

**PENGARUH KOMPOSISI BAHAN BAKU TERHADAP SIFAT FISIS DAN
MEKANIS PAPAN PARTIKEL BERBASIS LIMBAH PERTANIAN DAN
KEHUTANAN**

(Skripsi)

Oleh

FADJRI FERZA



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

**PENGARUH KOMPOSISI BAHAN BAKU TERHADAP SIFAT FISIS DAN
MEKANIS PAPAN PARTIKEL BERBASIS LIMBAH PERTANIAN DAN
KEHUTANAN**

Oleh

FADJRI FERZA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

THE EFFECT OF RAW MATERIAL COMPOSITION ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLE BOARDS BASED ON AGRICULTURAL AND FORESTRY WASTE

By

FADJRI FERZA

Utilization of biomass waste such as residual cassava stems, sengon sawdust, and rice husks as a source of natural fiber to replace wood is currently still limited. One of its uses is as a raw material for making particle board. Particle board is a composite product formed from a combination of adhesive and filler. The purpose of this study was to determine the effect of the composition of cassava stem powder, sengon sawdust and rice husk on the physical and mechanical quality of particle board based on JIS A 5908-2003 standard. The desired particle board dimensions are 40 cm x 40 cm x 1 cm³ with the desired target density of 0.7 g/cm³. The boards were pressed with hot compresses at 25 kg/cm², at 60°C for 60 minutes. Based on the standard values of JIS A 5908-2003, the values for density and moisture content have met the standards, but based on analysis of variance, the composition of the particle board raw material has no significant effect on the values of water content, water absorption, thickness expansion, Modulus of Elasticity and Modulus of Rupture, the composition of the particle board raw material only affects the density value of the particle board.

Keywords: Particles, Physical and Mechanical Properties.

ABSTRAK

PENGARUH KOMPOSISI BAHAN BAKU TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PAPAN PARTIKEL BERBASIS LIMBAH PERTANIAN DAN KEHUTANAN

Oleh

FADJRI FERZA

Pemanfaatan limbah biomassa seperti sisa batang singkong, serbuk gergaji sengon, dan sekam padi sebagai sumber serat alami pengganti kayu saat ini masih terbatas. Salah satu pemanfaatannya ialah sebagai bahan baku pembuatan papan partikel. Papan partikel merupakan produk komposit yang terbentuk dari gabungan perekat dengan bahan pengisi (*filler*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi serbuk batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi terhadap kualitas fisik dan mekanik papan partikel berdasarkan standar JIS A 5908-2003. Dimensi papan partikel yang diinginkan adalah 40 cm x 40 cm x 1 cm³ dengan target kerapatan yang diinginkan 0,7 g/cm³. Papan ditekan dengan kempa panas pada 25 kg/cm², dengan suhu 60°C selama 60 menit. Berdasarkan nilai standar JIS A 5908-2003 nilai kerapatan dan kadar air sudah memenuhi standar akan tetapi berdasarkan analisis sidik ragam yang dilakukan komposisi bahan baku papan partikel tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, *Modulus of Elasticity* dan *Modulus of Rupture*, komposisi bahan baku papan partikel hanya berpengaruh pada nilai kerapatan papan partikel.

Kata Kunci: Partikel, Sifat Fisis dan Mekanis.

Judul Skripsi : **PENGARUH KOMPOSISI BAHAN BAKU
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS
PAPAN PARTIKEL BERBASIS LIMBAH
PERTANIAN DAN KEHUTANAN**

Nama Mahasiswa : **Fadri Ferza**

No. Pokok Mahasiswa : **1654071016**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 19621010 198902 1 002


Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.
NIP. 19791114 200912 1 001

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.S.
NIP. 19621010 198902 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**

Sekretaris : **Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Ridwan, M.S.**

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **02 Februari 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya **Fadjri Ferza** NPM 1654071016, dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam Karya Ilmiah ini adalah hasil Karya Ilmiah saya yang di bimbing oleh komisi pembimbing **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., dan Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya Ilmiah ini berisikan material yang saya buat sendiri, serta bimbingan dari para dosen pembimbing serta hasil rujukan beberapa sumber lain (Buku, Jurnal, Skripsi, Makalah, Dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan, Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 02 Februari 2023

Membuat Pernyataan



Fadjri Ferza
NPM. 1654071016

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Astra Ksetra 01 Februari 1998, Sebagai anak ke-tiga dari empat bersaudara dari Bapak Sabil dan Ibu Nursimah. Penulis memulai pendidikan dari SD Negeri 06 Tulang Bawang Tengah, Tulang Bawang Barat, pada tahun 2004-2010, SMP Negeri 01 Tulang Bawang Tengah, Tulang Bawang Barat, pada tahun 2010-2013, dan SMA Negeri 01 Terusan Nunyai, Lampung Tengah pada tahun 2013-2016.

Pada tahun 2016 penulis terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Universitas Lampung (SIMANILA)

Penulis selama perkuliahan aktif berorganisasi di Lembaga Kemahasiswaan tingkat Jurusan. Penulis menjadi anggota bidang Dana dan Usaha Penelitian (DANUS) di Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) pada tahun 2017-2019, Tahun 2020, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Labuhan Ratu Pasar, Kecamatan Sungkai Selatan, Kabupaten Lampung Utara selama 40 hari pada bulan Januari-Februari 2020. Pada tahun 2019, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna LIPI, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat dengan judul “Pemanfaatan Teknologi *Ohmic Heating* Dalam Proses Pemanasan Larutan NaCl”.

Dari hati yang paling dalam dan penuh kerendahan hati, ku persembahkan karya kecil ini kepada Dzat pemilik alam semesta

Allah SWT

Dengan segala pemberian-Nya, aku dapat menyelesaikan karya ini.

Untuk Kedua Orang Tua

Bapak Sabil & Ibu Nursimah

Ku persembahkan karya ini sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada ukur. Terima kasih atas doa, motivasi, nasihat dan guyuran kasih sayang yang selama ini Engkau berikan. Semoga senantiasa diberi kesehatan agar kelak Engkau melihat kesuksesan kecil lainnya.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada kakak dan adik ku

Yondri Andizar, Wiwin Dahlia, Feri Fariza, Wenny Apriyani, Chika Ajeng Kartini, Yersa Nopianzah

Yang telah memberikan doa, dorongan motivasi dan semangat untuk terus berjuang hingga saat ini.

Teknik Pertanian 2016

Persembahan dan ucapan terimakasih aku haturkan sebesar-besarnya. Perjalanan panjang telah dilalui bersama, suka-duka, segala rasa berbaur di dalam Persahabatan kita.

Tak lupa persembahan aku berikan kepada Almamater tercintan,

Universitas Lampung

Semoga karya kecil ini dapat berguna untuk pembangunan dan perkembangan.

SANWACANA

Alhamdulillah Robbil `Alamin, selalu penulis haturkan ucapan rasa syukur kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul “**Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Berbasis Limbah Pertanian dan Kehutanan**” ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dilaksanakan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Tidak terlupakan Sholawat teriring salam senantiasa penulis sanjung Agungkan kepada suri tauladan seluruh umat islam, murobi terbaik, pemimpin besar yang bijaksana yaitu Nabi Allah Muhammad SAW semoga kita semua selalu menjadi umatnya dan semoga kita mendapatkan syafaatnya kelak di yaumul kiyamah, Aamiin.

Penulis memahami bahwa dalam penulisan skripsi ini terdapat banyak kekurangan yang didasari oleh keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis miliki. Selama penyelesaian skripsi ini banyak sekali peran serta dari beberapa pihak yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian sekaligus Dosen Pembimbing akademik dan pembimbing I dalam menjalankan penelitian yang sudah bersedia memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penyusunan skripsi ini.

3. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan motivasi, bimbingan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Ridwan, M.S selaku Dosen pembahas yan sudah memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penyusunan sekripsi ini.
5. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung yang sudah membimbing, memberikan ilmu yang bermanfaat, serta mendukung dan memberikan motifasi kepada penulis selama ini.
6. Kedua Orang tua ku Bapak Sabil dan Ibu Nursimah, Saudara–saudaraku Yondri Andizar, Wiwin Dahlia, Feri Fariza, Wenny Apriyani, Yersa Nopianzah, Kenzie, Melody, Bening, Mouza serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungan berupa doa, moril, materil, serta kasih sayang yang tiada tara sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Keluarga Teknik Pertanian 2016 yang telah menemani, tempat berbagi canda tawa, keluh-kesah, dan membantu penulis dalam perkuliahan sampai dengan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
8. Partner penulis penulisan skripsi saudari Chika Ajeng Kartini S.Akun.
9. Teman-teman seperjuangan Adi Sujianto, Taufiq Bramayuda, S.T., Fajar Arief Setiawan, S.T., Cahyo Eko Purnomo S.T., yang selalu berjuang bersama dalam bertahan hidup di Bandar Lampung.
10. Teman-teman seperjuangan Rudangta Rivaldo, S.T., Yuda Pratama, S.T., Giantara Yuga Pratama, S.T., Farendra Tri Admajaya, S.T., Martin Sulung H, S.T, Ahmad Fitni terima kasih atas canda tawanya.
11. Teman-teman kepengurusan PERMATEP periode 2017-2020.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu namanya, yang telah membantu, meluangkan, dan memberikan banyak hal untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 02 Februari 2023

Penulis,

Fadjri Ferza

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Hipotesis	5
1.6. Batasan Masalah	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Limbah Biomassa.....	6
2.2. Sekam Padi.....	6
2.3. Tanaman Batang Singkong	8
2.4. Limbah Serbuk Kayu Sengon	10
2.5. Papan Komposit	11
2.5.1. Papan Komposit	12
2.5.2. Mutu Papan Partikel	13
2.5.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel	13
2.6. Perakat Lateks Karet Alam LKA.....	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Metode Penelitian	18
3.3.1. Persiapan Bahan Baku.....	19
3.3.2. Persiapan Perakat LKA	20
3.3.3. Produksi Papan Partikel	21

3.3.4. Pengujian Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Papan Partikel	21
3.4. Analisis Data.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Sifat Fisis Papan Partikel	27
4.1.1. Kerapatan	27
4.1.2. Kadar Air.....	29
4.1.3. Daya Serap Air	31
4.1.4. Pengembangan Tebal	33
4.2. Sifat Mekanis Papan Partikel	36
4.2.1. Keteguhan Lentur atau <i>Modulus of Elasticity</i> (MOE)	36
4.2.2. Keteguhan Patah atau <i>Modulus of Rupture</i> (MOR)	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Kimia Sekam Padi	8
2. Komposisi Kimiawi Kayu Sengon.....	11
3. Standar Nilai JIS A 5908:2003 <i>Particleboard</i>	13
4. Kebutuhan Bahan Baku Papan Partikel	19
5. Parameter Penilaian Berdasarkan Standar Nilai JIS A 5908:2003 <i>Particleboard</i>	21
6. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Kerapatan Papan Partikel	28
7. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Kadar Air Papan Partikel.....	30
8. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Daya Serap Air Papan Partikel.....	32
9. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Pengembangan Tebal Papan Partikel	35
10. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap <i>Modulus of Elasticity</i> Papan Partikel	37
11. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap <i>Modulus of Rupture</i> Papan Partikel	39
12. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Kerapatan Papan Partikel.....	51
13. Uji Lanjut Duncan Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Kerapatan Papan Partikel.....	51
14. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Kadar Air Papan Partikel	52
15. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Daya Serap Air Papan Partikel	52
16. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap Pengembangan Tebal Papan Partikel.....	53
17. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap <i>Modulus of Elasticity</i> Papan Partikel	53
18. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Komposisi Bahan Baku Terhadap <i>Modulus of Rupture</i> Papan Partikel	54
19. Data Pengujian Sampel 10 cm × 10 cm.	55
20. Data Pengujian Sampel 5 cm × 5 cm.	56

21. Perhitungan Excel Sampel 10 cm × 10 cm	57
22. Perhitungan Excel Sampel 5 cm × 5 cm	58
23. Perhitungan Excel Sampel 5 cm × 20 cm	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pembakaran Limbah Sekam Padi.....	7
2. Pembuangan dan Pembakaran Batang Singkong di Lahan.....	9
3. Penumpukan Limbah Gergaji Kayu Sengon.....	10
4. Pembagian Komposit Berdasarkan Material Penyusun.	12
5. Diagram Alir Penelitian	18
6. Mesin Perajang Batang Singkong.	20
7. Pola Pemotongan Contoh Uji Spesimen	22
8. Nilai Rata-rata Kerapatan Berdasarkan Perlakuan Komposisi Partikel.....	27
9. Nilai Rata-rata Kadar Air Berdasarkan Perlakuan Komposisi Partikel.	29
10. Nilai Rata-rata Daya Serap Air Berdasarkan Perlakuan Komposisi Partikel.....	32
11. Nilai Rata-rata Pengembangan Tebal Berdasarkan Perlakuan Komposisi Partikel.....	34
12. Nilai Rata-rata <i>Modulus of Elasticity</i> (MOE) Berdasarkan Perlakuan Komposisi Partikel.....	36
13. Nilai Rata-Rata <i>Modulus of Rupture</i> (MOR) Berdasarkan Perlakuan Komposisi Partikel.....	39
13. Mesin Rabakong Kerangka Kayu dan Besi.	60
14. Kempa Panas (<i>Hot press</i>).....	60
15. Hasil Pengecilan Ukuran Batang Singkong Menggunakan Rabakong.	61
16. Hasil Pengecilan Ukuran Serbuk Batang Singkong Menggunakan <i>Hammer mil</i>	61
17. Penjemuran Serbuk Batang Singkong.....	62
18. Penjemuran Serbuk Gergaji Sengon.	62
19. Penjemuran Sekam Padi.....	63
20. Pengukuran Kadar Air Bahan Baku (Serbuk Singkong, Serbuk Gergaji Sengon, Sekam Padi).	63
21. Penyeleksian Ukuran Partikel Menggunakan Mesh 20.	64
22. Penimbangan Serbuk Batang Singkong, Serbuk Gergaji Sengon Sekam Padi.....	64
23. Penimbangan Perekat Lateks Karet Alam.....	65
24. Pencampuran Perekat ke Bahan.	65

25. Setelah Pencampuran Bahan Dengan Perekat.....	66
26. Proses Pengempaan.....	66
27. Papan Partikel.....	67
28. Pola Potongan Spesimen Uji.....	67
29. Spesimen Uji Sifat Fisis dan Mekanis Setelah Pemotongan.....	68
30. Pengukuran Sampel Papan Partikel 10 ×10 cm Sebelum di Oven (Panjang, Lebar, Tebal).....	68
31. Proses Pengovenan Sampel Uji.....	69
32. Penimbangan Sampel Setelah di Oven Selama 24 Jam Dengan Suhu 103±2 °C.	69
33. Pengukuran Sampel Papan Partikel 5 cm ×5 cm Sebelum di Oven (Panjang, Lebar, Tebal).....	70
34. Penimbangan Sampel 5 cm × 5 cm Sebelum Direndam di Dalam Air Selama 24 Jam.	70
35. Perendaman Sampel Dengan Ukuran 5 cm × 5 cm Selama 24 Jam.	70
36. Penimbangan Sampel Setelah Direndam Selama 24 Jam di Dalam Air.	71
37. Pengukuran Tebal sampel Papan Partikel 5 cm × 5 cm Setelah Direndam di Dalam air 24 Jam.	71
38. Mesin UTM.....	72
39. Sampel Dengan Ukuran 20 cm × 5 cm Untuk Uji MOE Dan MOR.	72
40. Pemasangan Sampel Sebelum Dilakukan Pengujian.	73
41. Sampel Pengujian Tampak Dari Atas.	73
42. Sampel Pengujian Tampak Dari Samping.	74
43. Sampel Tampak Atas Setelah Pengujian.....	74

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Akhir-akhir ini isu kerusakan lingkungan di global mulai muncul dan menjadi masalah bersama, kesadaran masyarakat akan kerusakan lingkungan membawa permasalahan ini mencuat. Masalah lingkungan terpenting adalah terkait pemanasan global yang salah satunya disebabkan oleh kerusakan hutan yang terus mengalami *deforestasi* (Abimanyu dkk, 2019). Salah satu penyebab dari rusaknya hutan adalah pemanenan hasil hutan kayu yang tidak menerapkan kaidah-kaidah lingkungan (Aisyah dkk, 2023). Pemanenan hasil hutan kayu bertujuan untuk menyediakan bahan baku bagi industri kehutanan, terutama industri penggergajian kayu (Ridjayanti dkk, 2023). Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2018) produksi kayu gergajian sebesar 2.078.551 m³ mengalami penurunan dari tahun sebelumnya.

Adanya tuntutan dalam penyediaan kayu gergaji dan mengatasi permasalahan kerusakan lingkungan akibat penebangan hutan secara terus-menerus, mengakibatkan manusia berupaya untuk mencari solusi. Salah satu upaya ke arah tersebut ialah pengenalan mengenai papan partikel. Papan partikel merupakan produk komposit yang terdiri dari kombinasi penguat (perekat) dengan bahan pengisi (*filler*), yang dapat berupa serat atau serbuk dengan sifat mekanik berbeda, sehingga menghasilkan material baru yang lebih baik dari material pembentuknya (Hidayat dkk, 2022; Iswanto., 2022).

Bahan baku serat dan serbuk dapat ditemukan pada limbah biomassa (Baskara dkk., 2022; Bazenet dkk., 2021). Pemanfaatan limbah sebagai pengganti kayu olahan dipandang paling efektif, karena memanfaatkan barang sisa yang

umumnya tidak digunakan dan identik dengan limbah (Afkar dkk, 2022). Mendaur ulang limbah menjadi bahan atau produk dapat meningkatkan atau memberikan nilai tambah (*Value added*) secara ekonomis dan mengurangi dampak kerusakan lingkungan yang disebabkan limbah biomassa (Setyo dan Sudiby, 2008).

Indonesia kaya akan sumber daya alam seperti hasil pertanian dan perkebunan, dari proses pasca panen hasil pertanian tersebut menghasilkan limbah biomassa yang dapat berbentuk bahan buangan tidak terpakai (Haryanto dkk., 2021; Ridjayanti dkk, 2021). Dibalik melimpahnya ketersediaan limbah biomassa mengakibatkan kerugian bagi masyarakat berupa pencemaran lingkungan jika tidak dilakukan penanganan dengan tepat (Akib, 2014; Yunita dkk, 2023). Secara umum biomassa dibedakan menjadi dua tipe utama, yaitu pohon berkayu (*woody*) dan rerumputan (*herbaceous*), saat ini bahan berkayu diperkirakan merupakan 50% dari total potensi biomassa yang ada sedangkan 20% lainnya adalah limbah pertanian (Mauritio dkk, 2022; Rohman, 2009).

Singkong (*Manihot esculenta*) tumbuh di hampir semua kabupaten di Provinsi Lampung, menjadikan Provinsi Lampung sebagai penghasil singkong utama di Indonesia. Singkong tumbuh hampir di seluruh Provinsi Lampung, menjadikannya sebagai provinsi penghasil singkong terbesar di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik BPS (2018), produksi singkong sebesar 6.683.758 ton/tahun dengan luas lahan produktif mencapai 256.632 ha menjadikan Provinsi Lampung sebagai penghasil singkong terbesar nasional. Sebagai provinsi penghasil singkong terbesar di Indonesia, produktivitas singkong juga berbanding lurus dengan jumlah limbah biomassa batang singkong hampir 10% dari keseluruhan batang singkong digunakan untuk peremajaan dan 90% hanya terbuang percuma dan tidak dimanfaatkan yang kemudian menjadi limbah pertanian (Sumanda dkk, 2011).

Indonesia merupakan penghasil kayu terbesar di dunia salah satunya kayu sengon (Riniarti dkk., 2021; Wijaya dkk., 2022). Hasil kayu di Indonesia diperoleh dari hutan hujan tropis. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2015), produksi kayu gergaji sengon di Indonesia sebesar 2,58 juta m³. Akhir-akhir ini kemajuan di

bidang teknologi pengolahan kayu dan adanya permintaan pasar yang tinggi mengakibatkan bermunculnya sentra-sentra industri penggergajian yang secara tidak langsung menghasilkan limbah serbuk gergaji dalam jumlah yang cukup banyak, serbuk gergaji adalah partikel kayu yang dihasilkan selama proses penggergajian kayu (Utama dkk., 2019). Berdasarkan hasil penelitian Hartoyo (1984) dari proses penggergajian kayu diperoleh limbah meliputi sebetan 10%, serpihan kayu kecil 25% dan serbuk gergaji 15%.

Sekam padi merupakan produk sampingan dari hasil penggilingan padi, dari proses penggilingan tersebut dihasilkan sekitar 20% sekam padi (Falleto, 2006). Saat ini sebagian besar limbah sekam padi digunakan sebagian bahan bakar tradisional batu bata, media tanam (Fauziah dkk., 2014). Kandungan bahan yang terdapat didalam sekam padi banyak mengandung lignoselulosa yaitu menimbulkan sifat kaku dan kuat, sehingga berdasarkan sifat sekam padi yang kaku dan kuat memungkinkan untuk digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan papan komposit (Fathanah, 2011).

Dalam rangka usaha peningkatan efisiensi pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan pembuatan papan komposit telah dilakukan beberapa penelitian, menurut Aisien dkk (2015) potensi penggunaan batang singkong untuk produksi papan partikel yaitu rasio perekat dan batang singkong berpengaruh nyata terhadap penyerapan air dan pembengkakan ketebalan tetapi tidak *Modulus rupture* dan *Modulus elastisitas*.

Pengkajian pemanfaatan sekam padi sebagai papan komposit telah cukup banyak dilakukan sebelumnya. Fathanah (2011) bahwa nilai keteguhan papan komposit memenuhi standar pada kisaran nilai 7,61-18,1 kgf/cm². Handani dan Ayu (2012) menyatakan bahwa sekam padi memiliki kemampuan yang sangat tinggi untuk mengikat resin, sehingga jika dibuat papan akan menghasilkan papan yang mempunyai kekuatan baik. Perlakuan terbaik papan partikel dengan kerapatan 0,71 g/cm³ dengan komposisi bahan baku sengon 50% sekam padi 50% dan konsentrasi perekat 16% (Prayoga dkk., 2019). Jenis kayu, tipe dan bentuk bahan baku, rasio pengisi matriks dan kondisi saat pengadukan secara signifikan

mempengaruhi sifat fisik dan mekanik papan partikel (Aprilliana dkk, 2022; Hidayat dkk, 2011; Maulana dkk, 2023).

Berdasarkan hasil penelusuran terkait, penelitian tentang produk papan partikel dari campuran batang singkong, serbuk gergaji sengon, dan sekam padi belum pernah dilakukan sebelumnya. Hal ini menjadi dasar dilakukannya penelitian mengenai pengaruh komposisi bahan baku terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel berbasis limbah biomassa. Perekat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lateks karet alam (LKA) yang di peroleh dari hasil penyadapan (pelukaan) terhadap kulit pohon karet (Jayadevan, 2015). Lateks karet alam merupakan perekat alami berbahan dasar air yang ramah lingkungan dan dapat menggantikan perekat sintesis. Saat ini industri kayu lapis, papan laminasi, dan furnitur telah menggunakan *Polyisocyanate/aqueous Polymer Isocyanate* (API), perekat dengan emisi formaldehida yang rendah, baik dengan pengepresan panas maupun pengepresan dingin (Fatriasari dan Ruhendi, 2010). Pengembangan mengenai penyediaan papan partikel berbasis limbah biomassa dan bahan perekat menggunakan LKA diharapkan mampu mengatasi masalah kerusakan lingkungan dan ketersediaan papan partikel sebagai pengganti kayu gergaji.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana upaya pemanfaatan limbah serbuk batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi menjadi papan partikel?
2. Bagaimana pengaruh komposisi campuran bahan baku serbuk batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh taraf komposisi bahan baku terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel.

2. Mendapatkan komposisi bahan baku terbaik terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini:

1. Menyediakan alternatif dalam penyediaan bahan baku pembuatan papan partikel untuk mengurangi penggunaan kayu.
2. Memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi sebagai bahan baku dalam proses pembuatan papan partikel.

1.5. Hipotesis

Komposisi bahan baku campuran serbuk batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi dengan perekat lateks karet alam memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel yang dihasilkan.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bahan dasar yang digunakan adalah serbuk singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi dan lateks karet alam (LKA) sebagai perekatnya.
2. Pada penelitian ini diamati pengaruh persentase bahan baku dengan pengujian meliputi kerapatan, kadar air (KA), daya serap air (DSA), pengembangan tebal (PT), *Modulus of elasticity* (MOE), *Modulus of rupture* (MOR).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Biomassa

Limbah biomassa merupakan hasil sampingan dari proses pasca panen pengolahan hasil pertanian yang dapat berbentuk bahan buangan dan tidak terpakai (Haryanto dkk., 2021). Secara umum ketersediaan limbah biomassa dapat dikategorikan menjadi dua jenis tipe, yaitu tumbuhan berkayu (*woody*) dan rumput-rumputan (*herbaceous*). Menurut perkiraan limbah biomassa kayu menyumbang 50% dari potensi keseluruhan, sedangkan 20% lainnya berupa jerami yang diperoleh dari hasil sampingan berupa limbah (Rohman, 2009).

Pengelolaan limbah biomassa yang tidak memadai dapat membahayakan lahan pertanian dan lingkungan yang lebih luas, berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Di sisi lain, pengelolaan limbah biomassa yang optimal dapat meningkatkan pendapatan petani, meningkatkan kelangsungan lahan pertanian, dan membantu mencegah kerusakan lingkungan akibat pengelolaan limbah biomassa yang salah (Abimanyu, 2014).

Komponen utama kimiawi yang terkandung dalam limbah biomassa adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin (Murda dkk., 2022; Rani dkk., 2020). Selulosa dan lignin yang tinggi berperan sebagai kekuatan serat alami yang banyak dimiliki limbah biomassa (Yang dkk., 2022).

2.2. Sekam Padi

Bagian dari sekam padi yang terpisah dari beras selama proses penggilingan dikenal sebagai sekam padi. Bahan limbah ini berupa sekam padi yang sudah terpisah dari bulir padi, sekitar 20% sekam padi yang dihasilkan selama proses

penggilingan padi dapat dianggap sebagai produk sampingan (Falleto, 2006). Saat ini sekam padi dikenal sebagai limbah dan tidak digunakan dengan baik, sebagian kecil sudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar konvensional dan sebagai media tanam. Pembakaran limbah sekam padi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembakaran Limbah Sekam Padi.

Saat ini penggunaan sekam padi menjadi material baru sudah banyak dilakukan, seperti material komposit dan isolator panas hanya saja belum maksimal (Ngahwan, 2006). Sekam padi sangat ideal sebagai pengganti serat untuk produksi papan partikel berdasarkan komposisi kimianya, karena memenuhi persyaratan serat berbentuk butiran dan memiliki kemampuan mengikat resin yang tinggi. Selain itu, kandungan lignin dan selulosa cukup tinggi, sehingga bila sekam padi digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel dan resin digunakan sebagai bahan pengikat, maka dapat menghasilkan papan partikel yang cukup kuat. (Handani dan Ayu, 2012). Komposisi kimia sekam padi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Sekam Padi

No	Komposisi	Berat %
1	Air	11,35–32,40
2	Protein kasar	1,70 –7,26
3	Lemak	0,38– 2,98
4	Ekstrak nitrogen bebas	24,70 – 38,79
5	Serat	31,37 – 49,92
6	Abu	13,16 – 29,04
7	Pentosa	16,94 – 21,95
8	Selulosa	34,34 – 43,80
9	Lignin	21,40 – 46,97

Sumber: Ismunadji (1988).

Pengolahan lanjutan dari sekam padi sebagai bahan komposit masih kurang maksimal (Ngahwan, 2006). Sekam padi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan komposit dengan mencampurkan bahan pengikat tertentu, hanya saja perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk mengetahui campuran dan proses pematatannya agar dihasilkan papan yang baik (Arifin, 2017). Sifat fisik dan mekanik papan partikel juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan kandungan sekam padi dan bahan pengikat lainnya serta banyaknya modifikasi rasio kompresi (Fathan, 2019).

2.3. Tanaman Batang Singkong

Tanaman batang singkong atau dikenal dengan sebutan Ubi kayu (*Manihot esculenta*) diberbagai daerah menjadi sumber bahan pangan ke tiga di Indonesia setelah padi dan jagung, singkong adalah salah satu alternatif pangan pengganti beras yang cukup berpengaruh keberadaannya dalam upaya ketahanan pangan di suatu wilayah (Pusdatin, Kementerian Pertanian 2016).

Dengan produktivitas ubi kayu sebesar 6,683,758 ton/tahun dengan luas lahan produktif mencapai 256,632 ha menjadikan Provinsi Lampung sebagai provinsi penghasil singkong terbesar di Indonesia (BPS, 2018). Pada umumnya pemanenan

tanaman batang singkong menghasilkan umbi singkong dan batang singkong yang dimanfaatkan kembali, hanya sekitar 10% untuk dimanfaatkan menjadi bibit yang di tanam kembali sedangkan sisanya 90% menjadi limbah biomassa yang tidak dimanfaatkan (Sumanda dkk, 2011).

Penanganan limbah batang singkong pada umumnya dilakukan secara konvensional dengan cara dibakar atau penumpukan saja oleh petani di lahan pertanian. Keberadaan limbah batang singkong di lahan pertanian dapat menyebabkan kerugian bagi petani atau lingkungan sekitar. Penumpukan batang singkong di area pertanian dapat menjadi tempat tinggal; hama tikus dan organisme pengganggu tanaman yang dikhawatirkan akan menyerang tanaman yang dibudidayakan sehingga dapat mengurangi hasil produksi (Asmara dkk., 2019). Pembuangan dan pembakaran batang singkong di lahan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuangan dan Pembakaran Batang Singkong di Lahan.

Widodo (2013) menyatakan secara fisik bahwa limbah batang singkong memiliki 65,79 % kandungan kayu, sedangkan Sumada (2011) mengatakan bahwa Ubi kayu memiliki kandungan kimia yang cukup besar, yang meliputi dari 56,82% selulosa, 21,72% lignin, 21,45% *Acid Detergent Fiber* (ADF), dan memiliki serat dengan panjang 0,05 – 0,5. Sehingga limbah batang singkong memiliki potensi atau kelayakan sebagai bahan baku pembentuk papan partikel sebagai substitusi kayu karena kandungan lignoselulosanya (Sivamani dkk, 2018).

2.4. Limbah Serbuk Kayu Sengon

Kayu sengon (*Falcataria moluccana*) merupakan jenis kayu yang terdapat di Indonesia dan ketersediaannya cukup melimpah. Berdasarkan data pusat statistik BPS (2015), 2,58 juta m³ kayu sengon di produksi di Indonesia. Hal ini dikarenakan pohon ini merupakan jenis tanaman yang cepat tumbuh, sehingga memiliki waktu panen yang relatif lebih singkat yaitu sekitar 5-7 tahun, sehingga jenis kayu ini banyak di budidayakan oleh masyarakat (Mustofa, 2020). Kayu sengon umumnya digunakan dalam pembangunan rumah serta produksi peti kayu, pulp, dan korek api. Pemanfaatan kayu sengon secara berlebihan akan berbanding lurus dengan sampah yang dihasilkan, terutama limbah dari serbuk gergaji (Baskorowati, 2014). Penumpukan limbah gergaji kayu sengon disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penumpukan Limbah Gergaji Kayu Sengon.

Serbuk gergaji adalah butiran atau partikel kayu yang diperoleh dari proses menggergaji, biasanya limbah yang berbentuk serbuk gergajian tersebut hanya dipakai sebagai bahan bakar tungku, atau bahkan tidak terpakai sama sekali, sehingga nantinya akan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar (Setiyono, 2004). Karakteristik kimiawi kayu sengon terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimiawi Kayu Sengon

Komposisi Kimia Kayu Sengon	Kandungan (%)
Selulosa	49,40%
Hemiselulosa	24,10 %
Lignin	23,55
Zat Ekstraktif	4,67 %

Sumber: Achmad, Herliyana, & Wartaka (2008).

Dilihat dari kandungan kimia serbuk gergaji kayu sengon yang cukup tinggi jika digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel dengan resin sebagai pengikatnya akan menghasilkan kekuatan yang cukup baik pada papan partikel (Handani dan Ayu, 2012; Hidayat dkk., 2011).

2.5. Papan Komposit

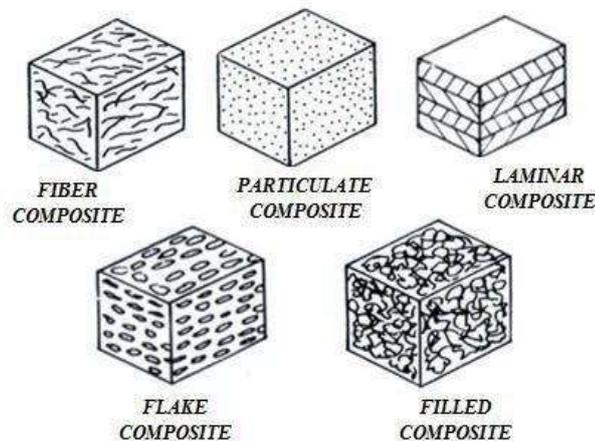
Menurut Schwartz (1984) komposit adalah bahan yang terdiri dari dua atau lebih elemen dasar yang berbeda bentuk atau susunannya yang selanjutnya disatukan dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain, sedangkan Maulana dkk (2022) mengatakan bahwa komposit adalah struktur bahan yang terdiri dari dua atau lebih kombinasi bahan yang terbentuk dalam skala makroskopis dan menyatu secara fisik. Secara umum material komposit terdiri dari dua komponen utama yaitu *matrik* (perekat) dan *filler* (pengisi) (Febrianto dkk., 2014). Dalam pembuatan komposit, filler merupakan bahan yang dapat berbentuk serat atau partikel (Hamdi, 2010). Dengan mendistribusikan tekanan secara merata antara serat dan matriks, penambahan bahan pengisi pada matriks bertujuan untuk meningkatkan kualitas mekanik sekaligus menurunkan biaya pembuatan papan partikel per satuan volume (Han, 1990).

Kekerasan barang komposit bisa menyamai, melampaui, atau bahkan beberapa kali lipat dari baja dan aluminium, yang merupakan keunggulan barang komposit. Berdasarkan material penyusun komposit, dapat lebih tahan terhadap korosi dan memiliki tampilan yang menarik (Malau, 2000).

Berdasarkan material penyusun masing-masing jenis komposit Schwartz (1984) membagi menjadi beberapa kategori berikut:

1. Komposit serat (*fiber*) yang terbentuk dari serat dengan atau tanpa perekat.
2. Komposit serpihan (*flake*) dengan atau tanpa perekat.
3. Komposit partikel yang terbentuk dari partikel dengan atau tanpa perekat.
4. Komposit rangka yang terbentuk dari matrik rangka yang diisi bahan lain.
5. Komposit laminasi (*laminata*) yang terbuat dari laminasi (*laminata*).

Pembagian komposit berdasarkan material penyusun disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembagian Komposit Berdasarkan Material Penyusun.

2.5.1. Papan Komposit

Maloney (1977) mendefinisikan papan partikel sebagai konsep panel yang terbuat dari bahan berlignoselulosa, terutama kayu yang berbentuk potongan-potongan kecil atau partikel, yang direkatkan dengan perekat sintetik atau perekat lainnya dan diperlakukan secara fisik dengan tekanan dan panas dalam suatu pengepresan yang nantinya akan menghasilkan ikatan antar partikel dengan perekat untuk membentuk lembaran baru. Sedangkan menurut Joesoef *et al* (1980) papan partikel merupakan papan yang terdiri dari partikel atau potongan kayu dengan ukuran yang kecil dan memiliki kandungan lignoselulosa kemudian direkatkan dengan perekat organik dengan menggunakan berbagai macam perlakuan fisika berupa panas, pres, katalisator.

Faktor utama yang dapat membentuk sifat papan partikel dapat terjadi dari penggunaan jenis kayu, kadar air, kerapatan papan, jumlah perekat, bahan tambahan, profil kerapatan, kesejajaran partikel dan lapisan menurut ukuran partikel (Hidayat dkk., 2013; Maloney, 1977). Sifat papan partikel juga dipengaruhi oleh tipe, ukuran partikel dan jenis kayu, jumlah perekat dan tipe, penyebaran dan perekatan partikel, tahapan produksi dan kadar air (Hidayat dkk., 2019; Kollman dkk., 1984). Variabel tambahan yang dapat mempengaruhi sifat-sifat papan partikel menurut Joesoef (1977) adalah pengepresan papan, jenis dan jumlah perekat, jenis dan ukuran partikel, kadar air, kerapatan papan, distribusi dan orientasi partikel, kualitas produksi, dan perlakuan akhir.

2.5.2. Mutu Papan Partikel

Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908 (2003) menetapkan persyaratan untuk sifat fisis dan mekanis papan partikel. Syarat yang harus dipenuhi pada sifat fisis dan mekanis papan partikel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar Nilai JIS A 5908:2003 *Particleboard*

No	Sifat Fisis dan Mekanis	JIS A 5908(2003)
1	Kerapatan (g/cm^3)	0,4-0,9
2	Kadar air (KA %)	5-13
3	Daya serap air (DSA)	-
4	Pengembangan Tebal (PT %)	Maksimum 12
5	<i>Modulus of Elasticity</i> MOE (N/mm^2)	Minimum 2000
6	<i>Modulus of Rupture</i> MOR (N/mm^2)	Minimum 7,84

2.5.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas papan partikel menurut (Sutigno, 2000) adalah sebagai berikut:

- a. Berat jenis partikel

Untuk memastikan bahwa papan partikel memiliki kualitas yang dapat diterima, perbandingan berat jenis kayu dengan papan partikel harus lebih

dari satu, atau kira-kira 1:3. Dalam keadaan ini, proses pengepresan berfungsi secara efektif, menghasilkan kontak partikel yang baik. Ketebalan pengembang dan penyerapan air keduanya dipengaruhi oleh berat jenis partikel.

b. Zat ekstraktif partikel

Jika dibandingkan dengan papan partikel yang terbuat dari kayu yang tidak berminyak akan lebih baik, papan dengan partikel berminyak akan berkinerja kurang baik. bahan kimia ekstraktif ini akan menghambat proses pengikatan partikel.

c. Tipe partikel

Ketika digunakan sebagai bahan baku papan partikel, jenis kayu ini (Meranti Kuning) mengeluarkan lebih banyak formaldehida dibandingkan jenis lainnya (Meranti Merah). Akan tetapi sampai saat ini masih diperdebatkan apakah karena pengaruh warna atau pengaruh dari bahan kimia lainnya.

d. Jenis campuran kayu

Lebih baik membuat papan partikel dari satu jenis kayu daripada kombinasi jenis kayu karena kekuatan lentur papan partikel yang terbuat dari jenis kayu campuran sebanding dengan papan partikel yang terbuat dari satu jenis kayu..

e. Ukuran partikel

Panjang lebar ukuran serat partikel menentukan struktur pembentukan papan komposit yang akan mempengaruhi sifat papan partikel.

f. Kulit kayu

Kulit kayu mencegah proses pengikatan antar partikel. Semakin banyak kulit kayu yang terdapat pada bahan komposit maka akan semakin menghambat proses pengikatan partikel. Banyaknya kulit kayu maksimum sekitar 10% dari total keseluruhan partikel

g. Perekat

Pemakaian perekat eksterior akan mendapatkan papan partikel eksterior sedangkan pemakaian perekat interior maka akan menghasilkan papan partikel interior. Namun, penyimpangan masih dapat terjadi, misalnya

karena komposisi perekat yang bervariasi dan karena papan partikel memiliki karakteristik yang beragam. Sebagai contoh, papan partikel akan memiliki kekuatan lentur dan daya rekat internal yang unggul apabila menggunakan perekat urea formaldehid akan tetapi emisi formaldehidnya juga lebih tinggi.

h. Pengolahan

Pada saat memproduksi papan partikel sangat memungkinkan terjadinya kesalahan yang dapat berdampak pada kualitas papan partikel. Misalnya, kadar air hamparan (kombinasi partikel dengan perekat) yang optimum adalah 10 – 14%, jika terlalu tinggi maka akan berdampak pada kekuatan lentur dan kuat rekat internal papan partikel yang akan menurun.

2.6. Perekat Lateks Karet Alam LKA

Perekat berfungsi untuk menyatukan atau menyambungkan kedua permukaan benda sehingga menghasilkan bentuk baru dan memiliki kekuatan yang layak saat diberikan beban tertentu (Fujita *et al*, 1998). Lateks karet alam adalah getah putih dari pohon karet (*Hevea brasiliensis*) yang diperoleh dengan cara menyadap (melukai) kulit pohon (Jayadevan, 2015). Komposisi dasar lateks karet alam terdiri dari partikel karet alam (*poliisoprena*) kandungan partikel karet alam, air dan bahan non karet lainnya, pada lateks biasanya dikenal dengan istilah kadar karet kering (KKK) umumnya lateks karet alam hasil penyadapan mempunyai kadar karet kering (KKK) antara 20-35%, serta memiliki aroma yang kurang baik sehingga harus segera ditangani (Nurhayati, 2018).

Pemakaian perekat LKA merupakan inovasi sederhana yang mudah digunakan pada produk kayu laminasi dan triplek (kayu lapis), namun berdampak positif terhadap penggunaan perekat dalam industri perkayuan. Bahan perekat yang terbuat dari bahan alami cenderung ramah lingkungan dan memiliki waktu kering lambat tetapi memiliki hasil yang kuat dan tahan lama, perekat alami cocok untuk substitusi perekat dengan suhu rendah sangat berpotensi menggantikan perekat komersial (Vahlepi, dkk. 2018). Perekat LKA yang akan diaplikasikan perlu adanya penambahan Polivinil Alkohol (PVOH) untuk meningkatkan daya rekat

LKA dengan menghasilkan gugus hidroksil pada campuran perekat LKA + PVOH dan pMDI sebagai *crosslinking* (Fatriasari, dkk. 2010).

Penelitian terkait yang mengaplikasikan perekat LKA untuk kayu lapis meranti jenis eksterior dan interior dengan kayu sengon maupun dilakukan penguatan (tulangan) dengan PF (Hermiati *et al.* 2000) sedangkan (Yanto & Hermiati 2008) melakukan penelitian tentang pencampuran dengan poliisosianat untuk kayu lamina.

III. METODOLOGI PENELITIAN

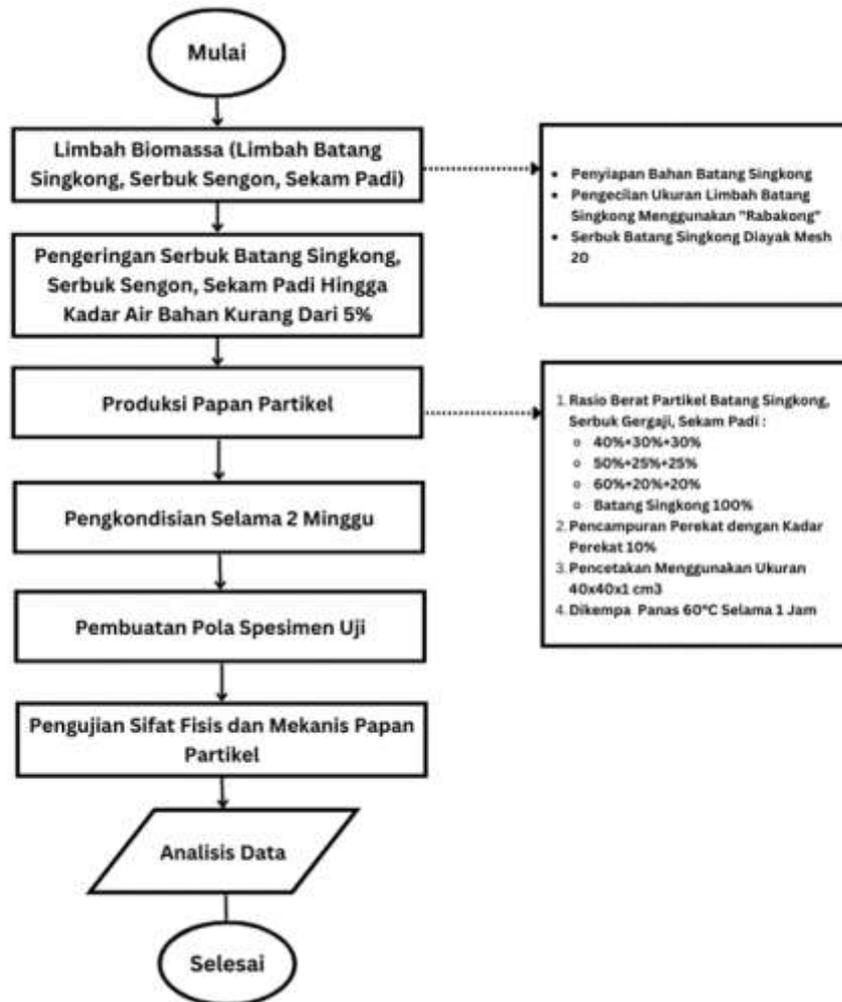
3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini di mulai dari bulan Januari hingga Juli 2021. Sedangkan pengerjaan partikel batang singkong, serbuk penggergajian, dan sekam padi akan dilakukan di Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian. Produksi papan partikel akan dilakukan di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan meliputi: mesin perajang batang singkong (Rabakong), Hammermill, ayakan mesh 20, oven, timbangan digital, gelas piala, micrometer sekrup, kempa panas (*Hot pressing*), spatula pengaduk, alat tulis dan untuk pengujian papan menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*). Sedangkan bahan utama penelitian adalah serbuk batang singkong (*Manihot esculenta*), serbuk penggergajian kayu sengon dan sekam padi. Jenis perekat yang digunakan adalah perekat karet lateks alam (LKA).

3.3. Metode Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.

Penelitian ini mengamati pengaruh jenis partikel dari limbah batang singkong, serbuk gergaji sengon, sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel dengan komposisi partikel batang singkong (BS), serbuk batang sengon (SG), sekam padi (SP) dengan perbandingan komposisi 40:30:30, 50:25:25, 60:20:20, 100:0:0. Diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan kegiatan penelitian disajikan pada Gambar 5.

Kebutuhan bahan baku berdasarkan persentase /unit papan disajikan pada Tabel 4.

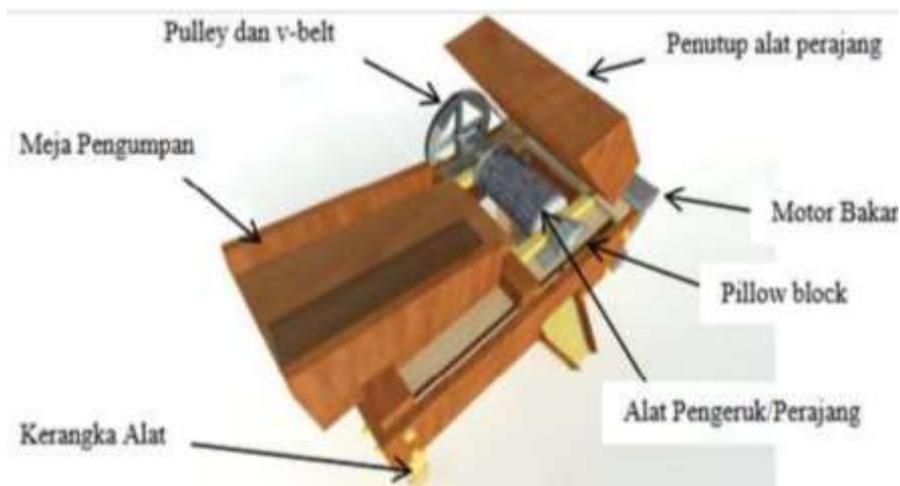
Tabel 4. Kebutuhan Bahan Baku Papan Partikel

Kombinasi Bahan	BS (g)	SG (g)	SP (g)	Total
40:30:30	427,6	320,7	320,7	1069,1
50:25:25	534,5	267,3	267,3	1069,1
60:20:20	641,4	213,8	213,8	1069,1
100:00:00	1069,1	-	-	1069,1

Keterangan: BS = Batang Singkong SG = Serbuk Sengon SP = Sekam Padi

3.3.1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa limbah batang singkong, serbuk gergaji sengon, dan sekam padi diperoleh dari lahan petani yang berada di Lampung. Sementara perekat lateks karet alam didapat dari Pusat Riset Biomaterial, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Pengecilan ukuran batang singkong akan menggunakan mesin perajang batang singkong (Rabakong). Serbuk dari batang singkong dan serbuk gergaji sengon kemudian diayak melalui mesh 20 untuk mendapatkan partikel dengan ukuran yang konsisten. Partikel yang digunakan dikeringkan secara bertahap dengan cara diangin-anginkan selama beberapa hari, kemudian dikeringkan dalam oven, hingga kadar air partikel menjadi homogen dan lebih rendah dari 5%. Untuk menghasilkan partikel batang singkong perlu dilakukannya pengecilan ukuran, dalam penelitian ini pengecilan ukuran batang singkong menggunakan alat perajang batanag singkong (Rabakong). Berikut ini adalah mesin rabakong yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Mesin Perajang Batang Singkong.

Mesin rabakong digerakkan menggunakan motor bakar yang terhubung langsung dengan poros menggunakan pulley dan v-belt sehingga akan menggerakkan atau memutar poros pisau pencacah yang terdapat pada meja input batang singkong. Pada saat mesin dihidupkan motor menggerakkan v-belt yang kemudian terhubung dengan poros pisau kemudian batang singkong dimasukkan kedalam meja pengumpan lalu secara otomatis batang singkong dirajang oleh pisau yang berputar dengan cepat. Batang singkong yang telah dirajang akan keluar melalui pengeluaran dan berbentuk partikel.

3.3.2. Persiapan Perekat LKA

Persiapan perekat lateks karet alam yaitu bahan lateks karet alam (LKA), polivinil alcohol (PVOH), CaCO_3 sebagai *filler*, pMDI sebagai *Cross-linker*. Peralatan yang digunakan meliputi ember 5 L, pengaduk kayu, sarung tangan, dan masker. Proses pencampuran perekat yaitu dengan menuangkan LKA+PVOH ke dalam ember, dan menambahkan CaCO_3 sebanyak 3% dari berat total perekat. Mengaduk rata campuran. Setelah itu menambahkan pMDI sebanyak 5% dari berat total perekat. Mengaduk kembali sampai rata, selanjutnya perekat dapat digunakan.

3.3.3. Produksi Papan Partikel

Papan partikel diproduksi dengan kombinasi rasio berat antara partikel batang singkong, serbuk gergaji sengon, dan sekam padi sebagai berikut:

1. Batang singkong (BS)
2. Serbuk gergaji sengon (SG)
3. Sekam padi (SP)

Taraf komposisi bahan baku:

BS + SG+SP

1. D1) 40% +30%+30%
2. D2) 50% +25%+25%
3. D3) 60% +20%+20%
4. D4) BS 100%

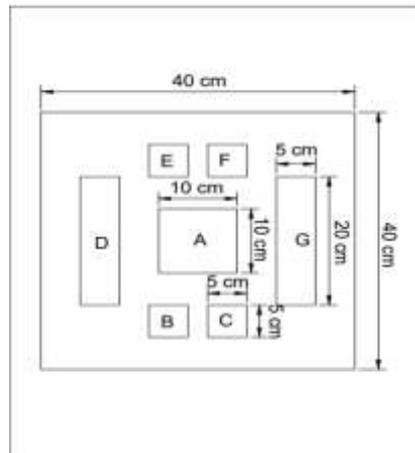
Papan partikel akan di produksi dengan ukuran $40 \times 40 \times 1 \text{ cm}^3$ (Panjang \times lebar \times tebal) dengan target kerapatan $0,7 \text{ g/cm}^3$. Bahan baku papan partikel dimasukkan kedalam cetakan papan (*Former device*), kemudian dikempa panas dengan tekanan sebesar 25 kg/cm^2 , dengan suhu 60°C selama 1 jam. Selanjutnya papan partikel yang dihasilkan dikondisikan pada suhu ruangan ($25\text{-}30^\circ\text{C}$) dengan kelembaban relatif antara 75-85% selama 2 minggu supaya kadar airnya sesuai dengan kadar air lingkungan atau dalam kondisi kesetimbangan.

3.3.4. Pengujian Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Papan Partikel

Tabel 5. Parameter Penilaian Berdasarkan Standar Nilai JIS A 5908:2003
Particleboard

No	Sifat Fisis Mekanis	Standar JIS A 5908-2003
1	Kerapatan (g/cm^3)	0,4-0,9
2	Kadar air (%)	5-13
3	Daya Serap Air (%)	-
4	Pengembangan Tebal (%)	Maksimum 12
5	<i>Modulus of Elasticity</i> MOE (N/mm^2)	Minimum 2000
6	<i>Modulus of Rupture</i> MOR (N/mm^2)	Minimum 7,84

Parameter pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel menggunakan standar JIS A 5908(2003) disajikan pada tabel diatas (Tabel 5).



Gambar 7. Pola Pemotongan Contoh Uji Spesimen.

Gambar diatas menjelaskan mengenai pola potong uji spesimen papan partikel, A) contoh uji kerapatan dan kadar air, B) contoh uji daya serap air dan pengembangan tebal, D) contoh uji MOE Dan MOR, E) cadangan contoh uji daya serap air dan pengembangan tebal , G) cadangan contoh Uji MOE dan MOR, C dan F cadangan spesimen uji.

a. Kerapatan

Pengujian kerapatan menggunakan spesimen uji pada keadaan kering udara berdasarkan standar JIS A 5908 (2003). Spesimen uji dengan ukuran (10x10x1) cm³ dilakukan penimbangan berat, mengukur panjang, lebar dan ketebalan untuk menentukan volume spesimen uji (cm³).

Rumus untuk menghitung nilai kerapatan:

$$D = B/V \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

D : Kerapatan (g/cm³)

B : Berat spesimen uji kering udara (g)

V : Volume spesimen uji kering udara (cm³).

b. Kadar Air

Pengujian nilai kadar air dilakukan pada keadaan kering oven berdasarkan standar JIS A 5908 (2003). Spesimen uji menggunakan ukuran (10x10x1) cm³ ditimbang untuk mengetahui berat awal spesimen uji (B_0). Spesimen uji dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$. spesimen uji kering ditimbang kembali (B_1). Kemudian kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KA = 100 \times (B_0 - B_1)/B_1 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

KA : Kadar air (%)

B_0 : Berat awal spesimen uji setelah pengkondisian atau sebelum di oven (g)

B_1 : Berat kering oven spesimen uji (g).

c. Daya Serap Air (DSA)

Pengujian daya serap air dihitung setelah direndam air selama 24 jam. Spesimen uji menggunakan ukuran (5x5x1) cm³. Ditimbang berat awalnya (B_1). Spesimen kemudian direndam dalam air selama 24 jam, dan setelah itu ditimbang beratnya (B_2). Daya serap air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DSA = 100 \times (B_2 - B_1)/B_1 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

DSA : Daya serap air (%)

B_1 : Berat spesimen uji sebelum perendaman (g)

B_2 : Berat spesimen uji setelah perendaman (g).

d. Pengembangan Tebal (PT)

Pengujian Pengembangan tebal dihitung dengan mengukur tebal spesimen uji sebelum dan setelah direndam dalam air selama 24 jam berdasarkan standar JIS A 5908 (2003). Spesimen uji pengembangan tebal sama dengan daya serap air. Pengembangan tebal didasarkan pada tebal sebelum direndam (T_1) kemudian diukur pada tiap sisi selanjutnya dirata-ratakan dalam kondisi kering udara dan

tebal setelah perendaman (T_2) dalam air dingin selama 24 jam. Pengembangan tebal dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$PT = 100 \times (T_2 - T_1)/T_1 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

PT : Pengembangan tebal (%)

T_1 : Tebal spesimen uji sebelum perendaman (mm)

T_2 : Tebal spesimen uji setelah perendaman (mm).

e. MOE (*Modulus of Elasticity*) dan MOR (*Modulus of Rupture*)

Pengujian MOE (keteguhan lentur) dan MOR (keteguhan patah) berdasarkan standar JIS A 5908 (2003) dilakukan pada papan dengan spesimen uji ukuran (20×5) cm³, MOE diuji dengan menggunakan *Universal Testing Machine* dan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MOE = \frac{\Delta P \times L^3}{4 \times \Delta Y \times b \times t^3} \dots\dots\dots (5)$$

$$MOR = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times t^2} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

MOE : Keteguhan lentur (N/mm²)

MOR : Keteguhan patah (N/mm²)

ΔP : Beban pada batas proporsional (N)

P : Beban maksimum (N)

ΔY : Defleksi/lenturan pada beban batas proporsional (mm)

L : Jarak sangga (mm)

b : Lebar contoh uji (mm) dan

t : Tebal contoh uji (mm).

3.4. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis data rancangan acak lengkap (RAL). Dengan perlakuan berupa taraf komposisi bahan baku partikel yang digunakan. Dari setiap

taraf komposisi yang digunakan dilakukan masing-masing pengulangan sebanyak 3 (tiga) kali ulangan.

Perekat yang digunakan berupa perekat lateks karet alam (LKA) dengan rasio berat bahan baku utama antar partikel batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi sebagai berikut: D1 40:30:30, D2 50:25:25, D3 60:20:20, D4 100:0:0, masing-masing taraf komposisi dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali ulangan. Model statistik linier dari rancangan percobaan ini dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + ai + \sum ij \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

Y_{ij} : Nilai respon pengaruh faktor kombinasi limbah batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi pada taraf ke-i dan ulangan ke-j.

μ : Nilai rata-rata pengamatan.

ai : Pengaruh perlakuan kombinasi partikel limbah batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi pada taraf ke-i

$\sum ij$: Pengaruh eror/galat yang muncul dari percobaan dalam kombinasi partikel limbah batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi pada taraf ke-i dan ulangan ke-j.

i : Taraf kombinasi serbuk batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi D1 40:30:30, D2 50:25:25, D3 60:20:20 D4 100:0:0

j : ulangan ke 1,2,3

Untuk melihat adanya pengaruh kombinasi partikel serbuk batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel maka dilakukan analisis keragaman pada tingkat kepercayaan 95% (nyata). Kriteria uji yang digunakan adalah jika F-hitung lebih kecil atau sama dengan F-tabel maka perlakuan tidak berpengaruh nyata dan jika F-hitung lebih besar dari F-tabel maka perlakuan berpengaruh nyata.

Untuk melihat pengaruh perlakuan mana yang berbeda nyata terhadap respon yang diuji dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Data hasil pengujian juga dibandingkan dengan persyaratan JIS A 5908 (2003) untuk mengetahui apakah sifat-sifat papan yang dibuat memenuhi standar atau tidak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sifat fisis papan partikel serbuk batang singkong, serbuk gergaji sengon dan sekam padi menggunakan perekat lateks karet alam 10% untuk nilai kerapatan dan kadar air telah memenuhi standar JIS A 5980-2003, sedangkan nilai pengembangan tebal belum memenuhi standar. Sifat mekanis papan partikel untuk nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) belum memenuhi standart JIS A 5980(2003).
2. Penggunaan serbuk gergaji kayu sengon yang lebih banyak (40:30:30) berpengaruh terhadap nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan tetapi tidak berpengaruh terhadap nilai kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, *Modulus elasticity* dan *Modulus rupture*.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan nilai kekuatan papan partikel dengan cara menambahkan taraf komposisi perekat
2. Perlu adanya alat penunjang pada saat produksi papan partikel seperti adanya mesin *Rotary blender* untuk mencampurkan bahan baku.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu Haznan dan Hedrana Sunit, 2014, Konversi Biomassa Untuk Alternatif Energi di Indonesia: Tinjauan Sumber Daya, Teknologi, Manajemen dan Kebijakan, Cetakan Pertama, LIPI Press, Jakarta.
- Achmad, Herliyana, E. N., & Wartaka. (2008). Studi Pertumbuhan Beberapa Isolate Jamur Tiram (*Pleurotus Spp.*) pada berbagai media ber lignin. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, 11(3), 259–267.
- Aisien, F.A., Amenaghawon, A.N., dan Bienose, K.C. 2015. *Particle Boards Produced From Cassava Stalks: Evaluation Of Physical and Mechanical Properties*. *South African Journal of Science*. 111(5): 1-4.
- Aisyah, S., Hadi, Y. S., Lubis, M. A. R., Maulana, M. I., Sari, R. K., and Hidayat, W. 2023. Influence of Puspa Wood and Coconut Trunk Combination on the Characteristics of Cross-Laminated Timber Bonded with Polyurethane Adhesive. *Jurnal Sylva Lestari* 11(1): 136–162.
- Afkar, H., Febryano, I. G., Duryat, Suri, I. F., and Hidayat, W. 2022. Pengaruh Perlakuan Panas Oil Heat Treatment terhadap Perubahan Warna Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Warta Rimba* 10(5): 97-104.
- Akib, M. 2014. Hukum Lingkungan. Rajagrafindo Persada: Depok.
- Aprilliana, N., Hidayat, W., Asmara, S., Lubis, M. A. R., Bakri, S., and Hidayati, S. 2022. Effect of Natural Rubber Latex Adhesive Content on the Physical and Mechanical Properties of Agriboard from Cassava Stem Wastes. *AIP Conference Proceedings* 2563:040005.
- Akinyemi, A, B., J. O. Afolayan., E. O. Oluwatobi. 2016. Some Properties of *Composite Corn Cob and Sawdust Particle Boards*. *Construction and Building Materials* 127 (2016) 436-441.
- Anggraeni Arif. 2016. Analisis Yuridis Pengrusakan Hutan (*Deforestasi*) dan Degradasi Hutan Terhadap Lingkungan. *Jurnal Jurisprudentie*. Vol. 3, No. 1.
- Arifin., Meldayanoor., Rusuminto. 2017. Pemanfaatan Limbah Plastik *Polypropylene PP* dan Sekam Padi Menjadi Papan Partikel. *Jurnal Teknologi Agroindustri*. 4(2): 101-110.
- Arsyad, FT. 2009. Pengaruh Proporsi Campuran Serbuk Kayu Gergajian dan Ampas Tebu terhadap Kualitas Papan Partikel yang Dihasilkannya. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Asmara, S., Kuncoro, S., dan Zulkarnain, I. 2019. Pelatihan Penanganan Limbah Batang Singkong Menggunakan Mesin Perajang Batang Singkong (Rabakong) di Desa Tanjung Bulan, Kecamatan Kasui, Way Kanan. Sakai Sambayan — Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat. 3(2): 68- 74. Badan Pusat Statistik. Statistik Produksi Kayu Gergaji kehutanan 2018. BPS Indonesia.
- Badan Pusat Statistik. Statistika Produksi Kehutanan 2015, BPS-Statistics Indonesia. Tersedia: <https://www.bps.go.id/publication/2016>, pp. 33-42, 2016.
- Baskorowati, L. 2014. Budidaya Sengon Unggul (*Falcataria moluccana*) Untuk Pengembangan Hutan Rakyat. Bogor: IPB Press, pp. 1-2.
- Baskara, M. I. A., Hapsoro, D., Maulana, M. I., Prasetya, D., Hidayat, W., Lubis, M. A. R., Kim, N. H., and Febrianto, F. 2022. *Physical and Mechanical Properties of Oriented Strand Board from Three Species of Plantation Forests at Various Resin Contents*. Jurnal Sylva Lestari 10(1): 49–62. DOI: 10.23960/jsl.v10i1.519.
- Bazenet, R. A., Hidayat, W., Ridjayanti, S. M., Riniarti, M., Banuwa, I. S., Haryanto, A., and Hasanudin, U. 2021. Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg). Jurnal Teknik Pertanian Lampung 10(3): 283–295. DOI: 10.23960/jtep-1.v10i3.283-295.
- Bowyer, J. L., Shmuslsky, R., Haygreen, J.G. 2003. *Forest Product an Wood Science: An introduction*. Blackwell Publishing. Oxford.
- Buffalino, L., Albino, V.C.S., Sa, V.D., Correa, A.A.R., Mendes, L.M., Almeida, N.A. 2012. Particleboard Made From Australian Red Cedar: Processing Variables and Evaluation of Mixed Species. Journal of Tropical Forest Science 24(2):162-172 .
- Falleto, E.L. Ederson, G., Leonardo, H. O., Sergio, J. 2006. *Conversion of Rice Hull Ash Into Sodium Silicate*. Material Research, Vol 9, No 3.335-338, Brazil.
- Fathanah, U. 2011. Kualitas Papan Komposit Dari Sekam Padi Dan Plastik HDPE Daur Ulang Menggunakan *Maleic Anhydride* (MAH) Sebagai Compatibilizer. Jurnal Rekayasa Kimia Lingkungan. 8(2) : 53-59.
- Fatriasari, W., Ruhendi S. 2010. Fortifikasi Perekat Lateks Karet Alam-Stirena dengan Isosianat: Karakteristik dan Aplikasinya pada Kayu Lapis. IPB. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis.
- Fauziah, Dwiria Wahyuni, Boni P. Lapanporo. 2014. Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Papan Partikel Berbahan Dasar Sekam Padi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Tanjung Pura. Positron Vol. IV, Nomor 2 Hal. 60-63.
- Febrianto, F., Lee, S. H., Jang, J. H., Hidayat, W., Kwon, J. H., Kondo, T., and Kim, N. H. 2014. *Tensile Properties and Dimensional Stability of Wood*

- Flour-Reinforced cis-1,4-Isoprene Rubber Composites. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University* 59(2): 333–337.
- Fujita, M., Kajiyama, M., Takemura, A., Ono, H., Mizumachi, H., & Hayashi, S. (1998). *Effects of Miscibility on peel Strength*.
- Guler, C., H. I. Sahin., S. Yeniay. 2015. The Potential For Using Corn Stalk As A Raw Material For Production Particleboard With Industrial Wood Chips. *Wood Research* 61 (2): 2016, 299-306
- Hadi, Y.S. 1998. Pengaruh Rendaman Panas Papan Partikel Kayu Terhadap Stabilitas Dimensi Papan Partikel Meranti Merah. *Buletin Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Teknologi II*(1).
- Hamdi,S., Arhamsyah. 2010. Sifat Fisis Mekanis Papan Partikel dari Limbah Kayu Gergajian Berdasarkan Ukuran Partikel, *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, Vol. 2, No. 2, Hal. 13-17.
- Han GS. 1990. *Preparation and Physical Properties of Moldable Wood Plastic Composites. Kyoto University, Japan.*
- Handani, S., Ayu, M. 2012. Sifat Mekanik Papan Partikel Sekam Padi dengan Resin Polyester Tak Jenuh (Yukallac 157). *Jurnal Ilmu Fisika. Universitas Andalas.* 4(1):26-30.
- Haryanto, A., Hidayat, W., Hasanudin, U., Iryani, D. A., Kim, S., Lee, S., and Yoo, J. 2021. Valorization of Indonesian Wood Wastes through Pyrolysis: A Review. *Energies* 14(5): 1407. DOI: 10.3390/en14051407.
- Hartoyo.1984. Nilai Komersial Briket Arang dari Serbuk Gergaji dan Limbah Industri Perkayuan yang dibuat Secara Sederhana. *Prosiding Lokakarya Energi, Jakarta.*
- Haygreen J.G dan J.L Bowyer. 1996. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Suatu Pengantar. Hadikusumo SA, penerjemah; Prawirohatmodjo S, editor. Terjemahan dari: *Forest Product And Wood Science, An Introduction*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Haygreen, J.G., and Bowyer, J.L. 1993. Hasil Hutan dan Ilmu dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar, diterjemahkan oleh Hadikusumo, S.A dan Prawirohotmodjo, S. Gajah Mada University. Press. Yogyakarta
- Hermiati E, Sudijono, Nurhayati. 2000. Substitusi Perekat Fenol Formaldehida Dengan Lateks Karet Alam Pada Pembuatan Kayu Lapis. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia III.* hlm.301-306.
- Hermiati, E., Yanto DHY., Falah, F. 2008. *Synthesis of Aqueous Polymer Isocyanate for Plywood Adhesive. Report of IFS Project AF/3268-1: Blending of Natural Rubber Latex– Styrene with Elected Commercial Wood Adhesives for Production of Some Wood Panels*. Bogor: R & D Unit for Biomaterials LIPI.
- Hidayat, W., Sya'bani, M. I., Purwawangsa, H., Iswanto, A. H., and Febrianto, F. 2011. Effect of Wood Species and Layer Structure on Physical and

- Mechanical Properties of Strand Board. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 9(2): 134–140.
- Hidayat, W., Aprilliana, N., Asmara, S., Bakri, S., Hidayati, S., Banuwa, I. S., Lubis, M. A. R., and Iswanto, A. H. 2022. *Performance of Eco-Friendly Particleboard from Agro-Industrial Residues Bonded with Formaldehyde-Free Natural Rubber Latex Adhesive for Interior Applications*. *Polymer Composites* 43(4): 2222–2233. DOI: 10.1002/pc.26535.
- Hidayat, W., Carolina, A., and Febrianto, F. 2013. *Physical, Mechanical, and Durability Properties of OSB Prepared from CCB Treated Fast Growing Tree Species Strands*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 11(1): 55–61. DOI: 10.51850/jitkt.v11i1.104.
- Hidayat, W., Suri, I. F., Safe'i, R., Wulandari, C., Satyajaya, W., Febryano, I. G., and Febrianto, F. 2019. *Keawetan dan Stabilitas Dimensi Papan Partikel Hibrida Bambu-Kayu dengan Perlakuan Steam dan Perendaman Panas*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 17(1): 68–82. DOI: 10.51850/jitkt.v17i1.462
- Hidayat, W., Sya'bani, M. I., Purwawangsa, H., Iswanto, A. H., and Febrianto, F. 2011. *Effect of Wood Species and Layer Structure on Physical and Mechanical Properties of Strand Board*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 9(2): 134–140. DOI: 10.51850/jitkt.v9i2.134
- Ismail, N.I., Nordin, K., Hamzah, N., Jamaluddin, M.A., dan Bahari, S.A. 2016. *Physical Properties of Cassava (Manihot esculenta) Stem at Different Locations Along the Height*. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*. 4(3): 115-118.
- Ismunadji. 1988. *Conversion of Rice Straw to Sugar by Diluteacid Hydrolysis*. *Biomass Bioenergy*, 30: 247-253.
- Iswanto, A. H., Madyaratri, E. W., Hutabarat, N. S., Zunaedi, E. R., Darwis, A., Hidayat, W., Susilowati, A., Adi, D. S., Lubis, M. A. R., Sucipto, T., Fatriasari, W., Antov, P., Savov, V., and Hua, L. S. 2022. *Chemical, Physical, and Mechanical Properties of Belangke Bamboo (Gigantochloa pruriens) and Its Application as a Reinforcing Material in Particleboard Manufacturing*. *Polymers* 14(15): 3111. DOI: 10.3390/polym14153111
- Jayadevan, J., dan G. Unnikrishnan. 2015. *Modification of Natural Rubber by Grafting*. *Rubber Science Journal*. 28 (2): p. 178-196.
- JIS A5908-2003. *Particleboard*. Japanese Industrial Association. Japan.
- Joesoef, M. 1977. *Papan Majemuk (Composition Board)*, Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Joesoef, M., Anwar ch, dan Kasmudjo. 1980. *Pengaruh Komposisi Campuran Kayu Sengon dan Ampas Tebu, dan Jumlah Urea Formaldehida Terhadap*

Sifat Fisik dan Mekanik *Particle Board*, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.

- K. Parmar. 2019. *Biomass an Overview on Composition Characteristics and Properties*. Jurnal Teknologi. Vol 6 No 2.
- Kollman, F.P. Edward, W., Kuenzai Alfered, I. Stamm. 1975. *Principle of Wood Science and Technology II, Wood Based Material*. Bernin, New York.
- Malau V. 2000. Bahan Teknik. Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
- Maloney TM. 1993. *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Inc. California.
- Maloney, T.M. 1977. *Modern Particle Board and Dry Process Fiber Board Manufacturing*. Miller Preeman Publication, California.
- Marra AA. 1992. *Technology of Wood Bonding Principles in Practices*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Massijaya MY, Hadi YS, Tambunan B, Sunarni I. 1999. Studi Pembuatan Papan Partikel dari Limbah Kayu dan Plastik Polistirena. Jurnal Teknologi Hasil Hutan vol 12 (2).
- Maulana, D., Dirhamsyah., D. Setyawati. 2015. Karakteristik Papan Partikel Dari Batang Pandan Mengkuang (*Pandanus Atrocarpus Griff*) Berdasarkan Ukuran Partikel Dan Konsentrasi Ureaformaldehida. Jurnal Hutan Lestari (2015) Vol. 3 (2) : 247 – 258.
- Maulana, M. I., Lubis, M. A. R., Febrianto, F., Hua, L. S., Iswanto, A. H., Antov, P., Kristak, L., Mardawati, E., Sari, R. K., Zaini, L. H., Hidayat, W., Giudice, V. Lo, and Todaro, L. 2022. *Environmentally Friendly Starch-Based Adhesives for Bonding High-Performance Wood Composites: A Review*. *Forests* 13(10): 1614. DOI: 10.3390/f13101614
- Maulana, S., Taher, T., Rianjanu, A., Febrina, M., Agustina, S., Murda, R. A., Hidayat, W., and Bindar, Y. 2023. Physical and Mechanical Properties of Bamboo Oriented Strand Board Prepared from Alkali-Immersed Strands. *Science and Technology Indonesia* 8(1): 1-8.
- Mauritio, P., Duryat, Riniarti, M., and Hidayat, W. 2022. Pengaruh Variasi Suhu Torefaksi terhadap Perubahan Warna dan Sifat Fisik Pelet Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*). *Jurnal Warta Rimba* 10(5): 1-7.
- Muhamad, I. Risnasari., L. A. P. Putri. 2013. Studi Pembuatan Papan Partikel Dari Limbah Pemanenan Kayu Akasia (*Acacia mangium L.*). *Bionatura Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik* Vol. 15, No. 1, Maret 2013: 14 – 19 ISSN 1411 – 0903.
- Murda, R. A., Maulana, S., Fatrawana, A., Mangurai, S. U. N. M., Muhamad, S., Hidayat, W., and Bindar, Y. 2022. *Changes in Chemical Composition of Betung Bamboo (Dendrocalamus asper) after Alkali Immersion Treatment under Various Immersion Times*. *Jurnal Sylva Lestari* 10(3): 358–371. DOI: 10.23960/jsl.v10i3.599

- Mustofa, K., Kurdiansyah., Thamrin, G.A.R. 2020. Efek Variasi Perbandingan Komposisi Perekat Resin Limbah Gergajian Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*) dan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Terhadap Sifat Fisika dan Mekanika Papan Partikel. *Jurnal Sylva Scientiae*. 3 (1) 127-139.
- Ngafwan. 2006. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi untuk Pembuatan Komposit Hambat Panas Menggunakan Matrik Resin, *Media Mesin*. Vol. 7, No. 1, 17-23.
- Nor Intang Setyo H. Dan Gathot Heri Sudibyo. 2008. Variasi Komposisi Kerapatan Partikel dan Jumlah Perekat Terhadap Karakteristik Papan Komposit Limbah Kayu Aren dan Serbuk Gergaji. *Jurnal Dinamika Rekayasa* Vol. 4 No. 2.
- Nurhayati, C. 2018. Penggunaan Lateks Karet (*Hevea Brasiliensis*) Untuk Lem Kayu Lapis dengan Variasi Temperatur dan Waktu Depolimerisasi Untuk Meningkatkan Mutu Lem. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 29 (2) 137-146.
- Nuryawan, A., I. Risnasari., P. S. Sinaga. 2009. Sifat Fisis-Mekanis Papan Partikel Dari Limbah Pemanenan Kayu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 2(2): 57-63 (2009).
- Oksman K, Clemons C. 1997. *Effect of Elastomers and Couplingagent on Impact Performance of Wood Flour-Filled Polypropilene*. Wisconsin, USA.
- Prayoga, D., Dirhamsyah., Nurhaida. 2019. Kualitas Papan Partikel Berdasarkan Komposisi Sekam Padi dan Kayu Sengon Dengan Variasi Kadar Perekat. *Jurnal Hutan Lestari*. 7(2) : 752-760.
- Pusat Data dan Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian (2016). Outlook Ubi Kayu. ISSN: 1907-1507.
- Rani, I. T., Hidayat, W., Febryano, I. G., Iryani, D. A., Haryanto, A., and Hasanudin, U. 2020. Pengaruh Torefaksi terhadap Sifat Kimia Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 9(1): 63–70. DOI: 10.23960/jtep-l.v9i1.63-70
- Ridjayanti, S. M., Hidayat, W., Bazenet, R. A., Banuwa, I. S., and Riniarti, M. 2021. Pengaruh Variasi Kadar Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*). *Perennial* 17(1): 5–11.
- Ridjayanti, S. M., Bazenet, R. A., Banuwa, I. S., Riniarti, M., and Hidayat, W. 2023. Karakteristik Arang Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) yang Diproduksi Menggunakan Dua Tipe Tungku Pirolisis. *Jurnal Belantara* 6(2): 12-22
- Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J., Kim, S., and Lee, S. 2021. *Using Two Dosages of Biochar from Shorea to Improve the Growth of Paraserianthes falcataria Seedlings*. in: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 12049. DOI: 10.1088/1755-1315/749/1/012049.

- Rochman,R. 2009. *Biomass To Liquid* (kayu dan rerumputan). Majari Magazine.<http://majarimagazine.com/2009/02/biomasa-to-liquid-kayu-dan-rerumputan>.
- Schwartz, M.M. 1984.*Composite Material Handbook*. Mc Graw-Hill, Singapura.
- Setiawan B. 2008. Kualitas Papan Partikel Sekam Padi. Skripsi. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sitanggang, JP, T Sucipto, I Azhar. 2015. pengaruh Kadar Perekat Urea Formaldehida Terhadap Kualitas Papan Partikel dari Kayu Gamal (*Gliricidia sepium*). Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sivamani, S., Chandrasekaran, A.P., Balaji, M., Shanmugaorakash, M., Bandegharai, A.H., dan Baskar, R. 2018. *Evaluation of the Potential of Cassava-Based Residues for Biofuels Production*. Rev Environ Sci Biotechnol. 17:533-570.
- Sreenivasan, V.S. Somasundaram, S. Ravindran, D. Manikandan, V. dan Narayanasamy, R. 2011. *Microstructural Physico-Chemical and Mechanical Characterization of Sansevieria Cylindrica Fibres an Exploratory Investigation*. Journal Materials and Design. 32, hal 453-461.
- Subiyanto, B., Saragih, R., Husin, E. 2003. Pemanfaatan Serbuk Sabut Kelapa Sebagai Bahan Penyerap Air dan Oli Berupa Panel Papan Partikel. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Vol.1. No. 1
- Sumada, K., Tamara, E.P., dan Alqani, F. 2011. Kajian Proses Isolasi A-Selulosa dari Limbah Batang Tanaman *Manihot esculenta crantz*. Yang Efisien. Jurnal Teknik Kimia. 5(2):434-438.
- Sutigno, P. 2000. Mutu Papan Partikel dari Tandan Kosong Sawit. Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Sutigno, P. 2000. Mutu Produk Papan Partikel. <http://mofrinet.cbn.net.id>
- Ulfah, F., Syakbaniah., Y. Darvina. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Tandan Kosong Sawit (TKS) Dan Serbuk Kayu Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Papan Partikel. Pillar Of Physics, Vol. 5. April 2015, 113- 120.
- Utama, R. C., Febryano, I. G., Herwanti, S., and Hidayat, W. 2019. Saluran Pemasaran Kayu Gergajian Sengon (*Falcataria moluccana*) pada Industri Penggergajian Kayu Rakyat di Desa Sukamarga, Kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung Utara. *Jurnal Sylva Lestari* 7(2): 195–203. DOI: 10.23960/jsl27195-203
- Vachlepi, A., Purbaya, M. 2018. Pengaruh Pengenceran Lateks Terhadap Karakteristik dan Mutu Teknis Karet Alam. Prosiding Seminar Nasional 1 Hasil Litbangyasa Industri.

- Wijaya, B. A., Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Kim, S., Lee, S., and Yoo, J. 2022. Meranti (*Shorea* sp.) Biochar Application Method on the Growth of Sengon (*Falcataria moluccana*) as a Solution of Phosphorus Crisis. *Energies* 15(6): 2110. DOI: 10.3390/en15062110.
- Widodo, L.U., Sumada, K., Pujiastuti, C., dan Karaman, N. 2013. Pemisahan Alpha-Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia*. 7:43-47.
- Yang, G. U., Purusatama, B. D., Kim, J. H., Suri, I. F., Prasetya, D., Hidayat, W., Febrianto, F., Lee, S. H., and Kim, N. H. 2022. *Physical and Chemical Characteristics of the Bamboo Culm and Wood Carbonized at Low Temperature*. *Bio Resources* 17(3): 4837–4855. DOI: 10.15376/biores.17.3.4837-4855.
- Yunita, R. S., Riniarti, M., Hidayat, W., Niswati, A., Prasetya, H., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yunita, E., and Rizkasumarta, F. 2023. Improvement of *Falcataria moluccana* Root Growth by Giving Empty Palm Oil Fruit Bunches (EFB) Biochar in Growing Media. *Journal of Sylva Indonesiana* 6(1): 10-18.