandingkan dengan metal.
- b. Kurang elastis
- c. Lebih sulit dibentuk secara plastis

2.9 Papan Partikel

Papan partikel adalah salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lainnya, dan kemudian dikempa panas. Papan partikel dikategorikan

menjadi tiga kelas berdasarkan kerapatannya, yaitu papan partikel dengan kerapatan rendah, sedang, dan tinggi (Maloney, 1993).

Penelitian yang dilakukan oleh Widiyanto (2011) dengan menggunakan partikel kayu karet dan tali bambu dengan perekat cair kayu alami dalam penelitiannya tentang papan partikel yang menggunakan bahan lignoselulosa selain kayu, dan hasilnya menunjukkan bahwa sifat fisik dan mekanik bahan tersebut tidak memenuhi standar SNI untuk papan partikel kerapatan sedang. Selain itu, Fauziah *et al.* (2014) mempelajari karakteristik fisik dan mekanik papan partikel berbahan dasar sekam padi. Temuan menunjukkan bahwa sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai komponen utama dalam produksi papan partikel. Kerapatan dan kadar air adalah contoh sifat fisik yang memenuhi, sedangkan sifat mekaniknya tidak.

Jika dibandingkan dengan kayu asli, papan partikel memiliki kelebihan yaitu bebas dari mata kayu, serpihan atau retakan, ketebalan seragam, mudah untuk dikerjakan, dan memiliki sifat isotropik. Kerapatan dan ukuran papan partikel juga dapat dilakukan penyesuaian dalam hal sifat, kebutuhan dan kualitas. Kestabilan dimensi papan partikel yang rendah merupakan kelemahannya (Putra, 2011).

2.10 Air Sungai

Karena hampir semua sungai bermuara ke pantai, maka kegiatan yang dilakukan di sepanjang DAS (Daerah Aliran Sungai) sedikit banyak akan mempengaruhi pantai, karena terdapat hubungan yang erat antara sungai dan pantai (Suripin, 2004). Adanya zat tambahan dalam air, khususnya bahan kimia sintetik baik dalam bentuk organik maupun anorganik, serta adanya mikroorganisme, akan berhubungan dengan bagus buruknya kualitas air. Jutaan ton partikel padat dibuang ke atmosfer setiap tahunnya oleh knalpot kendaraan dan cerobong industri, mencemari awan yang terbentuk dan meningkatkan keasaman hujan yang akhirnya turun. Yang kemudian mengandung senyawa berbahaya. Beberapa factor yang berdampak pada kualitas air, diantaranya :

1. Suhu

Menurut (Effendi, 2003) menegaskan bahwa suhu berdampak pada bagaimana kesehatan ekosistem di perairan. Jumlah bahan organik yang terurai oleh mikroba meningkat saat suhu mengalami peningkatan. 20°C-30°C adalah kisaran suhu ideal untuk perkembangan fitoplankton di perairan. Proses kimia dan biologi yang terjadi di dalam air dipengaruhi oleh suhu. Akibat-akibat berikut akan terjadi karena kenaikan suhu air di badan air penerima, sungai, danau, dan sebagainya: 1) Kandungan oksigen terlarut dalam air berkurang; 2) Reaksi kimia berlangsung lebih cepat; dan 3) Ikan dan kehidupan air lainnya akan terganggu. Kenaikan suhu juga mempercepat penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Selain itu, suhu air sungai menjadi kendala bagi kehidupan akuatik.

2. Derajat Keasaman (pH)

Menurut (Kristanto, 2002), besarnya keasaman (pH) berhubungan langsung dengan jumlah logam berat yang ada di sungai, semakin banyak polutan (kandungan logam berat) yang ada di sungai maka semakin rendah nilai (pH). Yang menyebabkan air menjadi lebih asam karena sifat bikarbonat di dalam air. Penyebab alami dan manusia juga berdampak pada tingkat keasaman (pH) air. Pembuangan sampah organik dan anorganik ke sungai berdampak pada fluktuasi nilai pH (Yuliasuti, 2011). pH 6,5-7,5 merupakan syarat untuk air yang cocok untuk kehidupan (Wardhana, 2004). Hampir semua organisme air dapat bertahan hidup pada air dengan pH 7 yang merupakan pH netral untuk kategori air yang tidak tercemar (Suharto, 2011). Tingkat toksisitas molekul kimia, proses biokimia dalam air, dan aktivitas metabolisme spesies air semuanya dapat dipengaruhi oleh tingkat pH. Untuk meningkatkan kualitas air, derajat keasaman merupakan komponen penting dari proses pengolahan air.

2.11 Air Laut

Meskipun konsentrasi garam dalam air laut sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, umumnya kadar air garam pada air laut sekitar

33.000 mg/l. Misalnya jika dibandingkan dengan Samudera Pasifik, Laut Hitam memiliki kandungan garam yang sangat tinggi. Larutan garam ini ialah larutan elektrolit. Ada sekitar 100 molekul garam untuk setiap satu molekul air. Rasio ion terhadap molekul air adalah sekitar 150:1. Medan listrik yang kuat mengelilingi ion, dan air di sekitar ion juga memiliki medan listrik yang kuat. Air laut mungkin secara fisik berbeda dari air tanah karena air laut mengandung garam. (Gabriel, 2001).

Tabel 2.4 Kandungan Mineral dalam Air Laut

No	Jenis Material	Kadar Mineral (%)
1.	Natrium Klorida (NaCl)	27,2
2.	Magnesium Klorida (MgCl ₂)	3,8
3.	Magnesium Sulfaat (MgSO ₄)	1,6
4.	Kalsium Sulfat (CaSO ₄)	1,3
5.	Kalium Sulfat (K ₂ SO ₄)	0,9
6.	Kalsium Karbonat (CaCO ₃)	0,1
7.	Magnesium Bromida (MgBr ₂)	0,1

(Sumber : Davis & Wiest, 1966)

2.12 Air Destilasi

Dalam kehidupan sehari-hari, air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia. Air tanah, air sumur, dan air dari mata air pegunungan hanyalah beberapa contoh air bersih yang mudah didapatkan di alam. Sedangkan air destilasi (penyulingan) berasal dari proses rekayasa manusia, menghasilkan air murni, yang biasanya hanya ditemukan di laboratorium. Karena telah melarutkan banyak zat termasuk gas dari udara, mineral dari tanah, dan bahan lain yang dilaluinya, air yang ditemukan di alam biasanya tidak murni lagi. Bergantung pada kontaminan apa yang terkandung di dalamnya, air bersih mungkin tidak selalu menyehatkan.

Proses penyulingan (destilasi) digunakan untuk memisahkan cairan murni dari campuran cairan lain dengan titik didih yang berbeda atau dari cairan yang telah tercemar senyawa terlarut. Cairan yang dibutuhkan dipanaskan sampai menguap, di mana uap dikirim melalui kondensor, yang

kemudian uap nya mencair kembali. Lalu dari hasil destilasi ini cairan yang yang dihasilkan disebut destilat. Laboratorium kimia dan juga bidang medis sering memanfaatkan air murni ini (Pitojo, 2003).

Air destilasi merupakan pelarut yang jauh lebih baik jika dibandingkan dengan hampir semua cairan yang awam dijumpai. Banyak senyawa organik polar netral seperti gula, alkohol, aldehida, dan keton, serta senyawa organik polar lainnya dengan gugus fungsional netral langsung larut dalam air destilasi (Lehninger, 1982).

Standar mutu air demineral yaitu SNI 01-3553-2006 dan SNI 01-6241-2000 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.5. Air demineral adalah air yang telah mengalami prosedur pemurnian termasuk deionisasi, destilasi, dan prosedur yang serupa (Khotimah *et al*, 2018).

Tabel 2.5 Standar Mutu Air Demineral

Parameter	Jenis Material	Sumber
TDS	Maks. 10 mg/L	SNI 01-3553-2006
Ph	5,0 – 7,5	SNI 01-3553-2006
DHL	Maks. 1,3 mS/cm	SNI 01-6241-2006

(Khotimah *et al*, 2018).

2.13 Uji Pengembangan Tebal

Kerapatan papan partikel berpengaruh di nilai pengembangan tebal. Hipotesisnya ialah semakin tinggi kerapatannya, maka semakin menurun pengembangan tebalnya. Pada intinya uji pengembangan tebal ini dilakukan agar dapat mengetahui sifat fisis pada benda uji yang sebelumnya sudah dilakukan perendaman didalam air. Benda yang di uji wajib sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105-2006) yaitu maksimal 12% (Rosidah *et al*, 2018). Pengujian pengembangan tebal dilakukan dengan merendam benda uji didalam air selama 24 jam pada suhu ruang setiap variasi komposit (Lusiani *et al*, 2015).

$$\alpha = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

T1 = Tebal sebelum direndam (mm)

T2 = Tebal sesudah direndam (mm)

α = Pengembangan Tebal (%)

2.14 Uji *Bending*

Kemampuan suatu material untuk menahan beban eksternal ialah yang dimaksud dengan kekuatan *bending*. Nilai rasio Poisson berdampak pada uji *bending*. Distribusi linear dari tegangan langsung yang berubah dengan ketebalan dan regangan pada permukaan lain dihasilkan oleh uji *bending* (Matius, 1994). Pada titik pembebanan, keadaan ini akan menghasilkan kurva defleksi. Dengan menggunakan teknik *the three point bending* yang ditentukan dalam standar ASTM D790-02. Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan tegangan *bending* pada material ialah sebagai berikut :

$$\sigma_f = \frac{3.P.L}{2.b.d^2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

P = Beban (N)

L = Panjang benda uji (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = tebal benda uji (mm)

2.15 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk menganalisa morfologi permukaan dari komposit. Salah satu cara untuk melakukan pengujian ini adalah menggunakan mikroskop dengan perbesaran 20x. Pengujian dilakukan dengan menempatkan spesimen di bagian bawah meja preparat lalu difokuskan lensa menuju spesimen.



Gambar 2.6 Pengamatan Struktur Makro
(Sumber : Goldstein, 2018)

2.16 Uji Kekerasan

Uji kekerasan merupakan salah satu pengujian karakteristik untuk sifat mekanik pada suatu material. Dimana pada papan partikel ini agar diketahui tingkat kekerasannya maka diperlukan pengujian ini dengan menggunakan alat durometer. Spesimen dan prosedur pengujian pada uji kekerasan ini mengacu pada standar ASTM D2240 (Vasdzara *et al.*, 2018). Dalam pengujian polimer terbagi menjadi dua skala pengukuran, yaitu *shore D* yang digunakan untuk polimer keras sedangkan *shore A* untuk polimer lembut.

2.17 Uji Densitas

Umumnya pengujian densitas dilakukan untuk memastikan tingkat kerapatan suatu objek (Bagaskara, 2022). Secara teoritis, kerapatan atau densitas didefinisikan sebagai berat per satuan volume. Seperti yang dilakukan oleh (Lusiani, 2015) yang meneliti material komposit dan menemukan bahwa perbedaan panjang serat 5, 10, dan 15 mm berdampak pada kerapatan masing-masing variabel. Menurut standar SNI 03-2105-2006, persamaan uji massa jenis adalah sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan} = \frac{B}{I} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

B = Berat benda uji (gr)

I = Volume benda uji (cm³)

2.18 Uji Daya Serap Air

Persentase penyerapan air bertujuan untuk menganalisa kelembaban pada papan partikel. Pengujian dilakukan dengan merendam sampel di dalam air selama 24 jam. Perbandingan nilai massa sesudah dan sebelum perendaman dibagi dengan nilai massa sebelum perendaman lalu dijadikan persentasenya. Rumus yang digunakan untuk persentase penyerapan air yaitu:

$$\alpha = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

m_1 = Massa sampel sebelum perendaman (gr)

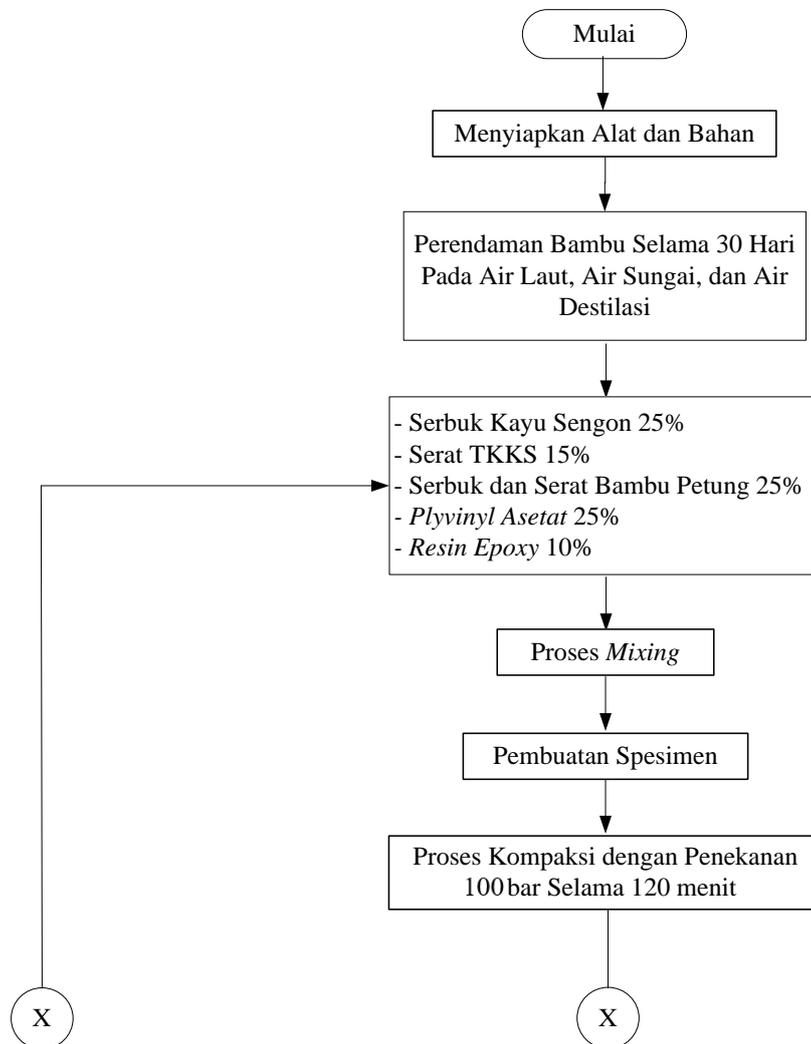
m_2 = Massa sampel sesudah perendaman (gr)

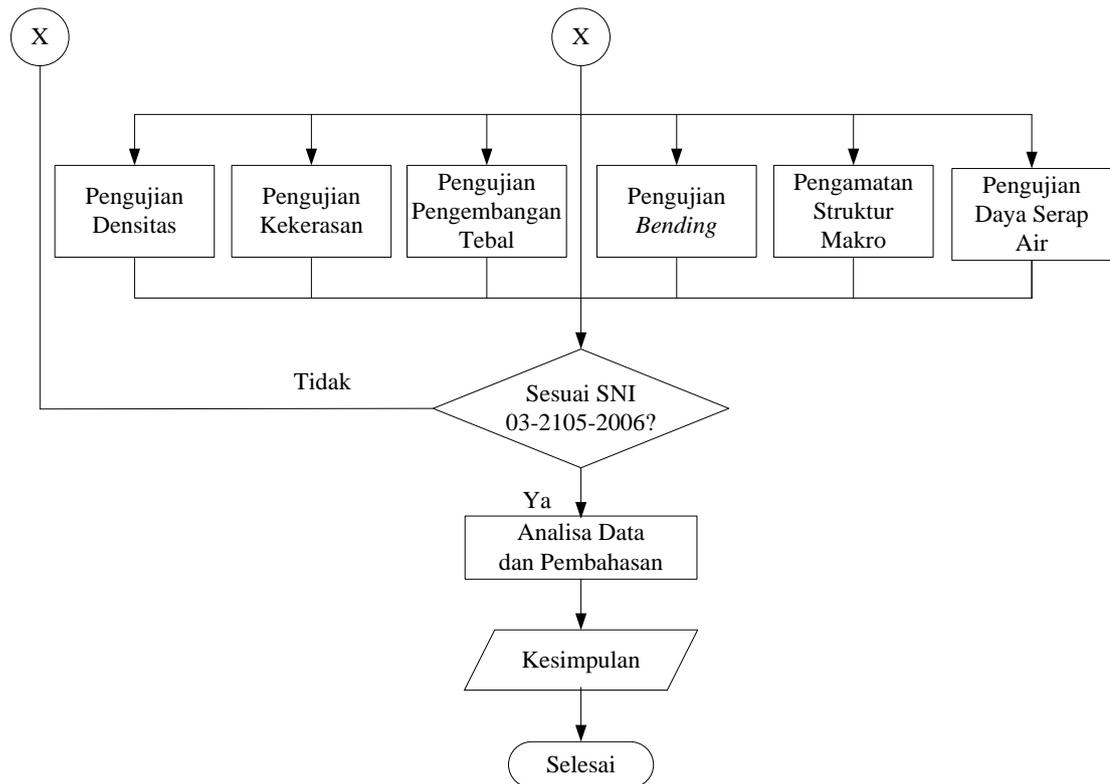
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, dengan bambu sebagai *filler* papan partikel. Pada prosesnya bambu dilakukan perendaman pada air sungai, air laut, dan air destilasi selama 30 hari. Berikut ini ialah diagram alir penelitiannya:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Adapun variabel bebas pada penelitian ini ialah media perendaman dengan air laut, air sungai, dan air destilasi selama 30 hari.

2. Variabel Terikat

Adapun variabel terikat pada penelitian ini yaitu proses kompaksi dan komposisi penyusun papan partikel seperti partikel bambu petung 25%, partikel kayu sengon 25%, serat tandan kelapa sawit 15%, perekat plyvinyl asetat (PVAc) 25%, dan resin epoxy 10%.

3. Variabel Kontrol

Adapun yang menjadi variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu nilai-nilai yang dianjurkan oleh standar SNI 03-2105-2006 pada denistas papan partikel yaitu berada pada rentan $0,40 \text{ g/cm}^3 - 0,90 \text{ g/cm}^3$, pengembangan tebal maksimum sebesar 12%, dan *bending* minimum 82 kg/cm^2 .

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Kikir



Gambar 3.2 Kikir

2. Gerinda



Gambar 3.3 Gerinda

3. Gergaji



Gambar 3.4 Gergaji

4. pH Meter



Gambar 3.5 Ph Meter

5. Gelas Ukur



Gambar 3.6 Gelas Ukur

6. *Screening Mesh 35*



Gambar 3.7 *Screening Mesh 35*

7. Cetakan Komposit



Gambar 3.8 Cetakan Komposit

8. Mesin Tekan



Gambar 3.9 Mesin Tekan

9. Alat Uji kekerasan



Gambar 3.10 Durometer

10. Alat Uji *Bending*



Gambar 3.11 *Universal Testing Machine*

11. Timbangan Digital



Gambar 3.12 Timbangan Digital

12. Alat Pengaduk



Gambar 3.13 Bor Tangan

3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Serbuk dan Serat Bambu Petung



Gambar 3.14 Serbuk dan Serat Bambu Petung

2. Serbuk Kayu Sengon



Gambar 3.15 Serbuk Kayu Sengon

3. Serat Tanda Kosong Kelapa Sawit



Gambar 3.16 Serat TKKS

4. Resin *Epoxy*



Gambar 3.17 Resin *Epoxy*

5. Perekat *polyvinyl asetat (PVAc)*



Gambar 3.18 Perekat *polyvinyl asetat (PVAc)*

3.4 Prosedur Penelitian

Berdasarkan gambar 3.1 tentang diagram alir penelitian diatas, maka terbentuklah prosedur penelitian sebagai berikut :

3.4.1 Persiapan Bahan

1. Pembuatan Serbuk dan Serat Bambu
 - a. Melakukan pengukuran Ph air pada air laut, air sungai, dan air destilasi.
 - b. Bambu dibersihkan dan dipotong menjadi beberapa bagian dengan berat yang sama yaitu 2.6 kg, yang nantinya akan dilakukan perendaman pada air laut, air sungai, dan air destilasi selama 30 hari.



Gambar 3.19 Pemotongan Bambu

- c. Bambu diambil dan dibersihkan dari kotoran yang menempal saat direndam. Lalu dikeringkan selama beberapa hari untuk mengurangi kadar air pada bambu.
 - d. Setelah kering bambu dipotong menjadi 4 bagian lalu di kikir hingga menjadi serbuk.
 - e. Bambu yang sudah dikikir lalu diayak dengan *mesh* 35 agar menjadi serbuk yang lebih halus.
2. Pembuatan Serbuk Sengon

Serbuk kayu sengon merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk membuat papan partikel. Serbuk kayu sengon ini didapatkan dari Ciamis, Jawa Barat. yang nantinya serbuk ini akan diayak juga menggunakan *mesh* 35 untuk mendapatkan serbuk yang lebih halus.



Gambar 3.20 Pengayakan Serbuk Sengon

3. Pembuatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit
- a. Tandan kosong kelapa sawit yang masih utuh dibelah menjadi 2 bagian.
 - b. Tandan kosong kelapa sawit yang sudah dibelah lalu dikeringkan dibawah sinar matahari selama beberapa hari untuk mengurangi kadar air.



Gambar 3.21 Pengeringan TKKS

- c. Setelah kering pisahkan serat tandan kosong kelapa sawit dengan kulitnya.
- d. Serat yang sudah dipisahkan dipotong dengan panjang 15 mm dengan gunting.
- e. Serat yang telah dipotong direndam dalam larutan alkali 5% untuk menghilangkan zat pengotor pada serat selama 2 jam.



Gambar 3.22 Alkalisasi TKKS

- f. Setelah itu serat dikeringkan dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar air.

3.4.2 Proses Pengomposisian

Proses ini untuk menentukan berapa berat yang dibutuhkan untuk membuat papan partikel dari dari setiap bahan yang sudah ditentukan. Adapun densitas serat dan serbuk bambu $0,7 \text{ g/cm}^3$, serat TKKS $0,7 \text{ g/cm}^3$, serbuk sengon $0,44 \text{ g/cm}^3$, resin epoxy $1,1 \text{ g/cm}^3$, dan perekat PVAc $1,07 \text{ g/cm}^3$

Volume cetakan = $P \times L \times t$

$$= 212 \times 212 \times 17$$

$$= 764048 \text{ mm}^3 = 764,048 \text{ mm}^3$$

Perhitungan Massa bahan ($V\% \times V_{\text{cetakan}} \times \rho$) :

1. Serbuk dan serat bambu = $25\% \times 764,048 \times 0,7 = 133.7 \text{ gr}$
2. Serbuk sengon = $25\% \times 764,048 \times 0,44 = 84.04 \text{ gr}$
3. Serat tandan kosong kelapa sawit = $15\% \times 764,048 \times 0,7 = 80.22 \text{ gr}$
4. Resin epoxy = $10\% \times 764,048 \times 1,1 = 84.04 \text{ gr}$
5. PVAc = $25\% \times 764,048 \times 1,07 = 204,4 \text{ gr}$

3.4.3 Proses Pembuatan Sampel

1. Proses *Mixing*

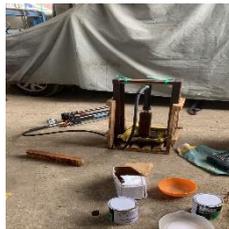
- a) Mencampurkan serat TKKS, serbuk kayu sengon, serat dan serbuk bambu.
- b) Setelah ketiga bahan tercampur, masukan perekat PVac dan resin epoxy.
- c) Aduk semua bahan hingga tercampur dengan merata.
- d) Bahan yang sudah dicampur lalu dimasukkan kedalam cetakan untuk dilakukan proses kompaksi.



Gambar 3.23 Proses Pengadukan

2. Proses Kompaksi

Proses kompaksi dilakukan dengan memasukan campuran komposit yang sudah merata kedalam cetakan berukuran 212x212x70 mm untuk dipress dengan tekanan 100 bar dan ditahan selama 120 menit.



Gambar 3.24 Proses Kompaksi

3. Proses *Post-curing*

Proses selanjutnya adalah *post-curing* dimana sampel dipanaskan di dalam oven hingga suhu 150 °C dan ditahan selama 60 menit. Proses ini bertujuan untuk perekatan antara partikel pada papan partikel.



Gambar 3.25 Proses *Post-curing*

3.4.4 Proses Pengujian

1. Prosedur Pengujian Densitas

Dimensi sampel yang digunakan pada pengujian densitas ini yaitu 100 x 100 x 15 mm. Adapun prosedur pengujian densitas yaitu sebagai berikut :

- a) Mengukur volume spesimen.
- b) Menimbang spesimen menggunakan timbangan.
- c) Menghitung densitas dengan membagi massa spesimen dengan volumenya.

2. Prosedur Pengujian Pengembangan Tebal

Dimensi sampel yang digunakan pada pengujian densitas ini yaitu 50 x 50 x 15 mm. Adapun prosedur pengujian densitas yaitu sebagai berikut :

- a) Mengukur dimensi tebal pada spesimen.
- b) Merendam spesimen didalam air selama 24 jam pada suhu ruang.
- c) Setelah direndam lalu angkat spesimen dan ukur kembali dimensinya.
- d) Menghitung presentase pengembangan tebal spesimen.

3. Prosedur Pengujian Daya Serap Air

- a) Menyiapkan sampel uji yang sama dengan pengujian pengembangan tebal.
- b) Merendam sampel uji didalam air selama 24 jam pada suhu ruang.
- c) Mengangkat sampel uji dan mengukur massanya.

d) Mencatat data yang didapat dan menghitung hasil serapan airnya.

4. Prosedur Pengujian *Bending*

Dimensi sampel yang digunakan pada pengujian *bending* ini yaitu 96 x 12,7 x 6 mm. Adapun prosedur pengujian densitas yaitu sebagai berikut :

- a) Mengukur dimensi spesimen meliputi panjang, lebar, dan tebal.
- b) Meletakkan spesimen secara mendatar pada penyangga.
- c) Memberikan tekanan di bagian tengah oleh alat uji *bending*
- d) Mencatat nilai defleksi pada spesimen.

5. Prosedur Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat durometer. Dimensi sampel yang digunakan pada pengujian densitas ini yaitu 100 x 100 x 15 mm. Adapun prosedur pengujian densitas yaitu sebagai berikut :

- a) Menyiapkan spesimen uji dan peralatan yang dibutuhkan
- b) Identor Mengukur spesimen uji menggunakan jangka sorong.
- c) Melakukan pengujian menggunakan durometer.
- d) Mencatat hasil angka yang terdapat pada durometer.

6. Prosedur Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui struktur makro material, ukuran partikel, ukuran pori, dan bentuk partikel. Adapun prosedurnya sebagai berikut :

- a) Menyiapkan sampel uji setelah melakukan proses pengujian *bending*.
- b) Meletakkan spesimen pada *holder* mesin uji Mikroskop.
- c) Mengatur posisinya agar mendapat pencahayaan yang sesuai.
- d) Meletakkan benda uji di bawah lensa mikroskop dan mengatur posisinya.

e) Mengamati dan menganalisa analisis struktur mikro yang didapat.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Media Perendaman

Pada penelitian kali ini terdapat tiga jenis media perendaman yang digunakan yaitu, air laut, air destilasi dan air sungai, dimana ketiga media tersebut dipilih karena dalam proses pengawetan bambu sendiri terdapat 2 proses yaitu secara alami dan sintetis. Menggunakan media perendaman merupakan salah satu proses pengawetan bambu secara alami dimana dengan menggunakan media perendaman biaya yang dibutuhkan juga sangat kecil karena murah dan juga mudah didapat. Menurut Prasetyo *et al* (2019), Pengawetan secara tradisional dapat dilakukan dengan melakukan proses perendaman bambu baik dengan menggunakan media air berupa kolam maupun dalam media air mengalir seperti sungai.

4.1.1. Kadar pH Air

Kadar pH air merupakan suatu satuan ukur yang digunakan untuk mengetahui ukuran tingkat kebasaaan atau kemasamaan dari suatu air. Pengertian lain mengenai kadar pH air yaitu merupakan jenis parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kadar asam dan basa dari suatu air (Nurasia, 2019). Range ukuran pH air terdiri dari 0 – 14 dimana untuk air yang masuk kedalam kategori masam aitu pada range 0 – 6 sedangkan untuk kadar air basa ada di range 6 -14 sedangkan untuk nilai pH 7 masuk kedalam kategori netral. Pada penelitian kali ini dilakukan pengukuran kadar pH untuk tiap media perendaman dan dilakukan sebelum proses perendaman dan juga setelah proses perendaman. Berikut merupakan kadar pH air dalam penelitian ini.

Tabel 4.1 Kadar pH air sebelum & sesudah proses perendaman

Sebelum Perendaman		Setelah Perendaman	
Media Perendaman	Nilai pH	Media Perendaman	Nilai pH

Air Laut	7,17	Air Laut	6,15
Air Destilasi	6,89	Air Destilasi	6,52
Air Sungai	6,78	Air Sungai	6,17

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat yaitu pH meter, dimana setelah dilakukan pengukuran didapatkan nilai pH air dari tiga jenis media perendaman memiliki kisaran yang sama yaitu di range 6 – 8 dimana nilai tersebut masuk kedalam kategori netral. Dimana untuk urutan nilai pH sebelum perendaman yaitu air laut, air destilasi, dan air sungai. Kemudian setelah dilakukan proses perendaman bambu selama 30 hari ternyata terdapat penyusutan nilai pH dimana untuk air laut terjadi penyusutan pH sebesar 1.02. Kemudian untuk kadar pH air destilasi mengalami penyusutan sebesar 0.37 dan untuk air sungai terjadi penyusutan sebesar 0.61. Penyusutan pH tersebut terjadi karena adanya proses perendaman yang cukup lama (Handayani *et al.*, 2015) sehingga menyebabkan partikel – partikel yang terkandung seperti senyawa asam dalam bambu terlepas dan meluruh kedalam air rendaman sehingga nilai pH menjadi rendah.

4.1.2. Kadar TDS Air Rendaman

TDS Air atau *Total Dissolve Solid* merupakan jumlah zat padat yang terlarut didalam air. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai TDS seperti faktor bahan anorganik dari material – material yang berhubungan dengan air tersebut. Pada penelitian ini faktor utama dari meningkatnya TDS adalah partikel – partikel padat pada bambu yang meluruh kedalam air rendaman. Berikut merupakan hasil pengukuran kadar TDS pada air rendaman bambu

Tabel 4.2 Nilai TDS air sebelum & sesudah proses perendaman

Sebelum Perendaman		Setelah Perendaman	
Media Perendaman	Nilai TDS	Media Perendaman	Nilai TDS
Air Laut	28.5 ppt	Air Laut	31.7
Air Destilasi	6 ppm	Air Destilasi	446
Air Sungai	104 ppm	Air Sungai	447

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat yaitu pH meter, dimana setelah dilakukan pengukuran didapatkan nilai pH air dari tiga jenis media air perendaman yaitu air laut, air destilasi, dan air sungai. Ketika belum dilakukan perendaman nilai TDS tertinggi yaitu pada air laut dengan nilai mencapai 28.5 ppt, kemudian diikuti dengan air sungai dengan 104 ppm dan yang paling kecil yaitu air destilasi yaitu hanya 6 ppm. Setelah dilakukan perendaman selama 30 hari nilai TDS air perendaman mengalami kenaikan yang sangat signifikan dimana pada air sungai naik menjadi sebesar 447 ppm, kemudian air laut menjadi 31.7 ppt yang mana menjadikannya nilai TDS terbesar setelah proses perendaman dan terakhir air destilasi yaitu 446 ppm. Peningkatan nilai TDS ini disebabkan oleh partikel – partikel yang berasal dari bambu yang meluruh ke dalam air rendaman sehingga menyebabkan angka TDS air rendaman menjadi meningkat (Kustiyaningsih & Irawanto, 2020). Salinitas pada air dapat mempengaruhi densitas airnya, karena semakin naik salinitas air maka densitasnya akan naik juga (Huboyo & Zaman, 2007). Hal ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Maharani *et al* (2014) yaitu densitas lebih rendah terdapat di sepanjang pantai daratan Pulau Jawa dan densitas lebih tinggi berada jauh dari pantai. Kondisi tersebut sesuai dengan pola distribusi salinitas, yang mana sepanjang pantai memiliki densitas yang lebih rendah. Umumnya, air dengan salinitas tinggi akan memiliki TDS yang tinggi pula. Bahwa setiap peningkatan 1 satuan nilai salinitas akan meningkatkan 900,2 satuan nilai TDS, begitu juga sebaliknya apabila terjadi penurunan nilai salinitas (Pratama, 2020).

4.2. Sifat Fisik Papan Partikel

Sifat fisik papan partikel merupakan suatu sifat yang dimiliki oleh papan partikel yang tidak bergantung pada komposisi kimia atau komponen mekanisnya. Sifat fisik sendiri bersifat tidak tetap dan akan berubah jika terkena variable tertentu, misalnya panas. Secara khusus pada penelitian kali ini sifat fisik yang diteliti terdiri dari bebepa jenis seperti densitas, penembangan tebal dan juga daya serap air.

4.2.1. Densitas

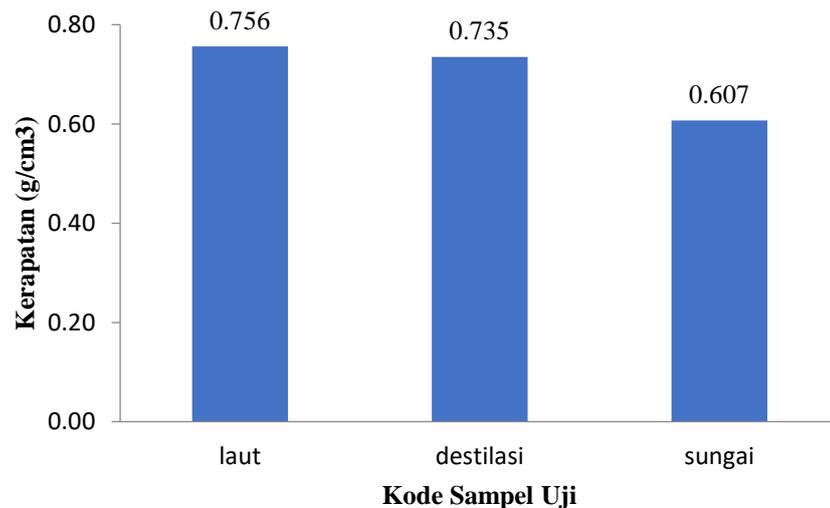
Densitas atau bisa juga disebut sebagai kerapatan yang merupakan bentuk parameter yang memberikan informasi mengenai kondisi kimia dan fisik pada suatu papan partikel (Sucipto *et al.*, 2011). Pada penelitian yang dilakukan pada pembuatan papan komposit dengan komposisi material yang terdiri dari bambu petung, kayu sengon dan tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan resin *Epoxy* serta PVAc sebagai bahan perekat dengan menggunakan tiga jenis variabel yang digunakan dan tiap – tiap variabelnya terdiri dari 3 sampel, didapatkan hasil pengujian densitas sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Densitas

Media Perendaman	Kode Sampel	Densitas (g/cm ³)	Rata - Rata Densitas (g/cm ³)
Air Laut	PAL01	0.734	0.756
	PAL02	0.779	
	PAL03	0.756	
Air Destilasi	PAD01	0.719	0.735
	PAD02	0.754	
	PAD03	0.733	
Air Sungai	PAS01	0.617	0.607
	PAS02	0.613	
	PAS03	0.590	

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwasannya untuk sampel yang memiliki nilai kerapatan paling tinggi secara umum yaitu pada sampel air laut dengan tingkat kerapatan mencapai 0.756 g/cm³. Kemudian untuk sampel air laut yang memiliki densitas tertinggi yaitu kode PAL02, dimana nilai densitas atau kerapatannya mencapai 0.779 g/cm³. Kemudian untuk sampel air destilasi memiliki nilai densitas 0.735 g/cm³ dan sampel dengan perendaman air sungai memiliki nilai densitas paling rendah yaitu hanya sebesar 0.607 g/cm³, dimana secara khusus nilai densitas tekecil jatuh pada kode sampel PAS03 yaitu hanya sebesar 0.590 g/cm³. Pada densitas atau kerapatan papan partikel, jenis standar yang digunakan adalah Standar

Nasional Indonesia (SNI) dengan spesifikasi yaitu SNI 03-2105-2006 dimana dalam standar tersebut diatur bahwasannya tingkat densitas atau kerapatan papan partikel wajib memiliki nilai densitas diantara rentang 0.4 – 0.9 g/cm³. Sehingga berdasarkan hasil penelitian yang telah didapat dan dilakukan perbandingan dengan standar kerapatan yang digunakan maka dari ketiga sampel yang ada semuanya memenuhi standar kerapatan yang ada yaitu SNI 03-2105-2006.



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Nilai Densitas Papan Partikel

Secara umum, densitas air perendaman yang lebih tinggi akan menyebabkan peningkatan densitas papan partikel yang lebih besar namun hal ini juga bergantung pada faktor lain (Setiawan, 2008). Menurut Mirza *et al.*, (2020) dalam jurnalnya, besar kecilnya nilai densitas pada papan partikel dipengaruhi oleh bahan baku, pengeleman dan *pressure* kempa yang diberikan pada proses pengempaan, dimana semakin tinggi pengempaan maka densitas yang ada pada papan partikel akan semakin tinggi. Pada penelitian kali ini baik air destilasi, air sungai dan air laut memiliki densitas yang tidak terlalu jauh yaitu pada range 1 – 1.02 g/m³, dimana air laut memiliki densitas tertinggi yaitu 1.021 g/cm³ (Haza, 2015). Lalu menurut Gideon & Tarigan, (2020) untuk air destilasi memiliki densitas 0.955 g/cm³. Untuk nilai densitas air sungai berdasarkan penelitian Nixolas *et al.*, (2018) sebesar 0.998 g/cm³. Hal ini sesuai dengan yang dilakukan

oleh Sunardi *et al.*, (2023) bahwa perendaman bambu selama 30 hari pada air laut dapat meningkatkan densitas pada papan partikel. Air laut sendiri memiliki kandungan garam terlarut, garam ini dapat meningkatkan densitas bambu petung.

4.2.2. Pengembangan Tebal

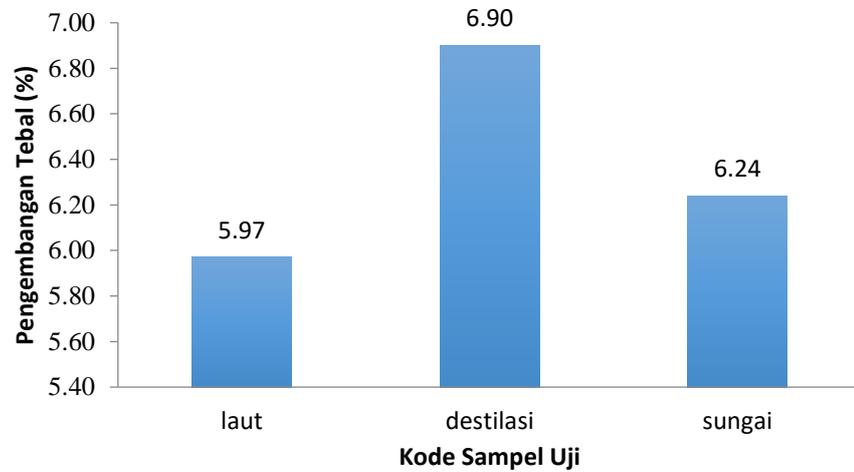
Pengembangan Tebal merupakan bentuk penambahan ketebalan yang terjadi pada papan partikel yang terjadi setelah dilakukan perendaman dalam air (Rofaida *et al.*, 2021). Pada Pengembangan Tebal, standar yang digunakan yaitu SNI 03-2105-2006 dimana berdasarkan standar tersebut ditetapkan bahwasannya pengembangan tebal maksimal yaitu kurang dari sama dengan 12%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal

Media Perendaman	Kode Sampel	Pengembangan Tebal (%)	Rata - Rata Pengembangan (%)
Air Laut	PAL01	7.58	5.97
	PAL02	4.84	
	PAL03	5.49	
Air Destilasi	PAD01	9.06	6.90
	PAD02	8.09	
	PAD03	3.54	
Air Sungai	PAS01	10.86	6.24
	PAS02	4.19	
	PAS03	3.68	

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwasannya untuk sampel yang memiliki nilai pengembangan tebal paling tinggi secara umum yaitu pada sampel air destilasi dengan tingkat pengembangan tebal mencapai 6.90%, kemudian untuk pengembangan tebal paling rendah secara umum pada air laut yaitu hanya sebesar 5.97%. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 mengenai pengembangan tebal, ketiga jenis sampel papan partikel ini memenuhi standar pengembangan tebal yang harus kurang dari 12%.

Berikut merupakan grafik dari pengujian pengembangan tebal pada penelitian kali ini.



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Nilai Pengembangan Tebal Papan Partikel

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui bahwasannya untuk sampel yang memiliki nilai pengembangan tebal paling tinggi terdapat pada papan partikel yang dilakukan perendam menggunakan air destilasi. Hal ini disebabkan kerapatan atau densitas berpengaruh langsung pada nilai pengembangan tebal yang dihasilkan pada papan partikel dimana, semakin tinggi nilai densitas yang dimiliki maka nilai pengembangan tebal yang dihasilkan akan semakin rendah. Pada penelitian ini sampel yang memiliki angka densitas tertinggi adalah pada sampel perendaman dengan air laut sehingga pada pengujian pengembangan tebal yang memiliki nilai terendah adalah air laut. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasan *et al*, (2020) dimana dalam penelitian tersebut juga menunjukkan angka bahwa nilai densitas yang dimiliki papan partikel akan berbanding terbalik dengan angka pengembangan tebal yang dihasilkan. Namun pada pengujian pengembangan tebal terdapat sedikit anomaly dimana pengembangan tebal sampel dengan perendaman air destilasi lebih tinggi dibandingkan dengan sampel dengan perendaman air sungai. Tingginya pengembangan tebal pada perendaman air destilasi dikarenakan penggunaan PVAc yang terlalu banyak pada saat pencampuran.

Perendaman yang membuat kontak antara air dengan PVAc melepas ikatan antara partikel dan matriksnya, sehingga kemampuan matriks dalam menahan perubahan dimensi menjadi melemah. PVAc sendiri cenderung melembut jika terkena air. Maka dari itu penambahan resin epoxy yang memiliki sifat tahan air berguna untuk memperbaiki sifat perekat PVAc (Sunardi et al., 2022).

4.2.3. Daya Serap Air

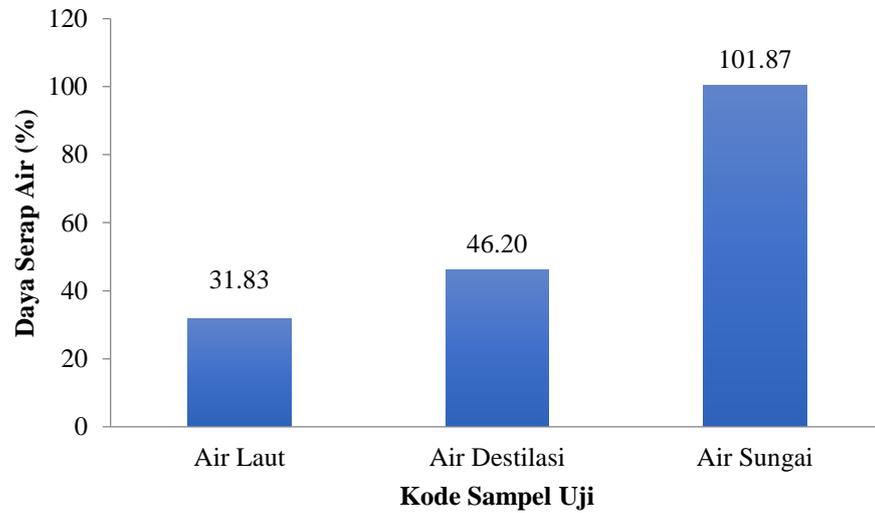
Daya serap air adalah suatu perilaku yang dilakukan papan partikel dengan melakukan penyerapan air ketika dilakukan perendaman, dimana makin minim daya serap air yang dipunya papan partikel maka papan partikel tersebut memiliki kemampuan stabilitas dimensi yang baik (Setyawati & Yani, 2018). Pada penelitian kali ini perendaman dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang. Berikut merupakan tabel pengujian daya serap.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Daya Serap

Media Perendaman	Kode Sampel	Penyerapan Air (%)	Rata - Rata Penyerapan air (%)
Air Laut	PAL01	35,22	31,83
	PAL02	28,98	
	PAL03	31,30	
Air Destilasi	PAD01	49,28	46,20
	PAD02	37,54	
	PAD03	51,79	
Air Sungai	PAS01	89,41	101,87
	PAS02	78,25	
	PAS03	137,96	

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwasannya untuk sampel yang memiliki nilai daya serap paling tinggi yaitu pada sampel dengan perendaman menggunakan air sungai dimana daya serap yang dihasilkan mencapai 101.87% kemudian diikuti oleh air destilasi sebesar 46.20% dan air laut

sebesar 31.83%. Berikut merupakan grafik nilai pengujian daya serap air pada penelitian kali ini



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Nilai Daya Serap Air

Dari grafik 4.3 didapat bahwa nilai daya serap air tertinggi dimiliki oleh air sungai. Salah satu penyebab tingginya daya serap air adalah tingkat densitas yang rendah. Menurut Hasan *et al* (2020) dalam jurnalnya menyatakan, bahwa semakin besar nilai densitas yang dimiliki oleh suatu papan partikel maka nilai daya serap air yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian kali ini daya serap air tertinggi dimiliki oleh sampel dengan perendaman air sungai, dimana pada pengujian densitas yang dilakukan sampel dengan perendaman air sungai juga didapatkan bahwa nilai densitas papan partikel dengan perendaman air sungai menghasilkan nilai densitas yang rendah. Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Mirza *et al.*, (2020), semakin kecil kandungan daya serap air dalam papan partikel maka akan semakin baik, hal ini dikarenakan keberadaan air dalam papan partikel berpengaruh terhadap pengembangan tebal papan partikel dan kekuatan dari papan partikel tersebut. Banyaknya kandungan air dalam papan partikel dapat menghambat penetrasi PVAc sebagai perekat antar ikatan papan partikel. Hal ini terjadi juga pada papan partikel dengan perendaman air laut, dimana pada pengujian kerapatan, papan partikel dengan perendaman

air laut menghasilkan nilai kerapatan yang tinggi sehingga daya serap air yang dimiliki sangat rendah dibandingkan dua variabel lain.

Kemudian berdasarkan standar SNI 03-2015-2006 mengenai nilai daya serap air pada papan partikel harus berkisar pada 6 – 40%. Pada penelitian kali ini nilai daya serap air yang sesuai standar hanya satu yaitu pada sampel dengan perendaman air laut. Sehingga pada pengujian daya serap air berdasarkan beberapa rujukan serta standar yang ada disimpulkan bahwa pengujian ini sesuai dan yang paling efektif adalah pada sampel dengan perendaman air laut.

4.3. Sifat Mekanik Papan Partikel

Sifat mekanik merupakan suatu ciri atau sifat yang dimiliki oleh papan partikel guna menampakan kekakuan dari material ketika diberi beban baik dinamik maupun statik. Sifat mekanik terdiri dari beberapa jenis, namun pada penelitian kali ini sifat mekanik yang dibahas adalah kekerasan dan bending

4.3.1. Kekerasan

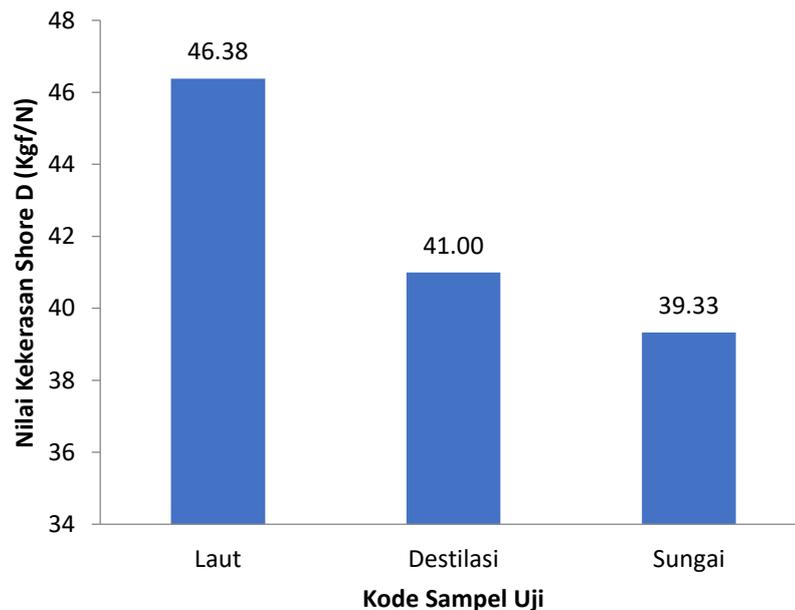
Salah satu sifat mekanik yang harus dimiliki oleh papan partikel adalah kekerasan, kekerasan merupakan kemampuan yang dimiliki oleh papan partikel untuk mampu menerima gaya yang terdiri dari penetrasi dan kekuatan yaitu berupa tegangan tanpa mengalami patah (Rauf *et al.*, 2021) Berikut merupakan hasil pengujian kekerasan pada papan partikel yang digunakan pada penelitian kali ini

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekerasan Durometer Shore D

Media Perendaman	Kode Sampel	Nilai Kekerasan Durometer Shore D	Rata - Rata Kekerasan Durometer Shore D
Air Laut	PAL01	40	46.38
	PAL02	45	
	PAL03	55.5	
Air Destilasi	PAD01	51	41.00
	PAD02	40.5	

	PAD03	31.5	
Air Sungai	PAS01	31	39.33
	PAS02	52.5	
	PAS03	34.5	

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwasannya untuk sampel yang memiliki nilai kekerasan durometer shore D paling tinggi yaitu pada sampel dengan perendaman menggunakan air laut yaitu mencapai 46,38 *Shore D* kemudian diikuti dengan sampel perendamaan menggunakan air destilasi dengan nilai kekerasan mencapai 41 *Shore D* dan nilai kekerasan paling rendah dimiliki oleh sampel dengan perendaman air sungai yaitu hanya sebesar 39.33 *Shore D*. Berikut merupakan grafik nilai kekasaran pada penelitian kali ini.



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Nilai Kekerasan Shore D

Dari gambar 4.4 didapat bahwa nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh sampel dengan perendaman pada air laut. Hasil tersebut dikuatkan dengan pendapat yang dipaparkan pada penelitian (Panuntun *et al*, 2021), Menurutnya makin tinggi nilai densitas yang dimiliki oleh papan partikel makan akan berbanding lurus dengan nilai kekerasan yang dihasilkan oleh

papan partikel tersebut. Ini terjadi karena nilai densitas yang besar memiliki ikatan matriks dan serat yang sangat kuat. Pada penelitian kali ini urutan sampel yang memiliki nilai densitas tertinggi yaitu dimulai dari papan partikel dengan perendaman air laut, air destilasi, air sungai kemudian pada nilai kekerasan shore D dihasilkan siklus yang sama juga dimana yang memiliki nilai kekerasan terkuat adalah papan partikel dengan perendaman air laut, air destilasi, air sungai.

4.3.2. Bending

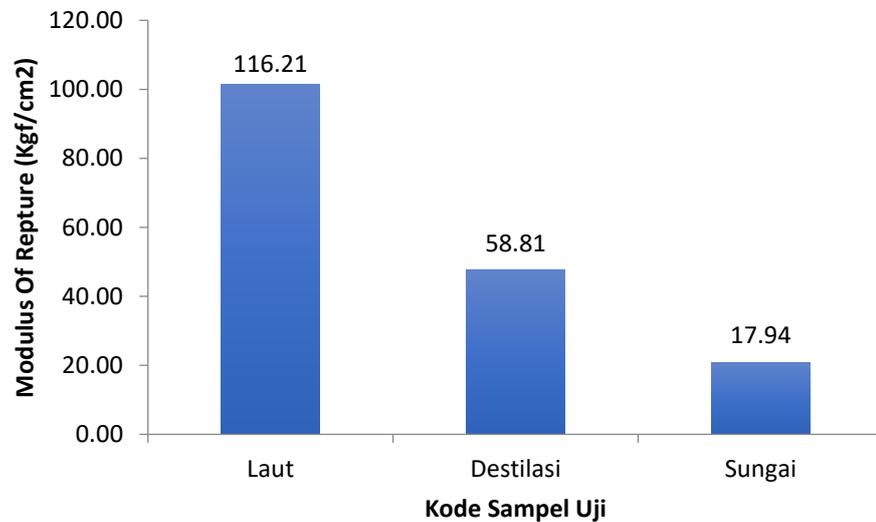
Pengujian *bending* atau pengujian kelenturan merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kemampuan material ketika menahan pembebanan hingga terjadi keretakan atau defleksi. Berikut merupakan hasil pengujian *bending* pada penelitian kali ini

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Bending

Media Perendaman	Kode Sampel	Nilai <i>Modulus of Rupture</i> (MOR) (Kgf/cm ²)	Rata - Rata Nilai <i>Modulus of Rupture</i> (MOR) (Kgf/cm ²)
Air Laut	PAL01	93.79	116.21
	PAL02	109.2	
	PAL03	145.63	
Air Destilasi	PAD01	85.74	58.81
	PAD02	57.26	
	PAD03	33.43	
Air Sungai	PAS01	24.45	17.94
	PAS02	11.98	
	PAS03	17.38	

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diketahui bahwasannya untuk sampel yang memiliki nilai bending atau *Modulus of Rupture* paling tinggi yaitu pada sampel dengan perendaman menggunakan air laut yaitu dengan rata - rata mencapai 116.21 Kgf/cm². Kemudian diikuti dengan sampel perendamaan menggunakan air destilasi dengan nilai *Modulus of Rupture* (MOR) mencapai 58.81 Kgf/cm² dan nilai kelenturan paling rendah dimiliki oleh sampel

dengan perendaman air sungai yaitu hanya sebesar 17.94 Kgf/cm². Berikut merupakan grafik nilai bending pada penelitian kali ini.



Gambar 4.5 Grafik Pengujian *Bending*

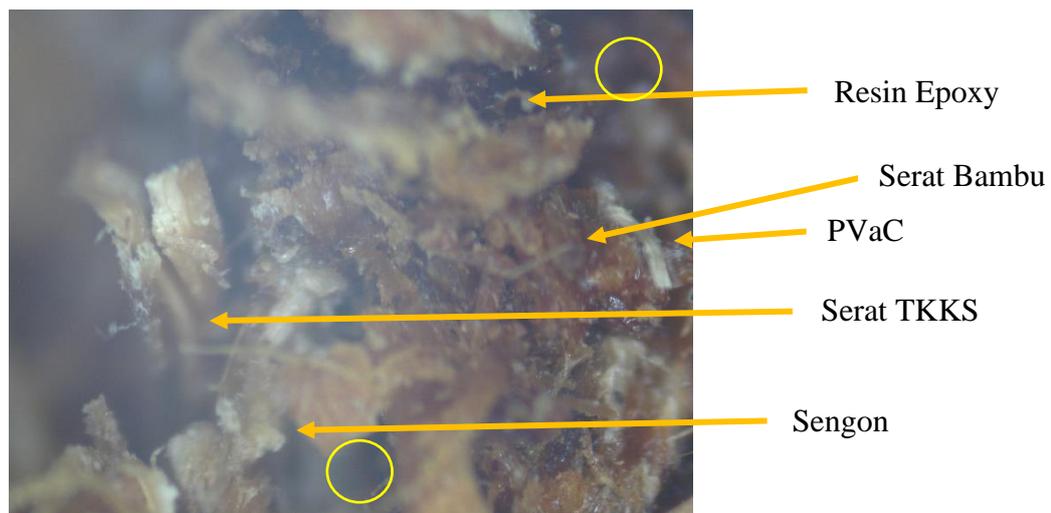
Dari gambar 4.4 didapat bahwa nilai kelenturan tertinggi dimiliki oleh sampel dengan perendaman pada air laut. Pada pengujian bending standar yang digunakan yaitu SNI 03-2105-2006 dimana dalam standar tersebut dinyatakan bahwa nilai untuk pengujian bending pada papan partikel agar sesuai dengan standar nasional Indonesia harus lebih dari sama dengan 82 Kgf/cm². Sehingga dari penelitian kali ini hanya 1 variasi sampel yang memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu pada variasi sampel dengan menggunakan perendaman air laut. Kemudian kerapatan papan partikel juga berpengaruh langsung pada *Modulus of Rupture (MOR)* dimana semakin tinggi kerapatan maka MOR yang dimiliki juga akan semakin tinggi. Hasil tersebut juga didukung dengan penelitian Rofaida *et al.*, (2021), dimana dalam penelitian yang dilakukan nilai *Modulus of Rupture* yang dihasilkan berbanding lurus juga dengan nilai kerapatan yang dimiliki oleh papan partikel sehingga hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan.

4.4. Pengamatan Morfologi Permukaan

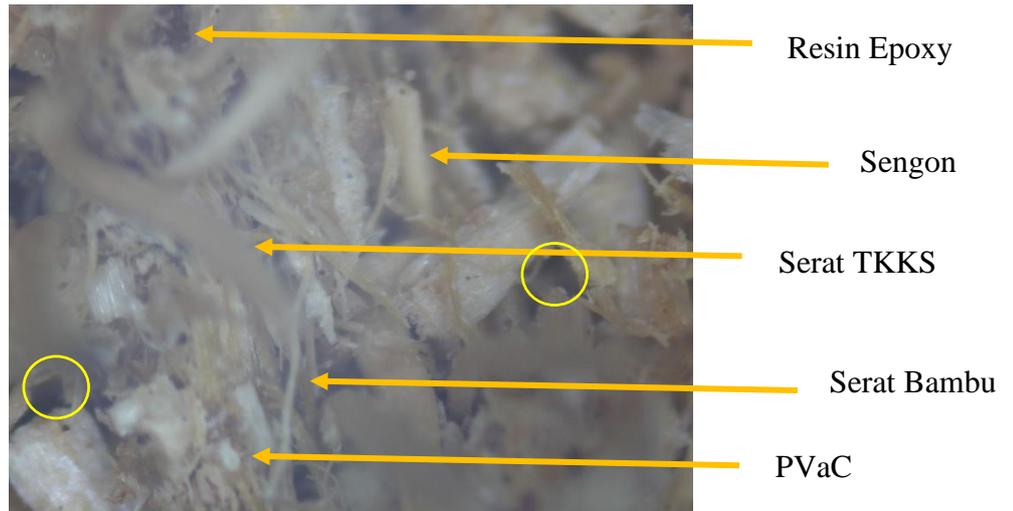
Pada penelitian kali ini juga melakukan pengamatan morfologi permukaan dari papan partikel yang telah menjadi patahan akibat pengujian bending. Tujuan mengamati struktur mikro yaitu untuk mengetahui bagaimana bentuk patahan serta kondisi partikel setelah terjadi patahan dan juga untuk melihat sebaran bahan pada papan partikel. Pada pengamatan struktur mikro alat yang digunakan berupa mikroskop optic dan dilakukan perbesaran sebesar 20 kali. Berikut merupakan hasil pengamatan struktur makro



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6 Hasil Pengamatan Morfologi Permukaan (a) Air Laut
(b) air Destilasi (c) air sungai

Berdasarkan 4.6 dapat dilihat bahwasannya hampir semua sampel dengan variasi perendaman yang dilakukan memiliki porositas atau rongga – rongga yang menyebabkan meningkatnya daya serap air. Porositas ini disebabkan karena adanya udara yang terperangkap di dalam komposit papan partikel sehingga menimbulkan porositas. Dari ketiga variasi tersebut gambar (c) atau variasi dengan perendaman air sungai lah yang memiliki porositas paling banyak sehingga menyebabkan air mampu masuk dan mengisi rongga – rongga tersebut, sehingga meningkatkan nilai daya serap. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan bahwasannya pada variasi perendaman air sungai. Sedangkan untuk hasil terbaik pada penelitian kali ini yaitu pada variasi perendaman air laut gambar (a) dimana pada hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat, porositas yang ada sangat minim hal ini karena densitas yang dimiliki lebih tinggi dibandingkan dua variasi lainnya, dan disebabkan juga karena distribusi matriks dan penguat yang merata sehingga hasilnya bagus. Hal ini sesuai dengan pendapat Hasan et al., (2020) dalam jurnalnya menyatakan, bahwa semakin besar nilai densitas yang dimiliki oleh suatu papan partikel maka nilai daya serap air yang dihasilkan semakin rendah. Kemudian pada hasil pengamatan struktur mikro pada variasi air laut dapat dilihat bahwa

memiliki serat – serat yang terlihat lebih jelas sehingga berdampak secara langsung pada nilai bending yang didapat yaitu akan semakin tinggi sesuai dengan hasil penelitian yang didapat. Menurut Nugrahanto (2016), menyatakan bahwa permukaan papan patahan partikel yang berserat dan tidak rata akan memberikan efek pada nilai bending secara positif yaitu makin banyak serat dan ketidak rataan permukaan maka akan meningkatkan nilai tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan kali ini, dapat ditarik kesimpulan yaitu perbedaan sifat mekanis dari papan partikel dengan variasi air perendaman yang terdiri dari air laut, air sungai dan air destilasi memberikan hasil berupa papan partikel yang memiliki hasil terbaik berasal dari perendaman menggunakan air laut dimana memiliki densitas yang tinggi dibandingkan variasi lain yaitu mencapai 0.756 g/cm^3 , kemudian memiliki nilai pengembangan tebal paling rendah yaitu hanya 5,97%, memiliki daya serap yang rendah yaitu 31,76%, namun memiliki kekerasan yang tinggi yaitu 46,38 *shore D* serta memiliki *modulus of rupture* yang tinggi yaitu 116.21 kgf/cm dibandingkan 2 variasi lain. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi perendaman papan partikel dengan air laut merupakan yang terbaik diantara ketiganya dan sesuai dengan SNI 03-2015-2006.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan kali ini, dapat diberi saran terkait pengembangan penelitian yaitu

1. Memastikan agar takaran saat kompaksi dlebihihkan dari perhitungan, karena akan ada serbuk atau serat yang menempel pada ember dan *mixer* nya.
2. Pastikan memotong spesimen untuk pengujian menggunakan pemotong khusus. Agar hasil potongannya rapih dan bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, V. P., & Mora, M. (2020). Analisis Pengaruh Variasi Massa Papan Partikel Berlapis Dari Batang Pisang Dan Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Partikel Perekat Resin Epoksi. *Jurnal Fisika Unand*, 9(1), 60–66.
- Bagaskara, I. F., Bayuseno, A. P., & Ismail, R. (2022). Pengujian Densitas Dan Biodegradable Material Filament 3d Print Bio-Komposit Berbahan Pcl, Pla Dan Hidroksiapatit Cangkang Rajungan. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 13-18.
- Bahtiar, E.T., Nugroho, N., Suryokusumo, S., Lestari, D.P., Karlinasari, L. And Nawawi, D.S., 2016. Pengaruh Komponen Kimia Dan Ikatan Pembuluh Terhadap Kekuatan Tarik Bambu. *Jurnal Teknik Sipil Itb*, 23(1), Pp.31-40.
- Berlin Dan Etsu, 1995. *Jenis Dan Prospek Bisnis Bambu*. Penebar Swadaya Jakarta
- Chaowana, P., 2013. Bamboo: An Alternative Raw Material For Wood And Wood-Based Composites. *Journal Of Materials Science Research*, 2(2), P.90.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius
- Fauziah., Dwiria, W. Dan Boni, P. L. 2014. Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Berbahan Dasar Sekam Padi. *Positron*, Vol. Iv, No. 2, Hal. 60-63.
- Furqon, G. R., & Firman, M. (2016). Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja St 60 Dengan Media Pendingin Yang Berbeda. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(1).
- Fawaid, M., Sunardi, S. and Susanto, H., 2013, October. Pengaruh proses perendaman bambu pada media lumpur sebagai bahan komposit dengan matriks resin epoksi sebagai bahan baku alternatif kampas rem. In *Prosiding Seminar Nasional Industrial Services (SNIS) III* (pp. 455-460). Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Gabriel, J. F. 2001. *Fisika Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Hiprokrates

- Gideon, S. and Tarigan, E.R., 2020. Penentuan Massa Jenis Oli secara Sederhana dengan Hukum Archimedes. *Physics Education Research Journal*, 2(1), pp.43-50.
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W., Scott, J. H. J., Joy, D. C., ... & Joy, D. C. (2018). Scanning Electron Microscope (Sem) Instrumentation. *Scanning Electron Microscopy And X-Ray Microanalysis*, 65-91.
- Grosser, D., & Liese, W. (1971). On The Anatomy Of Asian Bamboos, With Special Reference To Their Vascular Bundles. *Wood Science And Technology*, 5, 290-312.
- Guide For The Design And Construction Of Externally Bonded Frp Systems For Strengthening Concrete Structures, 2002, Aci 440.2r-02., Reported By Aci Committee 440.
- Hasan, A., Yerizam, M., & Ningtyas Kusuma, M. (2020). Papan Partikel Ampas Tebu (Saccharum Officinarum) Dengan Perekat High Density Polyethylene Bagasse (Saccharum Officinarum) Particle Board With High Density Polyethylene Adhesive. *Jurnal Kinetika*, 11(03), 8–13.
- Hastuti, S., Pramono, C., Akhmad, Y., 2018, Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok Sebagai Material Komposit Serat Alam Yang Biodegradable, *Journal Of Mechanical Engineering Vol 2 No 1, Magelang*.
- Haza, Z.F., 2015. STUDI DRAG FORCE GELOMBANG AIR LAUT TERHADAP FONDASI TIANG MINI (MINIPILE) DI KAWASAN PANTAI PARANGTRITIS. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 1(1), pp.28-35.
- Huboyo, H.S. and Zaman, B., 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang). *Jurnal Presipitasi*, 3(2), pp.40-45.
- Khotimah, H., Anggraeni, E.W. And Setianingsih, A., 2018. Karakterisasi Hasil Pengolahan Air Menggunakan Alat Destilasi. *Jurnal Chemurgy*, 1(2), Pp.34-38.

- Kristanto, P., 2002, Ekologi Industri, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Kroschwitz, J. 1990, Polymer Characterization And Analysis, John Wiley And Sons, Ins., Canada.
- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (Tds) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan *Sagittaria Lancifolia*. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143–148.
- Lehninger. 1982. Dasar-Dasarbiokimia. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Liese, W. (1985). Bamboos-Biology, Silvics, Properties, Utilization. Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (Gtz) Gmbh, Eschborn, Germany.
- Lusiani, R., Sunardi, S., & Ardiansah, Y. (2015). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Papan Komposit Dengan Variasi Panjang Serat. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1).
- Maharani, W.R., Setiyono, H. and Setyawan, W.B., 2014. Studi Distribusi Suhu, Salinitas dan Densitas Secara Vertikal dan Horizontal di Perairan Pesisir, Probolinggo, Jawa Timur. *Journal of Oceanography*, 3(2), pp.151-160.
- Malinda, F.A. Dan L Atmaja, F. 2014. Polimerisasi Emulsi Polivinil Alkohol Dan Monomer Vinil Asetat Dalam Campuran Pelarut Etil Asetat-Air Pda Sintesis Polivinil Asetat. Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November (Its). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* Vol. 2(1): 1-5.
- Maloney, T.M., 1993. Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Inc., San Francisco, 681 Pp.
- Marpaung, C. I., Sucipto, T., & Hakim, L. (N.D.). Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Partikel Dari Serbuk Limbah Gergajian Dengan Berbagai Kadar Perkat Isosianat (Physical And Mechanical Properties Of The Waste Sawdust Particle Board With Various Of Isocyanate Adhesive Levels).
- Martin Alberto Masuelli, 2013. Introduction Of Fibre-Reinforced Polymers–Polymers And Composites: Concepts, Properties And Processes, [Http://Dx.Doi .Org/10.5772/ 54629](http://dx.doi.org/10.5772/54629).

- Mathew, F. L., & R. D. Rawlings. 1994. *Composit Material: Engineering And Science*. London: Chapman And Hall.
- Ming, C.Y.T., Jye, W.K. And Ahmad, H.A.I., 2017. Mechanical Properties Of Bamboo And Bamboo Composites: A Review. *J. Adv. Res. Mater. Sci*, 35, Pp.7-26.
- Mirza, H., Mahdie, M. F., Rahmat, G. A., Program, T., & Kehutanan, S. (2020). Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Dari Serbuk Gergajian Kayu Sengon Laut (Paraserianthes Falcataria) Menggunakan Perekat Pvac Physical And Mechanical Properties Of Particle Board Of Sea Sengon (Paraserianthes Falcataria) Wood Sawdust Using Pvac Adhesives. In *Jurnal Sylva Scientiae* (Vol. 03, Issue 5).
- Nayiroh, N., 2013. *Teknologi Material Komposit*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- Ngadianto, A., Widyorini, R., & Lukmandaru, G. (2012). Karakteristik Papan Partikel Limbah Kayu Sengon Dengan Perlakuan Pengawetan Asap Cair. Dalam Suhasman, A. Arif, M. Muin, I. Sulistyawati, A. D. Yuniarti, & S. I. Maulany (Eds.) *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (Mapeki) Xvi* (Hal.500- 506).
- Nixolas, L., Susanti, N., Samsidar, S. and Handayani, L., UJI DENSITAS DAN POROSITAS SERTA KARAKTERISASI MENGGUNAKAN XRD DAERAH MATA AIR PANAS SEMURUP SUNGAI MEDANG KABUPATEN KERINCI PROVINSI JAMBI. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 15(1), pp.84-87.
- Nurasia. (2019). Analisis Kualitas Ph, Suhu, Warna Dan Tds Air Pdam Kota Palopo. *Jurnal Dinamika*, 10(1).
- Nurhidayat, A. And Rahayu, S.Y.S.R., 2016. Analisa Kekuatan Bending Akibat Pengaruh Media Perendaman Terhadap Komposit Hdpe Limbah-Cantula Sebagai Bahan Panel Ramah Lingkungan. *Jurnal Wacana*,(01), Pp.1-7
- Pambudi, A., Farid, M., & Nurdiansah, H. (2017). Analisa Morfologi Dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) Hasil

- Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik Its*, 6(2), F435-F440.
- Pandu, F.Y. 2018. Pengaruh Penambahan Perekat Polyvinyl Acetate (Pvac) Terhadap Kualitas Briket Dari Ampas Tebu Sebagai Energi Alternatif. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Panuntun, B. A., Rahmadi, A., Zainal, D., Program, A., & Kehutanan, S. (2021). Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Partikel Dari Serbuk Kayu Karet (Hevea Bransiliensis) Dengan Berbagai Dosis Perekat Polyvinyl Acetate. In *Jurnal Sylva Scientiae* (Vol. 04, Issue 6).
- Petrucci, Ralph H. 2008. *Kimia Dasar Prinsip Dan Terapan Modern Edisi Keempat Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.
- Pitojo, Setijo., Purwantoyo, Eling. 2003. *Deteksi Pencemar Air Minum*. Semarang: Cv. Aneka Ilmu.
- Pojoh, B. Swa, Ni. Pengaruh Perlakuan Awal Terhadap Kualitas Tulangan Bambu Untuk Substitusi Besi Beton. Manado.
- Pojoh, B., 2017. Pengaruh Perendaman Dalam Air Sungai Dan Air Laut Terhadap Daya Tahan Tulangan Bambu Petung Asal Tomohon. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 9(1), Pp.37-48.
- Prasetyo, H., Nurrochmat, D. R., & Sundawati, L. (2019). Feasibility Study Of Community-Based Bamboo Preservation. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 9(1), 200–209. H
- Pratamaa, G.I.P., Hendrawana, I.G., Karanga, I.W.G.A. and Chappuisb, A., 2020. Karakteristik vertikal salinitas dan tds di perairan amed dan tulamben, karangasem, bali. *J. Mar. Res. Technol*, 3(1), pp.47-58.
- Pujirahayu, N. (2012). Kajian Sifat Fisik Beberapa Jenis Bambu Di Kecamatan Tonggauna Kabupaten Konawe. *Jurnal. Fakultas Pertanian*.
- Putra, E. 2011. Kualitas Partikel Batang Bawah, Batang Atas Dan Cabang Kayu Jabon. Skripsi. Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor

- Radam, R., Soendjoto, M. A., & Rezekiah, H. A. A. (2018). Pengaruh Kerapatan Terhadap Pengembangan Tebal Dan Penyerapan Air Papan Partikel Dari Sabut Kulit Buah Nipah. In Prosiding Seminar Nasional Teknologi Hasil Hutan 2018 (Pp. 169-177). Forestry Faculty, Lambung Mangkurat University.
- Rahmasita, M.E., Farid, M. And Ardhyanta, H., 2017. Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik Its*, 6(2), Pp.A787-A792.
- Rauf, F. A., Sappu, F. P., & Lakat, A. M. A. (2021). Uji Kekerasan Dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers Pada Berbagai Jenis Material Teknik. *Jurnal Tekno Mesin*, 5(1).
- Rien Handayani, B., Catur Edi Margana, C., -, K., Hidayati, A., & Werdiningsih, W. (2015). The Study Of Marination Time On The Quality Of Traditional Dried Meat Ready To Eat. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 26(1), 17–25. <https://doi.org/10.6066/jtip.2015.26.1.17>
- Rini.D.S, 2018. Sifat Fisika Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper* (Schult.F) Backer Ex Heyne) Dari Khdk Senaru Berdasarkan Posisi Aksial. Program Studi Kehutanan Universitas Mataram.
- Rochman, D.F. And Irfai, M.A., 2020. Pengaruh Konsentrasi Larutan Koh Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Komposit Hibrid Serat Rami Dan Serat Bambu. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), Pp.111-118.
- Rofaida, A., Pratama, R. M., Sugiarta, I. W., & Widianty, D. (2021). Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Akibat Penambahan Filler Serat Bambu. *Spektrum Sipil*, 8(1).
- S. P. S. Shinoj, M. Kochubabu, R. Visvanathan, “Oil Palm Fiber (Opf) And Its Composites: A Review.,” *Ind. Crops Prod.*, Vol. 33, Pp. 7–22, 2011
- Setyawati, D., & Yani, A. (2018). Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Dari Limbah Kayu Acacia *Crassiparva* Pada Beberapa Ukuran Partikel Dan Konsentrasi Urea Formaldehida (The Physical And Mechanical Properties Of Particle Board Made From Acacia *Crassiparva* Wood Waste On Some Particle Size And Concentration Of Urea Formaldehyde) (Vol. 6, Issue 3).

- Shabiri, M., 2014, Pengaruh Rasio Epoksi/Ampas Tebu Dan Perlakuan Alkali Pada Ampas Tebu Terhadap Kekuatan Bentur Komposit Partikel Epoksi Berpengisi Serat Ampas Tebu, Jurnal Teknik, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Sriyanti, I Dan Merlina, L. 2014. Pengaruh Polyvinyl Acetate (Pvac) Terhadap Kuat Tekan Material Nanokomposit Dari Tandan Kelapa Sawit. Jurnal Ipj Vol. 1(1): 69-73.
- Sucipto, D. A., Saroja, G., & Nuriyah, L. (2011). Pengukuran Densitas Bahan Organik Berskala Milli-Liter (ml) Dengan Metode Levitasi Magneto-Archimedes Menggunakan Sumber Magnet Tunggal.
- Suharto.Ign. (2011). Limbah Kimia Dalam Pencemaran Air Dan Udara. Yogyakarta : Cv. Andi Offset.
- Sulastiningsih, I. M., Novitasari, N., & Turoso, A. (2006). Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Sifat Papan Partikel Bambu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 24(1), 1-8
- Sulastiningsih, I.M., Jasni, J. And Sutigno, P., 2000. Pengaruh Jenis Kayu Dan Permethrin Terhadap Keteguhan Rekat Dan Keawetan Kayu Lapis*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 18(2), Pp.55-67.
- Sunardi, S., Fawaid, M. And Lusiana, R., 2017. Pengaruh Butiran Filler Kayu Sengon Terhadap Karakteristik Papan Partikel Yang Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 11(1), Pp.28-32.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Andi
- Tauvana, A.I., Syafrizal, S. And Subekti, M.I., 2020. Pengaruh Matrik Resin-Epo Terhadap Kekuatan Impak Dan Sifat Fisis Komposit Serat Nanas. Jurnal Polimesin, 18(2), Pp.99-104.
- Teknik Oleh, F. (2016). Analisa Foto Makro Dan Sem Pada Komposit Ebonit Dengan Penguat Serat Rami Untuk Pengembangan Komponen Otomotif Universitas Muhammadiyah Surakarta Publikasi Ilmiah Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I Pada Jurusan Teknik Mesin.

- Vasdazara, O. L., Ardhyanta, H. & Wicaksono, S. T., 2018. Pengaruh Penambahan Serat Cangkang Kelapa Sawit (Palm Kernel Fiber) Terhadap Sifat Mekanik dan Stabilitas Termal Komposit Epoksi/Serat Cangkang Kelapa Sawit. *JURNAL TEKNIK ITS*, 7(1), pp. 2337-3520.
- Wahyudin, 2008. Tempat Tumbuh Dan Penyebaran Bamboo. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Wardhana, W.A, 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Widiyanto, A. 2011. Kualitas Papan Partikel Kayu Karet Dan Bambu Tali Dengan Perkat Likuida Kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Vol.29 No.4. Hal 301-311.
- Widnyana, K., 2012. Bambu Dengan Berbagai Manfaatnya. *Bumi Lestari Journal Of Environment*, 8(1), Pp.1-10.
- Wulandari, T. F. 2013. Produk Papan Komposit Dengan Pemanfaatan Limbah Non Kayu Mataram. *Jurnal Media Bina Ilmiah*. Vol.7, No.6.
- Yulastuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

Perhitungan Volume Cetakan

Diketahui : Panjang (P) = 21,2 cm

Lebar (L) = 21,2 cm

Tinggi (T) = 1,7 cm

Ditanya : V_{cetakan} ?

Jawab : $V_{\text{cetakan}} = P \times L \times T = 21,2 \times 21,2 \times 1,7 = 764 \text{ cm}^3$

Perhitungan Tekanan Kompaksi

Diketahui:

Diameter Penekan = 25,4 mm

A_H (Luas Penampang Hidraulik) = 44100 mm^2

A_K (Luas Penampang Komposit) = 506,45 mm^2

P_H (Tekanan Gauge) = 100 bar = 10 N/mm^2

Ditanya: P_K (Tekanan Kompaksi) ?

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A$$

$$F_{\text{Penekan}} = P_H \times A_H$$

$$F_{\text{Penekan}} = 10 \times 506,45 = 5064,5 \text{ N}$$

$$P_K = \frac{F_{\text{Penekan}}}{A_H}$$

$$P_K = \frac{5064,5}{44100} = 0,115 \text{ N}/\text{mm}^2$$

Perhitungan Komposisi Bahan

Serbuk dan serat bambu = 25% x 764,048 x 0,7 = 133.7 gr

Serbuk sengon = 25% x 764,048 x 0,44 = 84.04 gr

Serat tandan kosong kelapa sawit = 15% x 764,048 x 0,7 = 80.22 gr

Resin epoxy = 10% x 764,048 x 1,1 = 84.04 gr

PVAc = 25% x 764,048 x 1,07 = 204,4 gr

Perhitungan Densitas

Contoh perhitungan densitas pada sampel PAL01

Diketahui:

Massa = 86,71 g

Volume = 118,04 cm^3

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

$$\rho = \frac{86,71}{118,04} = 0,734 \text{ g}/cm^3$$

Perhitungan Pengembangan Tebal

Contoh perhitungan pengembangan tebal pada sampel PAS01

Diketahui: t_1 (Tebal Awal) = 20,26 mm

t_2 (Tebal Akhir) = 22,46 mm

Ditanya: Pengembangan Tebal ?

$$PT = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100\%$$

$$PT = \frac{22,46 - 20,26}{20,26} \times 100\% = 10,86\%$$

Perhitungan Daya Serap Air

Contoh perhitungan daya serap air pada sampel PAL01

Diketahui; B_1 (Massa Awal) = 22,80 g

B_2 (Massa Akhir) = 30,83 g

Ditanya: Daya Serap Air (DSA) ?

$$DSA = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\%$$

$$DSA = \frac{30,83 - 22,80}{22,80} \times 100\% = 35,22\%$$

Perhitungan Bending

Contoh perhitungan kelenturan pada sampel PAL01

Diketahui: P (Beban Lentur) = 4,323 kgf

L (Panjang Sampel) = 8,32 cm

b (Lebar Sampel) = 1,71 cm

H (Tebal Sampel) = 0,58 cm

Ditanya: Keteguhan Lentur ?

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bH^2}$$

$$\sigma_b = \frac{3 \times 4,323 \times 8,32}{2 \times 1,71 \times (0,58)^2} = 93,79 \text{ kgf/cm}^2$$

LAMPIRAN B
DATA HASIL PENELITIAN

Pengujian Densitas

Data hasil pengujian densitas terdapat pada tabel berikut.

No	Media Perendaman	Kode Sampel	Massa Sampel (g)	Volume Sampel (cm ³)	Densitas (g/cm ³)
1	Laut	PAL01	86,71	118,04	0,756
		PAL02	96,55	123,85	
		PAL03	95,58	126,35	
2	Destilasi	PAD01	98,14	136,48	0,735
		PAD02	93,66	124,09	
		PAD03	92,74	126,45	
3	Sungai	PAS01	81,90	132,62	0,607
		PAS02	85,63	139,61	
		PAS03	81,98	138,98	

Pengujian Pengembangan Tebal

Data hasil pengujian pengembangan tebal pada tabel berikut.

No	Media Perendaman	Kode Sampel	Tebal Awal (mm)	Tebal Akhir (mm)	Pengembangan Tebal (%)
1	Laut	PAL01	18,33	19,72	5,97
		PAL02	19	19,92	
		PAL03	18,23	19,23	
2	Destilasi	PAD01	19,42	21,18	6,90
		PAD02	19,15	20,70	
		PAD03	20,03	20,74	
3	Sungai	PAS01	20,26	22,46	6,24
		PAS02	20,51	21,37	
		PAS03	20,92	21,69	

Pengujian Daya Serap Air

Data hasil pengujian daya serap air pada tabel berikut.

No	Media Perendaman	Kode Sampel	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Persentase penyerapan air (%)
1	Laut	PAL01	22,80	30,83	31,83
		PAL02	24,94	32,17	
		PAL03	21,69	28,48	
2	Destilasi	PAD01	24,47	36,53	46,20
		PAD02	26,69	36,71	
		PAD03	25,33	38,45	
3	Sungai	PAS01	19,46	36,86	101,87
		PAS02	20,87	37,20	
		PAS03	18,12	43,12	

Pengujian Kekerasan

Data hasil pengujian kekerasan pada tabel berikut.

No	Media Perendaman	Kode Sampel	Nilai Kekerasan (<i>Shore D</i>)	Rata-rata Nilai Kekerasan (<i>Shore D</i>)
1	Laut	PAL01	40	46,38
		PAL02	45	
		PAL03	55,5	
2	Destilasi	PAD01	51	41,00
		PAD02	40,5	
		PAD03	31,5	
3	Sungai	PAS01	31	39,33
		PAS02	52,5	
		PAS03	34,5	

Pengujian Bending

Data hasil *pengujian* bending pada tabel berikut.

No	Media Perendaman	Kode Sampel	Lebar Sampel (cm)	Tebal Sampel (cm)	<i>Modulus Of Rupture (kg/cm²)</i>
1	Laut	PAL01	1,71	0,58	116,21
		PAL02	1,75	0,68	
		PAL03	1,75	0,53	
2	Destilasi	PAD01	1,87	0,55	58,81
		PAD02	1,87	0,56	
		PAD03	1,87	0,57	
3	Sungai	PAS01	1,89	0,75	17,94
		PAS02	1,85	0,79	
		PAS03	1,77	0,69	

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENELITIAN

 <p>Pemotongan Bambu</p>	 <p>Perendaman Bambu Air Laut</p>	 <p>Perendaman Bambu Air destilasi</p>
 <p>Perendaman Bambu Air Sungai</p>	 <p>Pengeringan Tandan Kosong</p>	 <p>Pengeringan Bambu</p>
 <p>Pemotongan Serat TKKS</p>	 <p>Pengayakan Serbuk Kayu Sengon</p>	 <p>Pengukuran PH pada Air</p>
 <p>Pengukuran TDS pada Air Laut</p>	 <p>Proses Alkalisasi pada Serbuk Bambu</p>	 <p>Pembilasan Serbuk Setelah Alkalisasi</p>
 <p>Proses <i>Sintering</i></p>	 <p>Proses Penimbangan Serbuk Bambu</p>	 <p>Proses Penimbangan TKKS</p>

 <p>Proses Penimbangan Serbuk Sengon</p>	 <p>Proses <i>Mixing</i></p>	 <p>Pemotongan Spesimen</p>
 <p>Penimbangan Spesimen</p>	 <p>Pengujian Kekerasan</p>	 <p>Pengujian Pengembangan Tebal</p>
 <p>Pengujian <i>Bending</i></p>	 <p>Mengukur Lebar Sampel <i>Bending</i></p>	 <p>Mengukur Panjang Sampel <i>Bending</i></p>
 <p>Mengukur Tebal Sampel <i>Bending</i></p>	 <p>Mengukur Tebal Sampel Densitas</p>	 <p>Menimbang Lem PVac</p>