

**SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK PAPAN PARTIKEL LIMBAH
BROMELAIN BERDASARKAN VARIASI KOMPOSISI PEREKAT
*POLYVINYL ACETATE***

(Skripsi)

Oleh

AYU DWI CAHYARANI

NPM 2215014006



PROGRAM STUDI S1 TEKNIK LINGKUNGAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2026

**SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK PAPAN PARTIKEL LIMBAH
BROMELAIN BERDASARKAN VARIASI KOMPOSISI PEREKAT
*POLYVINYL ACETATE***

Oleh

AYU DWI CAHYARANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi S1 Teknik Lingkungan
Jurusan Teknik Sipil**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK PAPAN PARTIKEL LIMBAH BROMELAIN BERDASARKAN VARIASI KOMPOSISI PEREKAT *POLYVINYL ACETATE*

Oleh

AYU DWI CAHYARANI

Limbah bromelain dari industri pengolahan nanas memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif papan partikel ramah lingkungan karena ketersediaannya yang melimpah serta kandungan lignoselulosa yang dapat berfungsi sebagai matriks komposit. Penelitian ini bertujuan menganalisis sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel limbah bromelain dengan variasi komposisi perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc). Kajian pustaka mengacu pada teori komposit berbasis kayu, mekanisme ikatan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc), serta standar mutu papan partikel menurut SNI 03-2105-2006. Metode penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan variasi komposisi perekat pada papan partikel berukuran 30 × 30 cm dengan ketebalan 1 cm. Parameter pengujian meliputi kadar air, kerapatan, dan *Modulus of Rupture* (MoR) menggunakan metode *oven-dry* dan uji lentur tiga titik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan komposisi *Polyvinyl Acetate* (PVAc) cenderung meningkatkan kerapatan dan keteguhan patah papan, serta menurunkan kadar air karena peningkatan kualitas ikatan antar partikel. Nilai kadar air dan kerapatan seluruh sampel berada memenuhi standar SNI 03-2105-2006, sedangkan *Modulus of Rupture* (MoR) menunjukkan variasi belum memenuhi SNI 03-2105-2006 papan partikel. Kesimpulannya, limbah bromelain berpotensi sebagai bahan baku papan partikel ramah lingkungan dengan performa optimal pada komposisi perekat tertentu. Penelitian lanjutan disarankan pada variasi bahan baku, ukuran partikel, jenis perekat alternatif, dan pengujian tambahan seperti uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) serta *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

Kata kunci: *papan partikel, limbah bromelain, Polyvinyl Acetate* (PVAc).

ABSTRACT

PHYSICAL PROPERTIES AND MECHANICAL PROPERTIES OF BROMELAIN WASTE PARTICLE BOARD BASED ON VARIATIONS IN THE COMPOSITION OF *POLYVINYL ACETATE ADHESIVE*

By

AYU DWI CAHYARANI

Bromelain waste from the pineapple processing industry has the potential as an alternative raw material for environmentally friendly particle board due to its abundant availability and lignocellulose content that can function as a composite matrix. This study aims to analyze the physical properties and mechanical properties of bromelain waste particle boards with variations in the composition of *Polyvinyl Acetate* (PVAc) adhesives. The literature review refers to the theory of wood-based composites, the bonding mechanism of *Polyvinyl Acetate* (PVAc) adhesive, and particle board quality standards according to SNI 03-2105-2006. The research method used a complete random design with variations in adhesive composition on particle boards measuring 30×30 cm with a thickness of 1 cm. The test parameters include moisture content, density, and *Modulus of Rupture* (MoR) using *the oven-dry* method and a three-point bending test.

The results showed that increasing the composition of *Polyvinyl Acetate* (PVAc) tended to increase the density and fracture strength of the boards, as well as decreasing the moisture content due to improved bond quality between particles. The moisture content and density values of the entire sample met the SNI 03-2105-2006 standard, while *the Modulus of Rupture* (MoR) showed variations that did not meet SNI 03-2105-2006 particle board. In conclusion, bromelain waste has the potential to be a raw material for environmentally friendly particle board with optimal performance on certain adhesive compositions. Further research is recommended on raw material variations, particle sizes, alternative adhesive types, and additional tests such as *Scanning Electron Microscopy* (SEM) and *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) assays.

Key words: *particle board, bromelain waste, Polyvinyl Acetate* (PVAc).

Judul Skripsi : **SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK
PAPAN PARTIKEL LIMBAH BROMELAIN
BERDASARKAN VARIASI KOMPOSISI
PEREKAT POLYVINYL ACETATE**

Nama Mahasiswa : **Ayu Dwi Cahyarani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2215014006

Program Studi : S1 Teknik Lingkungan

Fakultas : Teknik



Ir. Rosalia Dwi Werena, S.ST., M.Eng.
NIP 19891015 201903 2 015

Miftahul Djana, S.T., M.T.
NIP 19910523 201903 2 022

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Koordinator Program Studi
S1 Teknik Lingkungan

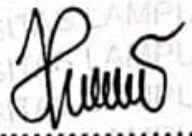
Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002

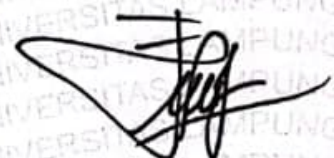
Ir. Amril Ma'ruf Siregar, S.T., M.T.
NIP 19850228 201212 1 001

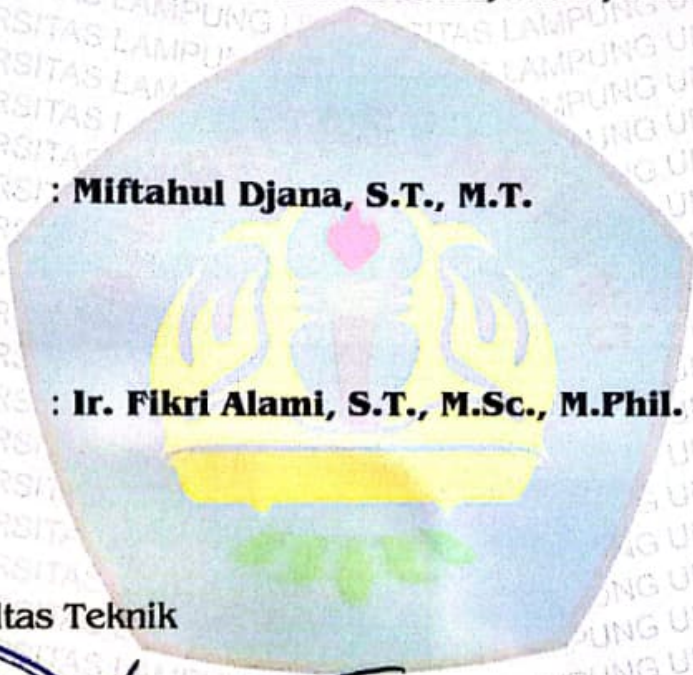
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Rosalia Dwi Werena, S.ST., M.Eng.** 

Sekretaris : **Miftahul Djana, S.T., M.T.** 

Anggota : **Ir. Fikri Alami, S.T., M.Sc., M.Phil.** 



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP 19691050 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Mei 2026**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ayu Dwi Cahyarani
NPM : 2215014006
Program Studi : S1 Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK PAPAN PARTIKEL LIMBAH BROMELAIN BERDASAR-KAN VARIASI KOMPOSISI PEREKAT *POLYVINYL ACETATE*" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Mei 2026

Hormat saya,



Ayu Dwi Cahyarani

2215014006

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Ayu Dwi Cahyarani, dilahirkan di Braja Emas pada tanggal 16 Juni 2004. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Marjiyanto dan Ibu Pailah serta memiliki seorang kakak laki-laki bernama Yusril Mahendra.

Penulis memulai pendidikan formal di Taman Kanak-kanak (TK) Pertiwi Braja Emas, kemudian melanjutkan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Braja Emas, dan Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Mataram Baru, lalu Sekolah Menengah Atas (SMAS) Teladan Way Jepara. Setelah menyelesaikan Pendidikan menengah atas, penulis diterima sebagai mahasiswi pada Program Studi S1 Teknik Lingkungan Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Berdasarkan Prestasi (SNBP).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan akademik, maupun non akademik, perlombaan, kegiatan sosial baik di kampus maupun diluar kampus. Penulis mengikuti Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) FT Universitas Lampung. Pada tahun 2023, penulis mengikuti relawan KIP-K Merdeka Pelejar dan Relawan KIP-K Universitas Lampung, BIROHMAH Universitas Lampung. Pada tahun 2024, penulis menjadi pimpinan di UKM Fossi FT, penulis juga mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM), khususnya bidang Penelitian/Riset. Pada tahun 2025, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT Great Giant Pineapple pada Departement Compost Plant dengan fokus kegiatan pada pengelolaan limbah padat di PT Great Giant Pineapple.

MOTTO

“Ya Allah, aku serahkan diriku kepada-Mu, aku serahkan urusanku kepada-Mu dan aku hadapkan wajahku kepada-Mu dan aku sandarkan belakangku kepada Kekuasaan-Mu dengan keinginanku dan ketakutanku kepada-Mu, tiada tempat pergantungan dan tiada tempat untuk menyelamatkan diri daripada-Mu kecuali kepada-Mu, aku beriman dengan kitab-Mu yang Engkau turunkan dan aku beriman dengan Nabi-Mu yang Engkau utuskan”

(HR. Bukhari dan Muslim)

"Yang milik-Nyalah kerajaan langit dan bumi, Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan-Nya, dan Allah menciptakan segala sesuatu lalu Allah menetapkan takdir-Nya dengan tepat. Sungguh engkau tidak pernah sendiri, Allah selalu bersamamu”

(QS. AL-Furqan: 2)

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala ridho, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “*Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Papan Partikel Limbah Bromelain Berdasarkan Variasi Komposisi Perekat Polyvinyl Acetate*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis meyakini bahwa tersusunnya tugas akhir ini tidak terlepas dari doa, bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala ridho, rahmat, hidayah dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Kedua orang tua Bapak Marjiyanto, Ibu Pailah serta Kakak Yusril Mahendra, yang telah memberikan kepercayaan, kasih sayang, doa yang tidak pernah berhenti diberikan, dukungan moral serta materil selama ini untuk penulis.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Bapak Ir. Amril Ma'ruf Siregar. S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Lingkungan.

7. Ibu Ir. Rosalia Dwi Werena, S.ST., M.Eng., selaku Pembimbing utama yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan, kritik, saran serta semangat selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
8. Ibu Miftahul Djana, S.T., M.T., selaku Pembimbing pendamping yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan, kritik, saran serta selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
9. Ir. Fikri Alami, S.T., M.Sc., M.Phil., selaku Penguji yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan, kritik, saran serta dukungan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
10. Bapak Ir. Akhmad Dzakwan., selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan, saran serta dukungan selama proses perkuliahan.
11. Bapak Remi, selaku Manajer Departement Compost Plant yang telah memberikan izin, dukungan, kritik, saran serta semangat selama proses penelitian tugas akhir ini.
12. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan, motivasi serta pembelajaran selama proses perkuliahan.
13. Guru Taman Kanak-kanak, Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, Sekolah Menengah Atas serta guru agama yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta motivasi hingga penulis bisa sampai dititik ini.
14. Kepada seluruh keluarga besar atas doa, kasih sayang, dukungan materil dan non materil serta semangat selama ini.
15. Ibu Ratna, Bunda Ana, Ibu Puspa, Kak Laila, Ibu Dhea, Kak Diyan sekeluarga, seluruh Departement Compost Plant dan staff Universitas Lampung yang telah membantu serta memberikan semangat kepada penulis.

16. Teman seperjuangan seluruh angkatan Teknik Lingkungan terkhusus 2022, keluarga Fossi FT, BEM, BIROHMAH, teman kost, kakak, adik serta seluruh teman yang bertemu selama proses perkuliahan atas doa, dukungan, motivasi serta semangat selama ini.
17. Kepada seluruh pihak baik terikat maupun tidak terikat, secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu, memberikan doa, dukungan moral dan materil seta semangat dan motivasi kepada penulis selama ini.
18. Ayu Dwi Cahyarani, ya! Diri saya sendiri. Tak akan lelah untuk mengucapkan terima kasih untuk tetap memilih bertahan dan bertumbuh dengan seluruh takdir yang ada pada jiwa yang masih samar beserta serpihan-serpihan yang terus berusaha dirangkainya dengan utuh dan indah. Tak akan lupa untuk terus mengucapkan maaf, untuk semua yang lampau dan mungkin yang akan datang jika diluar kendali diri. Serta tak tertinggal mengucapkan selamat dan semangat untuk menghadapi peperangan-peperangan ditangga kehidupan berikutnya hingga kita sampai dititik “enough”. Dengan segenap jiwa, penulis berpesan dan berdoa, teruslah tegap berdiri dengan beragam cerita kehidupan yang menanti, cintailah dirimu dan takdirmu, semoga tuhan senantiasa meridhoi, merahmati, membimbing, membersamai fidunya wal akhirah mu, aamiin.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 13 Mei 2026

Ayu Dwi Cahyarani

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Hipotesis Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Papan Partikel	7
2.2 Limbah Bromelain Sebagai Bahan Papan Partikel	8
2.2.1 Limbah Bromelain	8
2.2.2 Limbah Bromelain Sebagai Bahan Papan Partikel	9
2.3 Perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc)	11
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Papan Partikel	12
2.5 Standar Pengujian Papan Partikel.....	14
2.6 Dasar Perhitungan Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Papan Partikel	14
2.6.1 Sifat Fisik	14
2.6.2 Sifat Mekanik	16
2.7 Penelitian Terdahulu	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Desain Penelitian.....	20
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.4 Variabel Penelitian.....	23
3.5 Prosedur Penelitian.....	24
3.6 Teknik Pengumpulan Data	25

3.6.1 Pengujian Sifat Fisik	26
3.6.2 Pengujian Sifat Mekanik	26
3.7 Teknik Analisis Data	27
3.8 Skema Penelitian	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Analisis Deskriptif	27
4.2 Uji Asumsi Statistik	32
4.2.1 Uji Normalitas	32
4.2.2 Uji Homogenitas	33
4.3 Analisis Statistik Inferensial.....	34
4.4 Hasil Uji Sifat Fisik	35
4.4.1 Kadar Air	35
4.4.2 Kerapatan	37
4.5 Hasil Uji Sifat Mekanik	38
4.6 Pengaruh Variasi Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Papan Partikel	39
4.6.1 Kadar Air	39
4.6.2 Kerapatan	40
4.6.3 <i>Modulus of Rupture</i> (MoR)	40
4.7 Implikasi Praktis Penelitian	40
V. SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Negara Penghasil Nanas	2
Gambar 2.1 Papan Partikel.....	6
Gambar 2.2 Limbah Bromelain.....	9
Gambar 2.3 Perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc)	10
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian.....	19
Gambar 3.3 <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	19
Gambar 3.6 Pengujian <i>Modulus Of Rupture</i> (MoR).....	19
Gambar 3.8 Skema Penelitian	21

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Papan Partikel.....	5
Tabel 2.7 Tabel Penelitian Relevan	12
Tabel 3.2 Estimasi Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	14
Tabel 3.4 Komposisi Campuran Limbah Bromelain dan Perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc).....	16
Tabel 4.1 Nilai Rata-rata Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Papan Partikel.....	30
Tabel 4.2 Hasil Uji Normalitas Kadar Air.....	31
Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas Kerapatan.....	32
Tabel 4.4 Hasil Uji Normalitas <i>Modulus of Rupture</i> (MoR).....	32
Tabel 4.5 Hasil Uji Homogenitas Kadar Air	33
Tabel 4.6 Hasil Uji Homogenitas Kerapatan.....	33
Tabel 4.7 Hasil Uji Homogenitas <i>Modulus of Rupture</i> (MoR).....	33
Tabel 4.8 Data Nilai Kadar Air Papan Partikel.....	34
Tabel 4.9 Data <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Kadar Air Papan Partikel.....	35
Tabel 4.10 Data Uji Duncan Kadar Air Papan Partikel.....	36
Tabel 4.11 Data Nilai Kerapatan Papan Partikel	36
Tabel 4.12 Data Kruskal Wallis Kerapatan Papan Partikel	37
Tabel 4.13 Data Nilai <i>Modulus of Rupture</i> (MoR) Papan Partikel.....	38
Tabel 4.14 Data <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Modulus of Rupture</i> (MoR) Papan Partikel	38

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Data Mentah Penelitian	50
LAMPIRAN 2. Perhitungan Nilai Rata-rata	56
LAMPIRAN 3. Perhitungan Normalitas	57
LAMPIRAN 4. Perhitungan Homogenitas	57
LAMPIRAN 5. Perhitungan ANOVA	58
LAMPIRAN 6. Kruskal Wallis	59
LAMPIRAN 7. Perhitungan Uji Lanjut	59
LAMPIRAN 8. Pembuatan Papan Partikel	60
LAMPIRAN 9. Surat Permohonan Melaksanakan Penelitian	62
LAMPIRAN 10. Surat Permintaan Kebutuhan Alat dan Bahan	64
LAMPIRAN 11. Surat Izin Penelitian.....	68
LAMPIRAN 12. Surat Peminjaman Alat UTM di TPST	69
LAMPIRAN 13. Plagiarisme	70
LAMPIRAN 14. Lembar ACC Jilid Skripsi.....	71

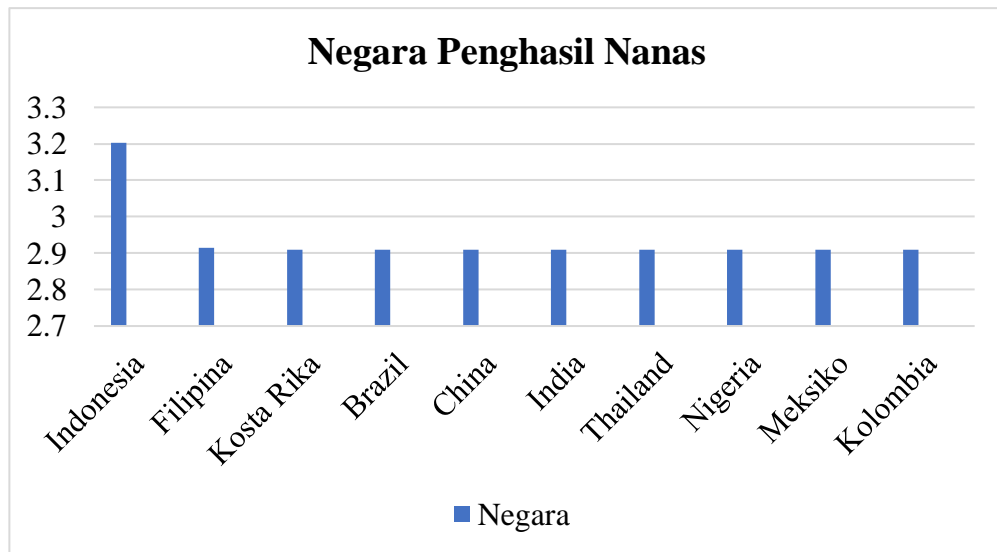
I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan kayu di sektor konstruksi, furnitur, dan kebutuhan rumah tangga di Indonesia terus menunjukkan peningkatan setiap tahunnya. Permintaan yang lebih tinggi terhadap kayu sebagai bahan baku berakibat pada tingginya jumlah penebangan hutan dan berkurangnya ketersediaan kayu alami di pasaran. Situasi ini menimbulkan keprihatinan mengenai keberlanjutan sumber daya hutan dan kelestarian lingkungan sehingga menekankan pentingnya menciptakan material alternatif yang ramah lingkungan, seperti berasal dari limbah biomassa dan bisa diperbarui.

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2023), dalam lima tahun terakhir, konsumsi kayu di Indonesia meningkat lebih dari 10%, khususnya di industri konstruksi dan mebel. Hal ini juga ditegaskan oleh laporan *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2022), yang menyebutkan bahwa permintaan global untuk produk kayu berkembang pesat seiring dengan urbanisasi dan pertumbuhan sektor furnitur, sehingga salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan limbah pertanian yang bersifat terbarukan sebagai bahan baku produk seperti papan partikel. Sementara itu, limbah pertanian juga memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan. Indonesia sendiri merupakan salah satu penghasil nanas terbesar di dunia, dengan total produksi mencapai 3,203 juta ton pada tahun 2022 (Kompas, 2024). Produksi nanas dalam jumlah besar tersebut secara tidak langsung menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah signifikan, terutama pada bagian batang dan kulit buah yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah ini mengandung komponen lignoselulosa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel.

Adapun grafik data negara penghasil nanas dapat dilihat pada gambar berikut:



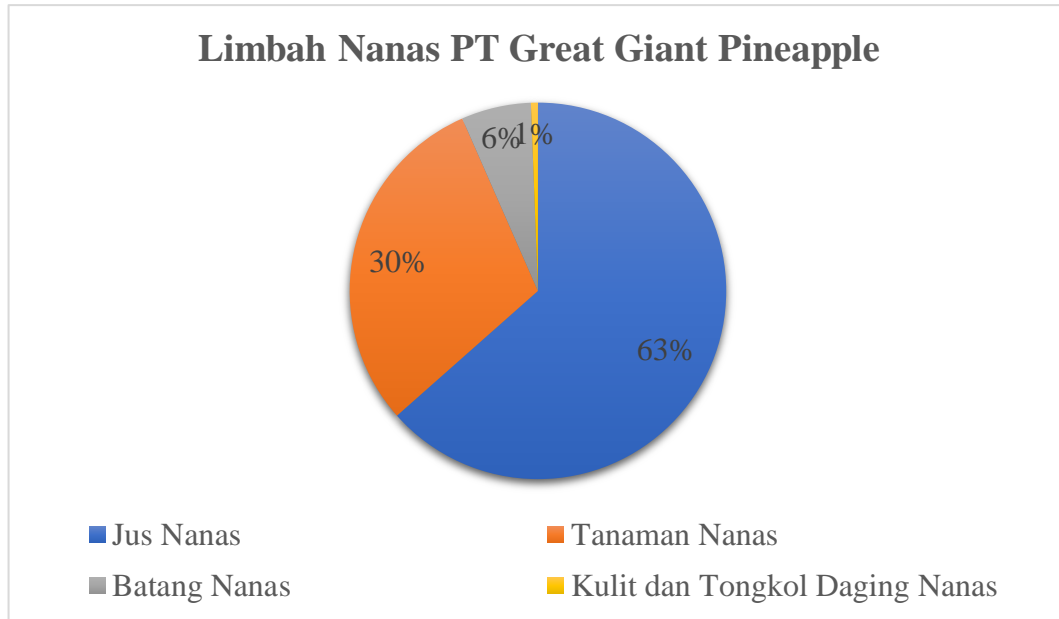
Gambar 1.1 Data Negara Penghasil Nanas

Sumber: <https://money.kompas.com>

Gambar 1.1 memperlihatkan perbandingan jumlah nanas yang diproduksi oleh berbagai negara utama di dunia. Indonesia muncul sebagai salah satu negara yang sangat tinggi dalam produksi nanas, dengan total produksi mencapai 3,203 juta ton pada tahun 2022. Ini menunjukkan bahwa industri nanas di Indonesia sangat berpotensi, serta menghasilkan banyak limbah biomassa yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk penelitian, termasuk pembuatan papan partikel.

Produksi nanas skala industri menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar, terutama berupa batang, kulit, bonggol, dan residu yang masih mengandung bromelain. PT Great Giant Pineapple (GGP) di Lampung merupakan salah satu perusahaan pengolahan nanas terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara. Proses produksi nanas menghasilkan limbah seperti batang nanas, tanaman nanas, kulit nanas, tongkol daging nanas, jus nanas dalam jumlah sangat besar, bahkan bisa mencapai puluhan ton setiap hari di pabrik seperti PT Great Giant Pineapple di Lampung (UGM, 2015). Sebagian besar limbah ini belum dimanfaatkan secara maksimal, yang dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti polusi, bau, peningkatan beban limbah organik, serta potensi pencemaran lingkungan sekitar.

Berikut data grafik produksi limbah nanas di PT Great Giant Pineapple (GGP):



Gambar 2.2 Limbah Nanas PT Great Giant Pineapple

Sumber: <https://ugm.ac.id>

Gambar 1. 2 memperlihatkan jumlah total limbah biomassa yang dihasilkan oleh PT Great Giant Pineapple (GGP) selama setiap periode produksi. Dapat dilihat bahwa volume limbah yang muncul cukup besar dan cenderung konsisten dari tahun ke tahun. Limbah tersebut meliputi batang, kulit, dan bonggol nanas yang masih memiliki senyawa bromelain. Banyaknya limbah yang dihasilkan menunjukkan adanya potensi pemanfaatan limbah nanas sebagai bahan baku alternatif, seperti dalam pembuatan papan partikel, yang dapat membantu mengurangi beban limbah industri, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan serta mendukung upaya pengembangan material ramah lingkungan.

Namun, ada beberapa inovasi yang telah dilakukan, termasuk penggunaan enzim bromelain untuk membuat sabun di Pemasang melalui program PINAYO (Jatengprov, 2023), serta pengembangan produk inovatif Pineappleskin sebagai pakan ternak terfermentasi (RM.id, 2024).

Fakta-fakta ini menunjukkan bahwa limbah nanas, terutama serbuk bromelain, memiliki potensi yang signifikan untuk dijadikan bahan baku alternatif dalam

pembuatan papan partikel, sambil mengurangi dampak lingkungan dan memberikan peluang ekonomi baru. Serbuk bromelain mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang merupakan bahan utama dalam material lignoselulosa dan berpotensi digunakan sebagai bahan baku papan partikel.

Dalam pembuatan papan partikel, peran perekat sangat penting. *Polyvinyl Acetate* (PVAc) adalah jenis perekat sintesis yang sering digunakan karena memiliki kemampuan *adhesi* yang baik yaitu kemampuan suatu perekat untuk menempel dan membentuk ikatan yang kuat pada permukaan material, melalui gaya tarik-menarik antar molekul seperti ikatan hidrogen, atau interaksi mekanis yang terjadi ketika perekat masuk ke dalam pori-pori permukaan material, tidak memiliki bau yang menyengat, cepat mengeras pada suhu ruangan, dan lebih aman dibandingkan perekat berbasis formaldehida. Penelitian Mirza et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan *Polyvinyl Acetate* (PVAc) pada papan partikel yang terbuat dari serbuk kayu sengon mempengaruhi sifat mekanik *Modulus of Rupture* (MoR).

Namun, masih sedikit penelitian yang mengkaji pemanfaatan serbuk bromelain bersama *Polyvinyl Acetate* (PVAc) sebagai bahan untuk papan partikel. Oleh karena itu, penelitian ini sangat diperlukan untuk mengetahui bagaimana variasi komposisi serbuk bromelain dan *Polyvinyl Acetate* (PVAc) mempengaruhi sifat fisik (kadar air dan kerapatan) serta sifat mekanik (*Modulus of Rupture*) dari papan partikel yang dihasilkan, serta sejauh mana kesesuaiannya dengan standar kualitas papan partikel SNI 03-2105-2006.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah variasi komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) berpengaruh terhadap sifat fisik (kadar air dan kerapatan) dan sifat mekanik *Modulus of Rupture* (MoR) papan partikel?
2. Apakah pengaruh variasi komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) terhadap sifat fisik (kadar air, kerapatan) dan sifat mekanik *Modulus of Rupture* (MoR) papan partikel yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas papan partikel SNI 03-2105-2006?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat fisik papan partikel (kadar air dan kerapatan) dan sifat mekanik berupa *Modulus of Rupture* (MoR) papan partikel dari serbuk bromelain dengan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc).
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) terhadap sifat fisik (kadar air, kerapatan) dan sifat mekanik *Modulus of Rupture* (MoR) papan partikel yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas papan partikel SNI 03-2105-2006.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Secara teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan limbah pertanian, khususnya serbuk bromelain, sebagai bahan baku papan partikel.
2. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi industri kecil maupun menengah dalam mengolah limbah pertanian menjadi produk bernilai tambah.
3. Secara aplikatif, penelitian ini dapat mendukung pengembangan material alternatif pengganti kayu yang ramah lingkungan dan sesuai standar mutu nasional.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalah yang ditetapkan agar fokus dan ruang lingkup penelitian menjadi jelas adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya memfokuskan pada pembuatan papan partikel menggunakan serbuk bromelain sebagai bahan utama dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) sebagai bahan pengikat.
2. Variasi yang diuji terbatas pada komposisi serbuk bromelain serta perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc), dimana sampel A = 40% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 60% limbah bromelain, B = 45% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 55% limbah bromelain, C = 50% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 50% limbah bromelain.

3. Sifat fisik yang diuji meliputi kadar air dan kerapatan papan partikel, sedangkan sifat mekanik yang dianalisis adalah *Modulus of Rupture* (MoR).
4. Penelitian tidak membahas aspek ketahanan kimia, umur pakai, atau pengaruh lingkungan eksternal terhadap papan partikel yang dihasilkan.
5. Pengujian mengacu pada standar mutu SNI 03-2105-2006.

1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian disusun berdasarkan kajian teori dan hasil penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan limbah lignoselulosa sebagai bahan baku papan partikel. Perbedaan komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) diperkirakan memengaruhi kualitas papan partikel yang dihasilkan, baik pada sifat fisik maupun sifat mekaniknya. Oleh karena itu, hipotesis penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. H0: Variasi komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) tidak berpengaruh terhadap sifat fisik (kadar air dan kerapatan) dan sifat mekanik *Modulus of Rupture* (MoR) papan partikel.
2. H1: Variasi komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) berpengaruh terhadap kadar air papan partikel.
3. H2: Variasi komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) berpengaruh terhadap kerapatan papan partikel.
4. H3: Variasi komposisi serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) berpengaruh terhadap *Modulus of Rupture* (MoR).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Papan Partikel

Papan partikel adalah material komposit lignoselulosa yang diproduksi melalui pengikatan partikel biomassa menggunakan perekat tertentu pada kondisi tekanan. Karakteristik papan partikel dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti ukuran partikel, kadar perekat, serta kondisi pengepresan. (Bowyer et al., 2003). Dibandingkan dengan kayu solid, papan partikel memiliki keunggulan berupa pemanfaatan limbah lignoselulosa, biaya produksi yang relatif lebih rendah, serta kemudahan dalam proses pembentukan dan pengaplikasiannya. Menurut SNI 03-2105-2006, kualitas papan partikel ditinjau melalui parameter sifat fisik dan sifat mekanik, seperti kadar air, kerapatan, dan *Modulus of Rupture* (MoR). Nilai parameter tersebut dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku yang digunakan, ukuran partikel, jenis lem, jumlah lem, tekanan pengempaan, distribusi perekat, dan lama pengepresan. Perkembangan penelitian saat ini menunjukkan adanya peningkatan pemanfaatan biomassa pertanian sebagai bahan baku alternatif guna mengurangi ketergantungan terhadap kayu hutan alam sekaligus mendukung konsep keberlanjutan. Berikut tabel standar papan partikel menurut SNI 03-2105-2006:

Table 2.1 Standar Papan Partikel

No	Sifat Fisik & Sifat Mekanik	Nilai Standar SNI 03-2105-2006
1	Kadar Air	< 14 %
2	Kerapatan	0,4 – 0,9 gr/cm ³
3	<i>Modulus of Rupture</i> (MoR)	Min 82 kgf/cm ²

Sumber: SNI 03-2105-2006 Tentang Papan Partikel

Di samping itu, papan partikel memiliki banyak kegunaan di berbagai sektor industri dan dalam kehidupan sehari-hari. Produk ini banyak digunakan dalam sektor furnitur seperti meja, kursi, dan lemari, serta dalam interior bangunan untuk panel dinding, langit-langit, dan lantai. Papan partikel populer sebagai bahan konstruksi ringan karena sifatnya yang seragam, mudah untuk dibentuk, dan ekonomis (Lee et al., 2022). Di beberapa negara, papan ini juga dimanfaatkan dalam industri otomotif sebagai material untuk panel interior dan dalam industri kemasan yang ramah lingkungan. Pemanfaatan papan partikel yang terbuat dari limbah pertanian seperti *bagasse*, sekam padi, jerami, dan nanas terus berkembang karena dapat menghasilkan produk dengan karakteristik fisik dan sifat mekanik yang kompetitif. Berikut gambar papan partikel:



Gambar 3.1 Papan Partikel

Dengan cara ini, papan partikel tidak hanya berfungsi sebagai alternatif yang lebih efisien dan ekonomis untuk kayu, tetapi juga sebagai solusi untuk pemanfaatan limbah dari sektor pertanian dan perkebunan. Hal ini menjadikan papan partikel sebagai material yang sangat penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan ekonomi sirkular.

2.2 Limbah Bromelain Sebagai Bahan Papan Partikel

2.2.1 Limbah Bromelain

Limbah bromelain merupakan residu hasil pengolahan tanaman nanas yang berasal dari bagian batang, kulit, bonggol, maupun bagian lain yang tidak di-

manfaatkan dalam proses produksi. Pada industri pengolahan nanas skala besar PT Great Giant Pineapple (GGP), jumlah limbah yang dihasilkan sangat besar seiring tingginya kapasitas produksi perusahaan. Dimana PT Great Giant Pineapple (GGP) memproses lebih dari 500.000 ton buah nanas setiap tahun dengan lahan sekitar kurang lebih 30.000 hektar dimana sebagian besar lahan tersebut ditanami tanaman nanas (Clean Energy Ministerial, 2022). Menurut data internal PT Great Giant Pineapple (GGP) tahun 2023, perusahaan mencatat total limbah sekitar 213.086 ton, di mana sebagian besar limbah non-hazardous yang telah diolah kembali atau digunakan kembali (Great Giant Foods, 2024). Kondisi tersebut menyebabkan limbah biomassa nanas memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali menjadi produk bernilai tambah.

Secara kimiawi, limbah bromelain mengandung komponen lignoselulosa berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku papan partikel. Kandungan serat tersebut mampu mendukung pembentukan ikatan antarpartikel dalam material komposit. Namun demikian, keberadaan enzim bromelain yang bersifat proteolitik dapat memengaruhi kestabilan perekat sehingga diperlukan proses perlakuan awal, seperti pengeringan, untuk menurunkan aktivitas enzim sebelum digunakan sebagai bahan papan partikel (Meena et al., 2021). Oleh sebab itu, pemanfaatan limbah bromelain untuk bahan baku papan partikel memberikan alternatif serta memiliki nilai tambah yang tinggi dalam mendukung praktik pengelolaan limbah pertanian yang berkelanjutan.

2.2.2 Limbah Bromelain Sebagai Bahan Papan Partikel

Serbuk bromelain mengandung lignoselulosa, yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Hal ini menunjukkan bahwa limbah bromelain memiliki potensi yang besar untuk dijadikan bahan dasar papan partikel (Purwiningsih et al., 2022). Lignin berfungsi sebagai pengikat alami, sementara selulosa dan hemiselulosa menjadi elemen utama yang membantu meningkatkan kekuatan mekanis. Penggunaan limbah bromelain sebagai komposit merupakan salah satu cara untuk menerapkan prinsip ekonomi sirkular, yang bertujuan untuk mengubah limbah pertanian menjadi produk bernilai tambah. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan bisa menawarkan alternatif pemanfaatan limbah yang ramah lingkungan

dan sekaligus mengurangi ketergantungan pada kayu solid untuk mengurangi tekanan terhadap sumber daya hutan alami (Santos et al., 2018). Berikut adalah gambar limbah bromelain:



Gambar 2.2 Limbah Bromelain

Sifat fisik dari papan partikel adalah faktor penting yang mempengaruhi kualitas dan ketahanannya terhadap kondisi lingkungan. Beberapa parameter utama yang umumnya diuji adalah kadar air dan kerapatan. Kadar air merujuk pada persentase air yang ada dibandingkan dengan berat kering papan, perubahan kadar air dapat menyebabkan serat membengkak atau menyusut, yang secara langsung mempengaruhi stabilitas ukuran dan mengurangi sifat mekanik keterikatan antarpartikel (Dukarska et al., 2021; Melichar et al., 2021). Sesuai dengan SNI 03-2105-2006, kadar air yang diizinkan untuk papan partikel adalah $< 14\%$.

Kerapatan juga menjadi parameter yang utama selain kadar air. Nilai kerapatan diperoleh dari perbandingan antara massa kering dan volume papan. Berdasarkan kategori, papan partikel bisa dibagi menjadi kerapatan rendah ($< 0,4 \text{ gr/cm}^3$), sedang ($0,4 - 0,8 \text{ gr/cm}^3$), dan tinggi ($> 0,8 \text{ gr/cm}^3$). Kerapatan berpengaruh terhadap sifat mekanik, dimana semakin tinggi kerapatan, kekuatan dan daya rekat antarpartikel meningkat (Mirza et al., 2020; Indrayanti, 2023). Kerapatan juga memiliki pengaruh pada ketahanan papan terhadap kelembaban meskipun ini dapat menambah berat produk (Lee et al., 2022).

Sementara itu, untuk mengetahui sifat mekanik papan partikel, salah satu parameter utama dalam pengujian ini adalah *Modulus of Rupture* (MoR). Dimana param-

eter ini menunjukkan kekuatan lentur maksimum atau keteguhan patah lentur papan partikel, yaitu kemampuan papan dalam menahan beban maksimum sebelum mengalami kerusakan atau patah pada pengujian lentur (Santos et al., 2018). Nilai *Modulus of Rupture* (MoR) yang tinggi menunjukkan bahwa papan partikel memiliki kemampuan menahan beban lentur yang lebih baik sehingga lebih layak digunakan pada aplikasi konstruksi ringan. Berdasarkan SNI 03-2105-2006, nilai minimum *Modulus of Rupture* (MoR) untuk papan partikel adalah sebesar 82 kgf/cm².

2.3 Perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc)

Polyvinyl Acetate (PVAc) merupakan salah satu perekat sintesis berbasis air yang berbentuk emulsi berwarna putih susu dan banyak digunakan dalam industri kayu lapis, furnitur, serta panel komposit (Ma et al., 2023). Perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) ini memiliki karakteristik berwarna putih susu, mudah diaplikasikan, tidak berbau menyengat, ramah lingkungan dikarenakan tidak mengandung formaldehida bebas, dan memiliki kemampuan adhesi yang baik terhadap material berbasis lignoselulosa (Petkovic et al., 2019; Wulandari, 2022). Mekanisme perekatan *Polyvinyl Acetate* (PVAc) terjadi melalui penetrasi emulsi ke dalam pori-pori permukaan partikel biomassa. Setelah proses pengeringan, air dalam emulsi menguap dan membentuk lapisan film polimer yang menghasilkan ikatan mekanis maupun ikatan hidrogen antarpartikel. Kekuatan ikatan tersebut dipengaruhi oleh distribusi perekat, kadar perekat, serta kondisi pengempaan selama proses pembuatan papan partikel (Lee et al., 2022). Berikut gambar perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc):



Gambar 2.3 Perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc)

Dari sudut pandang struktur kimia, serbuk bromelain mengandung komponen lignoselulosa, hemiselulosa, dan lignin yang kaya akan gugus hidroksil ($-OH$) yang bersifat polar. Gugus hidroksil tersebut memungkinkan terbentuknya interaksi fisik-kimia, terutama ikatan hidrogen, dengan film polimer yang terbentuk setelah pengeringan emulsi *Polyvinyl Acetate* (PVAc). Sebagai perekat berbasis emulsi air, *Polyvinyl Acetate* (PVAc) menempel baik pada substrat lignoselulosa karena afinitas polarnya, selama proses pencampuran dan pressing, emulsi *Polyvinyl Acetate* (PVAc) akan menembus permukaan partikel dan setelah air menguap membentuk lapisan film yang mengikat partikel secara mekanis dan melalui interaksi hidrogen antar permukaan (Hanif, 2020; Indrayanti, 2023).

Saat serbuk bromelain dicampurkan dengan *Polyvinyl Acetate* (PVAc), perekatan terjadi ketika emulsi masuk ke pori-pori partikel. Kemudian setelah pengempaan, air dalam emulsi menguap dan meninggalkan lapisan polimer *Polyvinyl Acetate* (PVAc) yang mengikat partikel secara permanen. Ikatan yang terbentuk termasuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil selulosa/hemiselulosa dan gugus asetat *Polyvinyl Acetate* (PVAc), serta ikatan mekanis yang dihasilkan oleh penetrasi perekat ke dalam struktur berpori serbuk. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan jumlah *Polyvinyl Acetate* (PVAc), dalam formulasi papan partikel cenderung meningkatkan sifat mekanik seperti *Modulus of Rupture* (MoR), meskipun ketahanan terhadap airnya masih relatif lebih rendah dibandingkan perekat berbasis formaldehida (Santos et al., 2018; Lee et al., 2022)

Oleh karena itu, penggunaan limbah bromelain sebagai bahan dasar papan partikel yang dipadukan dengan *Polyvinyl Acetate* (PVAc) menunjukkan potensi besar, baik dari segi ketersediaan bahan maupun kesesuaian kimianya. Ini juga mendukung penciptaan material berbasis limbah pertanian sebagai alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan kayu.

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Papan Partikel

Mutu papan partikel dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang saling berkaitan, antara lain karakteristik bahan baku, ukuran partikel, kadar perekat, tekanan pengempaan, dan kadar air awal bahan. Kandungan lignoselulosa dalam biomassa ber-

peran penting terhadap kemampuan pembentukan ikatan antarpartikel. Berikut beberapa faktor utama diantaranya:

1. Bahan baku, karena kandungan lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan menentukan kemampuan partikel untuk saling terikat (Lee et al., 2022).
2. Ukuran partikel turut memengaruhi kualitas papan karena partikel berukuran lebih kecil memiliki luas permukaan kontak yang lebih besar sehingga penetrasi perekat menjadi lebih efektif serta memperkuat ikatan antarpartikel (Engehausen et al., 2024; Syukur et al., 2025).
3. Kadar perekat juga mempengaruhi keseimbangan jumlah perekat yang digunakan harus tepat, karena jika terlalu sedikit dapat menyebabkan ikatan antar partikel menjadi lemah, sedangkan jika berlebihan bisa menyebabkan biaya produksi meningkat tanpa lonjakan signifikan dalam kekuatan papan (Santos et al., 2018).
4. Tekanan dan waktu pengempaan juga menentukan tingkat pemadatan papan serta distribusi perekat pada permukaan partikel, seperti penelitian yang dilakukan oleh Ferrandez-Garcia et al (2018) menggunakan tekanan pemadatan 2,6 MPa selama 5 menit saat proses pengepresan pada papan partikel yang terbuat dari limbah palma, sedangkan waktu tempa yang cukup memastikan perekat pada papan mengikat dengan baik (Bader & Nemeth, 2018).
5. Kadar air bahan baku, salah satu faktor penentu dalam proses pembentukan ikatan perekat pada papan partikel karena memengaruhi penetrasi perekat ke dalam pori-pori partikel dan perkembangan film polimer setelah pengeringan. Kelembaban yang terlalu tinggi cenderung mengisi pori sehingga menghambat penetrasi emulsi perekat, menurunkan kontak antarpermukaan yang efektif, sebaliknya kadar air yang terlalu rendah dapat mengurangi kemampuan perekat untuk menyebar dan menembus struktur permukaan (Izdinsky et al., 2020; Dukarska et al., 2021). Dalam pengolahan biomassa menjadi material komposit, kadar air awal bahan target kadar air awal sering ditetapkan pada kisaran 20–30% untuk efisiensi proses (Smith et al., 2021).

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, penelitian ini sangat penting untuk dilakukan karena serbuk bromelain dari limbah pertanian memiliki lignoselulosa yang potensial untuk memberikan kekuatan ikatan yang baik. Namun, penggunaannya dalam papan partikel masih kurang diteliti. Dengan menggabungkan serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) dengan variasi komposisi tertentu, diharapkan papan partikel yang dihasilkan dapat sesuai dengan standar sifat fisik (kadar air dan kerapatan) dan sifat mekanik *Modulus of Rupture* (MoR), serta memberikan solusi untuk memanfaatkan limbah pertanian dan mengurangi ketergantungan pada kayu konvensional.

2.5 Standar Pengujian Papan Partikel

Dalam penelitian ini, diperlukan standar untuk menguji papan partikel agar data fisik dan sifat mekanik yang didapat bisa dibandingkan secara objektif dengan standar kualitas di tingkat nasional atau internasional. Pengujian dalam penelitian ini mengacu pada ketentuan umum SNI 03-2105-2006. Dengan menggunakan metode pengujian yang terstandarisasi ini, data yang dihasilkan dapat membantu dalam menilai kualitas papan partikel yang berasal dari limbah bromelain dengan cara kuantitatif. Penilaian ini dilakukan berdasarkan kriteria kualitas yang telah diakui. Selain itu, hal ini sangat penting untuk mempertimbangkan kemungkinan penggunaan material tersebut sebagai pilihan bahan konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

2.6 Dasar Perhitungan Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Papan Partikel

Dalam penelitian ini, pengujian sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel mengacu pada standar SNI 03-2105-2006. Parameter yang dihitung meliputi kadar air dan kerapatan, serta sifat mekanik berupa *Modulus of Rupture* (MoR). Adapun rumus perhitungan sebagai berikut:

2.6.1 Sifat Fisik

1. Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan air yang terdapat dalam papan partikel, karena kadar air berpengaruh terhadap kekuatan mekanik dan ketahanan papan terhadap perubahan lingkungan. Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada metode yang digunakan

oleh Mirza et al. (2020) dimana sampel yang berukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm. Pertama, sampel diuji saat sudah kering di udara, dimana sampel ditimbang untuk memperoleh berat awal lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu sekitar $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama $\pm 16-24$ jam. Setelah itu, sampel didiamkan pada suhu ruang ± 1 jam kemudian sampel ditimbang Kembali untuk memperoleh berat akhir. Rumus Kadar Air:

$$\text{Ka} = \frac{\text{B0} - \text{B1}}{\text{B1}} \times 100\% \quad \dots (1)$$

Keterangan:

Ka = Kadar air (%)

B0 = Berat awal sampel uji (gr)

B1 = Berat akhir sampel uji (gr)

2. Kerapatan

Pengujian kerapatan dilakukan untuk mengetahui massa jenis papan partikel yang berkaitan dengan distribusi partikel serta perekat dalam papan. Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada metode yang digunakan oleh Mirza et al. (2020) dimana sampel berukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm. Pengeringan sampel dilakukan menggunakan oven dengan suhu sekitar $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama $\pm 16-24$ jam. Setelah itu, sampel didiamkan pada suhu ruang ± 1 jam. Setelah itu, sampel ditimbang dan diukur panjang, lebar, serta ketebalannya. Kemudian, massa hasil penimbangan dibagi dengan volume sampel untuk memperoleh nilai kerapatan. Rumus Kerapatan:

$$\text{p} = \frac{\text{m}}{\text{v}} \quad \dots (2)$$

Keterangan:

p = Kerapatan (gr/cm^3)

m = Massa sampel uji (gr/cm^3)

v = Volume sampel uji (gr/cm^3)

2.6.2 Sifat Mekanik

Pengujian *Modulus of Rupture* (MoR) dilakukan untuk mengetahui kekuatan lentur maksimum material sebelum mengalami keruntuhan atau ketahanan mekanik papan terhadap pembebanan hingga batas kegagalan struktur. Pengujian ini mengacu pada prosedur Mirza et al. (2020) dan SNI 03-2105-2006, dilakukan menggunakan metode lentur tiga titik (*three-point bending test*) sesuai standar EN 310 (1993) mengenai *Determination of bending strength* (MoR). Selain itu, prosedur pengujian juga disesuaikan dengan ASTM D790-17 (2021) tentang *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, karena alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang digunakan di laboratorium telah beroperasi berdasarkan sistem pengujian tersebut. Standar ASTM ini relevan digunakan dalam penelitian karena papan partikel berbasis limbah bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) termasuk material komposit termoplastik, dengan perilaku lentur yang serupa dengan *wood-based panels*. Dimana dimensi spesimen yang digunakan adalah 25 cm × 4 cm × 10 cm, dengan jarak antar tumpuan (span) 15 cm. Spesimen diletakkan di atas dua tumpuan dan diberi beban pada titik tengah dengan kecepatan pembebanan 6 mm/menit menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) hingga terjadi patah. Nilai beban maksimum yang tercatat digunakan untuk menghitung *Modulus of Rupture* (MoR). Rumus *Modulus of Rupture* (MoR):

$$\text{Modulus of Rupture (MoR)} = \frac{1,5 PL}{bd^2} \quad \dots(3)$$

Keterangan:

MoR = Modulus of Rupture (gr/cm²)

P = Beban maksimum (kgf)

L = Jarak sangga (cm)

b = Lebar papan (cm)

d = Tebal papan (cm)

Nilai *Modulus of Rupture* (MoR) diperoleh berdasarkan teori lentur balok Euler–Bernoulli yang menjelaskan hubungan antara momen lentur, momen inersia penampang, dan jarak serat terluar terhadap sumbu netral. Pada pengujian ini, beban

maksimum yang diterima spesimen digunakan untuk menghitung tegangan lentur maksimum saat patah. Berikut turunan rumus *Modulus of Rupture* (MoR):

1. Dasar Teori Lentur Balok (Euler–Bernoulli)

$$\sigma = \frac{M y}{I} \quad \dots(4)$$

Keterangan:

σ = tegangan lentur (kgf/cm² atau MPa)

M = momen lentur (kgf·cm)

y = jarak dari sumbu netral ke permukaan terluar (cm)

I = momen inersia penampang (cm⁴)

2. Momen Inersia Penampang Persegi Panjang

$$I = \frac{b d^3}{12} \quad \dots(5)$$

Keterangan:

b = lebar papan (cm)

d = tebal papan (cm)

3. Jarak Serat Terluar ke Sumbu Netral

Dimana, penumpang simetris dihasilkan:

$$y = \frac{d}{2} \quad \dots(6)$$

4. Momen Lentur Maksimum pada Uji 3 Titik (Three-Point Bending)

$$M \text{ maks} = \frac{P L}{4} \quad \dots(7)$$

Keterangan:

P = beban maksimum saat patah (kgf atau N)

L = jarak tumpuan (span) (cm)

5. Substitusi ke Rumus Tegangan Lentur

$$\sigma = \frac{M y}{I}$$

$$\sigma = \frac{\left(\frac{PL}{4}\right)\left(\frac{d}{2}\right)}{\frac{b d^3}{12}} \quad \dots(8)$$

$$\sigma = \frac{PLd}{8} \times \frac{12}{bd^3}$$

$$\sigma = \frac{12PLd}{8bd^3}$$

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$\text{Modulus of Rupture (MoR)} = \frac{1,5PL}{bd^2} \quad \dots(9)$$

2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut tabel beberapa penelitian yang relevan di antaranya:

Table 2.7 Tabel Penelitian Relevan

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Kebaharuan
1	S.H. Lee et al. (2022)	Particleboard from agricultural biomass and recycled wood	Review dan eksperimen pada particleboard berbahan biomassa pertanian	Menunjukkan bahwa berbagai limbah pertanian dapat menjadi bahan baku particleboard dengan sifat <i>Modulus of Rupture</i> (MoR) yang kompetitif jika diformulasi dengan benar.	Memberi landasan teori bahwa limbah pertanian seperti (serbuk bromelain) layak dipelajari sebagai substitusi kayu.
2	Mirza et al. (2020)	Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari serbuk kayu sengon	Pembuatan papan partikel kayu sengon dengan variasi perekat	Variasi komposisi berpengaruh signifikan terhadap nilai uji mekanik.	Sama-sama memakai <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc); berbeda bahan baku →

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Kebaharuan
		dengan perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc)	<i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc)		penelitian ini pakai kayu sengon, sedangkan penelitian saat ini menggunakan serbuk bro-melain.
3	Indrayanti, Siska & Sijabat (2023)	Uji Pendahuluan Sifat Fisika Mekanika Papan Partikel Kayu Kawui dengan Tiga Persentase Perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc)	Rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga variasi <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc); pengujian kadar air, kerapatan, dan keteguhan rekat.	Peningkatan kadar perekat meningkatkan kekuatan mekanik, tetapi berpengaruh kecil terhadap kadar air	Relevan dalam melihat pengaruh kadar <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc); penelitian sekarang fokus pada komposisi serbuk bro-melain vs perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc).
4	Hasan, M., Rahmadi, A., & Arryati, H. (2021)	Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit dari Serat Batang Kelapa	Pembuatan papan komposit dari serat batang kelapa sawit dengan vari-	Komposisi perekat mempengaruhi kualitas papan. Kadar air menurun dan	Sama-sama menggunakan perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc); perbedaan ada

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Kebaharuan
		Sawit dengan Berbagai Komposisi Perakat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc)	asi perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc) (40%, 45%, 50%). Uji sifat fisis (kadar air, kerapatan) dan mekanis <i>Modulus of Rupture</i> (MoR) mengacu SNI 03-2105-2006.	MOR meningkat seiring bertambahnya perekat. <i>Modulus of Rupture</i> (MoR) masih di bawah standar.	pada bahan baku. Penelitian ini pakai batang sawit, sedangkan penelitian ini menggunakan limbah bromelain. Perbandingan memberi kebaharuan dari sisi jenis serat dan potensi sifat mekanik yang berbeda.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi limbah bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yaitu variasi komposisi perekat, yang terdiri atas tiga variasi perlakuan dengan masing – masing tiga ulangan guna meningkatkan validitas data penelitian.

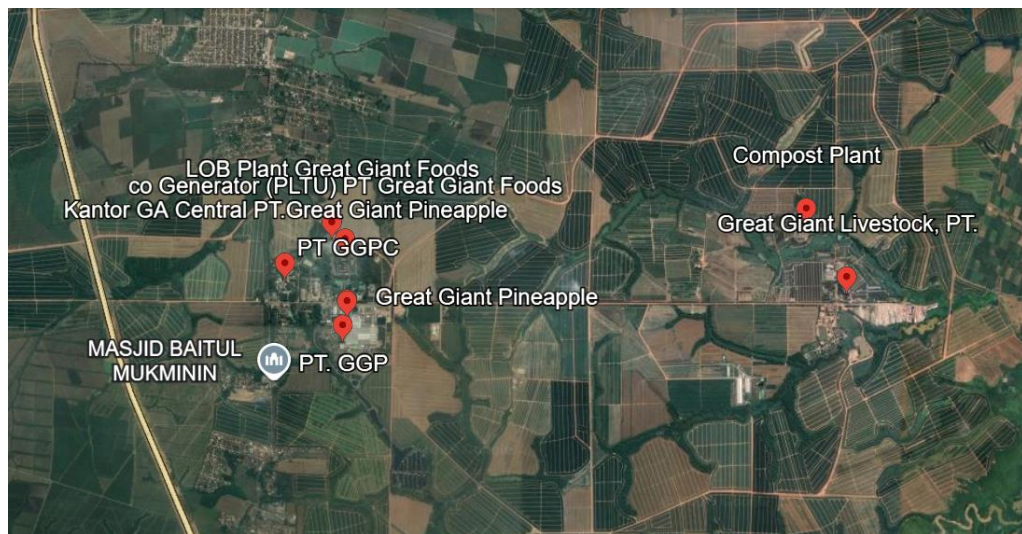
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Department Compost Plant PT Great Giant Pineapple (GGP) serta Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Lampung. Kegiatan penelitian berlangsung selama kurang lebih enam bulan, meliputi tahap persiapan alat dan bahan, pembuatan papan partikel, pengujian sifat fisik dan sifat mekanik, pengolahan data, hingga penyusunan laporan akhir penelitian. Berikut tabel estimasi waktu pelaksanaan penelitian:

Tabel 3.2 Estimasi Waktu Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari			
	Minggu				Minggu				Minggu				Minggu				Minggu				Minggu			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Persiapan	■	■	■	■	■	■	■																	
Seminar Proposal							■	■																
Pembuatan Papan Partikel									■	■	■	■												
Pengujian Papan Partikel											■	■	■	■	■	■								
Analisis Data													■	■	■	■	■	■						
Seminar Hasil																	■	■	■	■	■	■	■	■
Sidang Komprehensif																	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabel 3.2 menggambarkan tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan selama kurang lebih enam bulan, dimulai dari September hingga Februari. Tahapan ini mencakup jadwal penelitian yang disusun secara bertahap mulai dari seminar proposal, proses pembuatan spesimen, pengujian laboratorium, analisis data, seminar hasil, sidang komprehensif, sampai finalisasi skripsi. Penyusunan tahapan tersebut bertujuan agar seluruh proses penelitian dapat berlangsung secara sistematis dan sesuai target waktu yang telah direncanakan.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian

Sumber: <https://earth.google.com>

Gambar 3.2 memperlihatkan lokasi Departement Compost Plant PT Great Giant Pineapple dan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Lampung yang menjadi titik awal untuk kegiatan penelitian, terutama berkaitan dengan mengumpulkan dan mengolah limbah bromelain. Lokasi ini sangat penting karena menyediakan bahan mentah dan secara langsung mendukung proses pembuatan papan partikel hingga tahap pengujian sifat fisik papan partikel.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

Alat:

1. Timbangan digital.
2. Oven.
3. Cetakan besi ukuran 30 x 30 x 1 cm.

4. Plat besi.
5. *Mesh* ukuran 35.
6. Tempat pencampuran bahan.
7. Alat pengaduk.
8. Alat press.
9. *Universal Testing Machine* (UTM).



Gambar 3.3 *Universal Testing Machine* (UTM)

10. Mistar.
11. Plastik.
12. Kamera.
13. Alat tulis.

Bahan:

1. Serbuk bromelain.
2. Perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc).

3.4 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan diklasifikasikan ke dalam tiga jenis utama, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Setiap jenis variabel disusun untuk mendukung pengujian secara sistematis dan menjamin validitas hasil eksperimen.

- **Variabel bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi papan partikel, variasi komposisi A = 40% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 60% limbah bromelain, B = 45% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 55% limbah bromelain, C = 50% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 50% limbah bromelain. Variasi tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi perekat terhadap karakteristik papan partikel yang dihasilkan.

- **Variabel terikat**

Variabel terikat pada penelitian ini meliputi parameter sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel, yaitu kadar air, kerapatan, dan *Modulus of Rupture* (MoR).

- **Variabel kontrol**

Variabel yang dipertahankan selama penelitian meliputi ukuran partikel, ukuran papan, waktu pengempaan, serta jenis perekat yang digunakan.

Adapun tabel variasi komposisi antara serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) sebagai berikut:

Tabel 3.4 Komposisi Campuran Limbah Bromelain dan Perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc)

Sampel	Ukuran (cm)	Limbah Bromelain (gram)	Perekat <i>Polyvinyl Acetate</i> (PVAc) (gram)	Jumlah Sampel
A (40:60)	30 × 30 × 1	324	216	3
B (45:55)	30 × 30 × 1	297	243	3
C (50:50)	30 × 30 × 1	270	270	3

3.5 Prosedur Penelitian

Proses pembuatan papan partikel mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Mirza et al. (2020) dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. **Persiapan Bahan**

Limbah bromelain terlebih dahulu dikeringkan menggunakan oven pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ selama $\pm 16\text{--}24$ jam untuk menurunkan kadar air bahan. Setelah proses pengeringan, bahan dihancurkan menggunakan mesin grinding dan diayak menggunakan *mesh* ukuran 35 agar diperoleh ukuran partikel yang seragam. Selanjutnya, serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) ditimbang sesuai komposisi perlakuan yang telah ditentukan.

2. **Pembuatan Papan Partikel**

Serbuk bromelain dicampurkan dengan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) hingga homogen. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan berukuran $30 \times 30 \times 1$ cm dan dilakukan proses pengempaan menggunakan alat press selama 10–15 menit. Setelah proses pengepresan selesai, papan dikeluarkan dari cetakan dan dikondisikan pada suhu ruang selama kurang lebih lima hari.

3. **Pembuatan Spesimen Uji**

Papan partikel yang telah terbentuk dipotong sesuai ukuran spesimen pengujian berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 untuk pengujian sifat fisik dan sifat mekanik.

4. **Pengujian**

Pengujian dilakukan terhadap parameter kadar air, kerapatan, dan *Modulus of Rupture* (MoR). Nilai masing-masing parameter dihitung menggunakan rumus yang telah dijelaskan pada Bab II, kemudian dibandingkan dengan standar mutu papan partikel berdasarkan SNI 03-2105-2006.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui pengujian laboratorium terhadap papan partikel yang meliputi pengujian sifat fisik dan sifat mekanik. Data yang dihasilkan berupa data kuantitatif hasil pengukuran kadar air, kerapatan, dan *Modulus of Rupture* (MoR). Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk memperoleh nilai rata-rata yang lebih representatif. Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

3.6.1 Pengujian Sifat Fisik

- Kadar Air: Pengujian kadar air dilakukan dengan menimbang sampel pada kondisi awal, kemudian mengeringkannya dalam oven bersuhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ selama $\pm 16\text{--}24$ jam. Setelah pendinginan pada suhu ruang selama kurang lebih satu jam, sampel ditimbang kembali untuk memperoleh berat kering oven. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan digunakan untuk menentukan kadar air papan partikel.
- Kerapatan: Pengujian kerapatan dilakukan dengan mengukur dimensi spesimen berupa panjang, lebar, dan tebal untuk menentukan volume papan. Massa kering sampel kemudian dibandingkan dengan volume spesimen sehingga diperoleh nilai kerapatan papan partikel.

3.6.2 Pengujian Sifat Mekanik

- *Modulus of Rupture (MoR)*: Pengujian *Modulus of Rupture (MoR)* dilakukan menggunakan metode lentur tiga titik dengan bantuan *Universal Testing Machine (UTM)*. Spesimen diletakkan pada dua titik tumpuan, kemudian diberi pembebanan pada bagian tengah hingga terjadi patah. Beban maksimum yang diperoleh selama pengujian digunakan untuk menghitung nilai *Modulus of Rupture (MoR)* sesuai standar SNI 03-2105-2006.



Gambar 4.6 Pengujian *Modulus of Rupture (MoR)*

3.7 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi komposisi perekat terhadap sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel serta menginterpretasi hasil dari pengujian yang sudah dilakukan. Untuk memastikan bahwa kesimpulan yang diambil adalah objektif dan valid, analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode statistik yang tepat.

1. Analisis Deskriptif

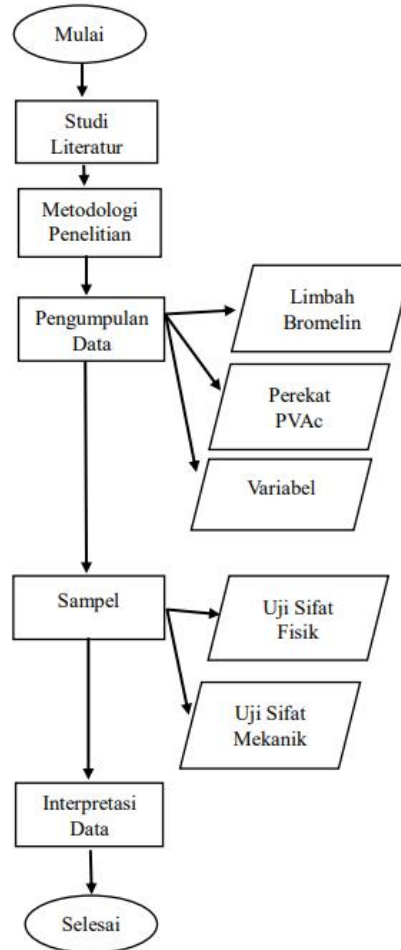
Langkah awal dalam analisis data adalah menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian. Analisis ini berupa menghitung nilai rata-rata hasil pengujian, kemudian dibandingkan dengan standar mutu papan partikel berdasarkan SNI 03-2105-2006.

2. Analisis Statistik Inferensial

Langkah selanjutnya untuk menilai pengaruh dari variasi komposisi terhadap sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) berdasarkan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan, yaitu variasi komposisi perekat. Sebelum dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA), data diuji terlebih dahulu untuk memastikan bahwa syarat analisis parametrik terpenuhi, yaitu dengan uji normalitas (Shapiro-Wilk) untuk mengetahui apakah distribusi data normal dan uji homogenitas varians (Levene Test) untuk mengetahui apakah varians antar perlakuan homogen. Dimana jika kedua asumsi terpenuhi maka analisis dilanjutkan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila tidak terpenuhi, digunakan alternatif uji non parametrik (Kruskal Wallis). Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan terhadap parameter sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel. Apabila hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) menunjukkan nilai signifikansi lebih kecil 0,05 menunjukkan pengaruh perlakuan nyata maka dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perlakuan yang memberikan pengaruh paling besar. Sedangkan, nilai signifikansi lebih besar 0,05 menunjukkan pengaruh perlakuan tidak nyata dan tidak diperlukan untuk uji lanjut.

3.8 Skema Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dirangkum dalam diagram alur berikut:



Gambar 3.8 Skema Penelitian

1. Studi Literatur

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan literatur untuk membangun kerangka teoretis yang mendasari seluruh kegiatan penelitian. Referensi ilmiah yang digunakan mencakup jurnal, artikel, dan buku yang membahas konsep dasar material, karakteristik perekat, pemanfaatan, serta metode fisik dan uji mekanik sesuai standar SNI 03-2105-2006. Studi ini menjadi fondasi bagi perumusan masalah, tujuan, dan penentuan metodologi eksperimen yang digunakan dalam penelitian.

2. Metodologi Penelitian

Berdasarkan landasan teori, peneliti menyusun desain metodologi yang sesuai, yaitu metode eksperimen laboratorium. Fokus utama dari rancangan ini adalah pengujian sifat fisik dan sifat mekanik terhadap spesimen papan partikel dengan variasi komposisi, variabel lain seperti jenis perekat, waktu curing, dan rasio pencampuran dijaga tetap untuk memastikan validitas hasil.

3. Persiapan

Bahan utama berupa limbah bromelain diperoleh dari PT Great Giant Pineapple. Limbah bromelain dikeringkan, lalu dihancurkan menggunakan mesin grinding. Setelah itu, partikel digrinding dan diayak menggunakan *mesh* dengan 35 untuk menghasilkan ukuran partikel yang seragam. Perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) dipersiapkan sebagai bahan perekat. Semua bahan ditimbang secara presisi menggunakan timbangan digital, dan rasio campuran ditentukan berdasarkan volume.

4. Proses Pembuatan

Serbuk bromelain dan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) dicampurkan dalam wadah hingga homogen, kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang terbuat dari besi ukuran 30 x 30 x 1 cm. Kemudian, press dengan alat press selama \pm 10-15 menit. Proses curing dilakukan selama \pm 5 hari di suhu ruang untuk memastikan perekat mengeras sempurna dan partikel terikat stabil.

5. Pembuatan Spesimen Uji

Setelah proses cetak selesai, papan yang telah mengeras dipotong dan dibentuk sesuai spesifikasi standar pengujian. Untuk standar pengujian digunakan Standar SNI 03-2105-2006. Dimensi spesimen diukur menggunakan mistar untuk memastikan kesesuaian ukuran.

6. Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanik

Pengujian sifat fisik spesimen diuji dengan proses pengovenan. Sedangkan, pengujian sifat mekanik spesimen diuji menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM).

7. Analisis Data

Data numerik yang diperoleh dari hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik dan dianalisis secara statistik.

8. Interpretasi dan Kesimpulan

Tahapan terakhir dari skema ini adalah interpretasi hasil. Peneliti membandingkan nilai-nilai eksperimental antar variasi komposisi bahan, menilai performa fisik dan mekanik papan partikel secara keseluruhan, serta mengevaluasi keberhasilan metode dan desain material. Temuan dari penelitian ini kemudian dirangkum untuk disimpulkan dan dijadikan dasar rekomendasi bagi penelitian selanjutnya maupun aplikasi praktis di bidang konstruksi ramah lingkungan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) variasi komposisi perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) 40%, 45%, dan 50% menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap sifat fisik papan partikel, khususnya nilai kadar air. Variasi komposisi perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kadar air papan partikel.
2. Papan partikel berbahan limbah bromelain dengan perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) dengan variasi komposisi:
 - A = 40% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 60% limbah bromelain,
 - B = 45% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 55% limbah bromelain,
 - C = 50% perekat *Polyvinyl Acetate* (PVAc) = 50% limbah bromelain.

Menghasilkan nilai kadar air rata-rata antara 0,27–0,45%, dan nilai kerapatan rata-rata 0,5 gr/cm³ menunjukkan bahwa telah memenuhi standar SNI 03-2105-200. Sedangkan, nilai *Modulus of Rupture* (MoR) rata-rata 52 kgf/cm² menunjukkan belum memenuhi SNI 03-2105-2006. Akan tetapi, limbah bromelain berpotensi digunakan sebagai bahan baku papan partikel ramah lingkungan dan dapat menjadi alternatif pengganti bahan berbasis kayu.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan adalah:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji penggunaan bahan baku liginoselulosa alternatif lainnya, seperti bambu, serat kelapa, ampas tebu, atau limbah pertanian lainnya, baik sebagai substitusi maupun kombinasi dengan limbah bromelain, guna meningkatkan aspek keberlanjutan, efisiensi pemanfaatan limbah, serta potensi peningkatan sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel.
2. Penelitian selanjutnyadisarankan untuk mengkaji variasi jenis perekat lain, seperti perekat alami atau bio-adhesive maupun perekat lainnya, guna meningkatkan aspek keberlanjutan.
3. Perlu dilakukan pengujian karakteristik bahan seperti uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) guna mengetahui karakteristik spesifik khusus papan partikel.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. 2021. *ASTM D790-17: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Badan Standardisasi Nasional. 2006. *Papan Partikel (SNI 03-2105-2006)*. Jakarta: BSN.
- Bader, M. & Nemeth, R. 2018. *Effect of pressing parameters on the physical and mechanical properties of particleboard*. *Wood Research*, 63(2), Hlm. 307-318.
- Bowyer, J.L., Shmulsky, R. & Haygreen, J.G. 2003. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. 4th ed. Ames, Iowa: Iowa State Press.
- Clean Energy Ministerial. 2022. *PT Great Giant Pineapple (Indonesia): Clean Energy Solutions*. Diakses tanggal 17 September 2025, dari Website: <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2022/03/pt-great-giant-pineapple-indonesia.pdf>
- Dukarska, D., Rogozinski, T., Antov, P., Kristak, L. & Kmieciak, J. 2022 *Characterisation of wood particles used in the particleboard production as a function of their moisture content*, *Journal Materials*, 15(1), p. 48.
- Engehausen, N., Franz, F., Rieg, F., Linsinger, T. & Wagenfuhr, A. 2024. *Influence of particle size on the mechanical properties of single-layer particleboards*, *Journal Fibers*, 12(4), Hlm. 32.
- European Committee for Standardization (CEN). 1993. *EN 310: Wood-based panels Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength*. Brussels: CEN.

- Ferrandez-Garcia, C.-E., Ferrandez-Garcia, A., Ferrandez-Villena, M., Hidalgo-Cordero, J. F., García-Ortuño, T. & Ferrández-García, M.-T. 2018. *Physical and Mechanical Properties of Particleboard Made from Palm Tree Prunings*. *Forests*. 9(12)
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2022. *The State of the World's Forests 2022: Forest Pathways for Green Recovery and Building Inclusive, Resilient and Sustainable Economies*. Rome: FAO.
- Google Earth. 2025. Lokasi PT Great Giant Pineapple. Diakses tanggal 25 Juli 2025, dari Website: <https://earth.google.com>.
- Great Giant Foods. 2024. *Waste Management Report 2024*. PT Great Giant Pineapple. Diakses tanggal 17 September 2025, dari Website: <https://www.greatgiantfoods.com/>
- Hanif, L. 2020. *Perekat Polyvinyl Acetate (PVAc)*, *Jurnal Akar*, 2(1), Hlm. 22–28.
- Hasan, M., Rahmadi, A. & Arriyati, H., 2021. *Sifat fisis dan mekanis papan komposit dari serat batang kelapa sawit dengan berbagai komposisi perekat polyvinyl acetate (PVAc)*. *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(2), pp.123–131.
- Indrayanti, L. 2023. *Uji pendahuluan sifat fisika dan mekanika papan partikel kayu kawui dengan tiga persentase perekat PVAc*, *Jurnal Hutan Tropis UPR*, 11(2), Hlm. 45–52.
- Indrayanti, L., Siska, G., & Sijabat, F. 2023. *Uji pendahuluan sifat fisika mekanika papan partikel kayu Kawui dengan tiga persentase perekat PVAc*, *Jurnal Ilmu Pertanian*, 17(01), Hlm. 27-36.
- Izdinsky, J., Hozak, V., Kudela, J. & Hysek, S. 2020. *Bonding of selected hardwoods with PVAc adhesive*, *Journal Applied Sciences*, 11(1), Hlm. 67.
- Jatengprov. 2023. *Program PINAYO: Inovasi Sabun Enzim Bromelain*. Diakses tanggal 17 September 2025, dari Website: <https://jatengprov.go.id>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2023. *Statistik Kehutanan Indonesia 2023*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengelolaan Hutan Produksi Lestari, KLHK.
- Kompas. 2024. *Produksi nanas Indonesia capai 3,203 juta ton*. Diakses tanggal 17 September 2025, dari Website: <https://money.kompas.com>

- Lee, S.H., Ashaari, Z., Lum, W.C., Halip, J.A., Ang, A.F., et al. 2022. *Particleboard from agricultural biomass and recycled wood: A review*. Journal of Materials Research and Technology, 19, Hlm. 2281–2297.
- Mirza, A., Prasetyo, H. & Nugroho, W. 2020. *Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari serbuk kayu sengon dengan perekat PVAc*. Sylva Scientiae, 3(5), Hlm. 1–8.
- Mirza, H., Wardani, A. K. & Hamidah, S. 2020. *Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari serbuk kayu sengon dengan perekat PVAc*, Jurnal Sylva Scientiae, 3(5), Hlm. 100–108.
- Meena, R.S., et al. 2021. *Enzyme Biotechnology and Plant Enzymes*. London: Elsevier.
- Melichar, T., Meszarosova, L., Bydzovsky, J., Ledl, M. & Vasas, S. 2021. *The effect of moisture on the properties of cement-bonded particleboards made with non-traditional raw materials*, Journal of Wood Science, 67(75).
- Purwiningsih, D., et al. 2022. *Kualitas fisik dan kimia kompos dengan MOL tape ubi dan bonggol pisang pada pengomposan aerob dan anaerob*. Jurnal Kesehatan Poltekkes Ternate, 15(2), Hlm. 45–54.
- RM.id. 2024. *Pineappleskin sebagai pakan ternak fermentasi*. Diakses tanggal 17 September 2025, dari Website: <https://rm.id>
- Santos, J.C., Mendes, L.M., Albuquerque, C.E.C. & Mori, F.A. 2018. *Properties of particleboard produced with agricultural residues and PVAc adhesive*. European Journal of Wood and Wood Products, 76(3), Hlm. 823–832.
- Smith, J., Brown, K., Jones, H. & Taylor, R. 2021. *Influence of initial moisture content on adhesive bonding and physical properties of biomass composites*. Materials. 14(9), 2251.
- Syukur, A., Yuniati, E., Hartono, R. & Fajrin, A. 2025. *Effects of adhesives and particle characteristics on particleboard performance*, Journal BioResources, 20(2), Hlm. 3788–3807.
- Todorovic, T., Milićević, A., Jovic, M., & Radojevic, V. 2024. *Chitosan-graft-poly (vinyl acetate) for wood-adhesive applications*, International Journal of Adhesion & Adhesives. Vol, 139, Article 103784.

Universitas Gadjah Mada. 2015. *Pengelolaan limbah nanas di PT Great Giant Pineapple Lampung*. Diakses tanggal 17 September 2025, dari Website: <https://ugm.ac.id>

Wulandari, F.T. 2022. *The effect of glue spread and wood species on physical and mechanical properties of laminated boards using PVAc*, Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 40(3). Hlm. 145–154.