

**PENGARUH JENIS SAMPAH DAUN DAN PENAMBAHAN
SERBUK GERGAJI TERHADAP KARAKTERISTIK
BAHAN BAKAR PELET**

(SKRIPSI)

Oleh

Triska Febiola Manik

2114071002



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025**

ABSTRACT
THE EFFECT OF LEAF WASTE TYPE AND SAWDUST ADDITION ON
THE CHARACTERISTICS OF PELET FUEL

By

TRISKA FEBIOLA MANIK

National and global energy needs continue to increase along with population growth and economic development. Until now, the provision of national energy is highly dependent on the use of fossil energy, while the use of non-fossil energy or new renewable energy (EBT) is still very low. Biopellets are one of the innovative solutions to overcome environmental problems. Biopellets from leaf waste have the potential as solid fuel because they can produce quite high energy when burned. Sawdust is a suitable raw material as an additional material in the manufacture of leaf waste biopellets because sawdust has a natural lignin content in wood so that it can act as a natural adhesive to hold the bonds between leaf waste powder.

This study aims to determine the effect of the type of leaf waste, determine the effect of variations in the level of sawdust addition, the effect of the interaction of the type of leaf waste and the addition of sawdust, and determine the combination of treatments that produce the best characteristics. The parameters analyzed include water content, ash content, bulk density, unit density, FM (Finenes Modulus), GMD (Geometric Mean Diameter), calorific value, durability, hygroscopic, Color (L^* , a^* , b^* and E). The variations of sawdust addition used were 0%, 10%, 20% and 30% to evaluate the addition of sawdust to the characteristics of the pellets produced.

The results of the study showed that the effect of the type and addition of sawdust had a significant effect on all characteristics, thus providing different

characteristic results. The combination of pellets with the best standards for calorific value characteristics in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) number SNI 8675: 2018 was found in the types of keben, rambutan, mahogany, and frangipani which had met the requirements for household and industrial scales. All unit density results with a mixture of 0-30% sawdust had met household and industrial standards with the maximum value found in the type of teak leaves with the addition of 0% sawdust.

Keywords: fuel, biopellet, leaf waste, sawdust, density

ABSTRAK
PENGARUH JENIS SAMPAH DAUN DAN PENAMBAHAN SERBUK
GERGAJI TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR PELET

Oleh

TRISKA FEBIOLA MANIK

Kebutuhan energi nasional dan global terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi. Sampai saat ini penyediaan energi nasional sangat bergantung pada penggunaan energi fosil, sedangkan pemanfaatan energi non fosil atau energi baru terbarukan (EBT) masih sangat rendah. Biopellet adalah salah satu solusi inovatif untuk mengatasi masalah lingkungan. Biopellet dari sampah daun memiliki potensi sebagai bahan bakar padat karena mampu menghasilkan energi yang cukup tinggi ketika dibakar. Serbuk gergaji merupakan bahan baku yang cocok dijadikan bahan tambahan dalam pembuatan biopellet sampah daun karena serbuk gergaji memiliki kandungan lignin secara alami yang ada didalam kayu sehingga dapat berperan sebagai perekat alami untuk menahan ikatan antar serbuk sampah daun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis sampah daun, mengetahui pengaruh variasi kadar penambahan serbuk gergaji, pengaruh interaksi jenis sampah daun dan penambahan serbuk gergaji, dan menentukan kombinasi perlakuan yang menghasilkan karakteristik terbaik. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, massa jenis curah ketuk, massa jenis satuan, FM (Finenes Modulus), GMD (Geometric Mean Diameter), nilai kalori, durability, higroskopis, Warna (L^* , a^* , b^* dan E). Variasi penambahan serbuk gergaji yang digunakan adalah 0%, 10%, 20% dan 30% untuk mengevaluasi penambahan serbuk gergaji terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan pengaruh jenis dan penambahan serbuk gergaji berpengaruh nyata pada semua karakteristik sehingga memberikan hasil karakteristik yang berbeda. Kombinasi pelet dengan standar terbaik pada karakteristik nilai kalori yang sesuai dengan standar nasional indonesia (SNI) nomor SNI 8675 : 2018 terdapat pada jenis keben, rambutan, mahoni, dan kamboja yang telah memenuhi syarat skala rumah tangga dan industri. Seluruh hasil massa jenis satuan dengan campuran serbuk gergaji 0-30% telah memenuhi standar rumah tangga dan industri dengan nilai maksimum terdapat pada jenis daun jati dengan penambahan serbuk gergaji 0%.

Kata Kunci : bahan bakar, pelet, sampah daun, serbuk gergaji, kepadatan

**PENGARUH JENIS SAMPAH DAUN DAN PENAMBAHAN SERBUK
GERGAJI TERHADAP KARAKTERISTIK
BAHAN BAKAR PELET**

OLEH

TRISKA FEBIOLA MANIK

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Pengaruh Jenis Sampah Daun Dan Penambahan Serbuk Gergaji Terhadap Karakteristik Bahan Bakar Pelet.**

Nama Mahasiswa : **Triska Febiola Manik**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2114071002**

Jurusan/PS : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



Agus Haryanto
Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP. 196505271993031002

Siti Suharyatun
Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si
NIP. 197007031998022001

Ketua Jurusan Teknik Pertanian

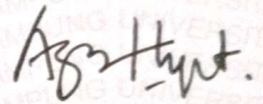
Warji
Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.
NIP. 197801022003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

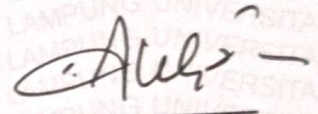
Ketua

: Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.



Sekretaris

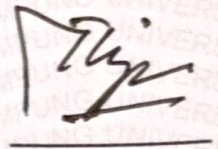
: Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 juni 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Triska Febiola Manik** NPM. 2114071002.

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **1) Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.** dan **2) Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.** Berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan, karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 13 Juni 2025
Yang membuat pernyataan



Triska Febiola Manik
NPM. 2114071002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Kotagajah, Kecamatan Kotagajah timur 1, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, pada hari Selasa tanggal 11 Februari 2003 anak ketiga dari tiga bersaudara, putri dari pasangan Alm. Usman Manik dan Lasmaria Sitorus. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Yohana pada tahun 2007-2009, Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Kotagajah pada tahun 2009-2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 2 Kotagajah pada tahun 2015-2018 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Fransiskus Bandar Lampung pada tahun 2018-2021. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Dosen mata kuliah Fisika Dasar semester ganjil pada tahun 2022, Asisten Dosen mata kuliah Fisika Dasar semester genap pada tahun 2023, Asisten Dosen mata kuliah Kimia Dasar semester ganjil pada tahun 2023, Asisten Dosen mata kuliah Motor Bakar dan Traktor Pertanian semester ganjil pada tahun 2023 dan menjabat sebagai Anggota Bidang Infokom PERMATEP periode 2023.

Pada tanggal 4 Januari 2024, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2024 selama 40 hari di desa Sanggi Unggak, Kecamatan Bandar Negeri Semuong, Kabupaten Tanggamus. Pada tanggal 1 Juli 2024, penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di BRMP Tanaman Industri dan Penyegar Sukabumi – Jawa Barat. Pada tanggal 8 Mei 2025 penulis melakukan Publikasi di Jurnal Agrimasta Universitas Padjadjaran.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kupanjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus...

I trust in God, My Savior The One who will never fail, He will never fail. Perfect submission all is at rest. I know the Author of tomorrow has ordered my steps.
I sought the Lord and He heard and He answered, That's why I trust Him.

Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan tetapi orang bodoh menghinakan hikmat dan didikan (Amsal 1 : 7).

Orang tuaku tercinta (Alm. Usman Manik dan Lasmaria Sitorus)

Terima kasih kepada Bapak dan Mama ku yang penuh kasih di dalam nama Tuhan Yesus Kristus, yang selalu ada bersama ku, selalu menjaga ku, selalu memberikan kebahagiaan kepada ku, dan selalu memberikan aku semangat. Semoga senang hati Bapak dan Mama, anak mu ini sudah menyelesaikan pendidikan S1.

Serta

Abangku (Alm. Victor Dapot Patar Manik) dan Kakakku (Dwi Ariyani Manik)

Terima kasih kepada Abang dan Kakak ku yang selalu mengoreksi hidupku agar terus tumbuh lebih baik di setiap harinya.
Aku sayang abang dan kakak.

Motto

Setiap orang yang aku temui adalah guru, setiap tempat yang aku datangi adalah kelas, dan setiap kejadian yang aku alami adalah pelajaran...

SANWACANA

Puji syukur dengan segala kerendahan hati, saya mengucapkan syukur yang mendalam kepada Tuhan Yesus Kristus, atas kasih karunia dan penyertaan-Nya yang sempurna, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tanpa pertolongan dan kekuatan dari-Nya, saya tidak akan mampu melalui setiap tantangan, keterbatasan, dan proses panjang yang menyertai perjalanan ini.

Skripsi yang berjudul **“PENGARUH JENIS SAMPAH DAUN DAN PENAMBAHAN SERBUK GERGAJI TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR PELET”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dalam pelaksanaan penelitian maupun penulisan skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembimbing pertama dan Pembimbing akademik yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;
4. Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;

5. Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku dosen pembahas yang telah memberikan nasehat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi;
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas segala ilmu, pengalaman serta bantuan yang telah diberikan baik dalam perkuliahan atau hal lainnya;
7. Untuk Alm. Bapak ku yang selalu hidup dalam doa dan ingatanku. Kenangan bersamamu terus menjadi sumber kekuatan dan semangat dalam setiap proses kehidupanku, termasuk saat menyelesaikan skripsi ini. Doaku selalu menyertaimu, dan semoga kebanggaan ini pun sampai padamu di tempat terbaik di sisi Tuhan. Untuk Mama ku Terima kasih atas segala kasih sayang, doa, dan dukungan yang tiada henti sejak awal hingga aku berhasil menyelesaikan skripsi ini. Segala pencapaian ini tak lepas dari cinta dan pengorbanan Mama yang begitu tulus. Semoga Tuhan senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan umur panjang untuk Mama;
8. Untuk Alm. Abangku yang selalu hidup dalam doa dan ingatanku. Terima kasih atas kasih dan kehadiranmu yang pernah mewarnai masa kecilku. Semoga Abang beristirahat dengan damai di sisi Tuhan. Untuk Kakak ku Terima kasih atas doa, dukungan, dan perhatian yang tiada henti selama ini. Semoga Tuhan selalu memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan berkat dalam setiap langkah hidup Kakak;
9. Rekan seperjuangan dalam satu penelitian ini yaitu Bella Arsita Rahman dan Mangihut Tua Harahap yang selalu kebersamai selama proses penelitian berlangsung dari awal sampai akhir. Terima kasih atas semangat, tawa, dan kerja kerasnya selama ini. Semoga semua perjuangan ini jadi awal dari kesuksesan kita ke depannya, di mana pun jalan kita nanti;
10. Sahabatku 2 Alien yaitu Muhammad Efendi dan Muhammad Bagus Pangestu yang selalu hadir dengan dukungan, semangat, dan kebersamaan di setiap proses yang aku jalani. Semoga persahabatan kita tetap kuat dan kita semua berhasil di masa depan;
11. Teman-teman perkuliahan ku yaitu Sindie Ariza Putri, St Aminatus Sa'diyah, Moga Gilbert Taraja Pakpahan, Widya Andani dan Rivania Pisca Marreta.

Terima kasih atas segala bantuan, motivasi, dan kebersamaan selama ini. Semoga hubungan baik ini terus berlanjut dan kita semua berhasil mencapai tujuan masing-masing di kemudian hari;

12. Terima kasih yang tulus aku sampaikan kepada kekasihku tercinta, yang selalu menemani setiap langkah perjuanganku Erwin Marcel Hutagalung. Terima kasih atas segala kasih sayang yang telah diberikan kepada ku, terima kasih selalu siap sedia mendengarkan segala keluhan kesah dan selalu memberikan solusi kepada ku. Aku mengucapkan syukur kepada Allahku setiap kali aku mengingat kamu (Filipi 1 : 3).
13. Terima kasih kepada diriku Triska Febiola Manik, yang telah menggunakan potongan-potongan dari kepribadian orang lain yang telah aku kagumi untuk membentuk diriku hingga saat ini. Semua pertempuran dimenangkan dalam doa (Mazmur 118 : 5), dan akhir dari pertempuran ini adalah langkah awal untuk menyelesaikan pertempuran selanjutnya. Ah, kiranya terkabul permintaanku dan Allah memberi apa yang kuharapkan (Ayub 6 : 8).
14. Keluarga Teknik Pertanian 2021 yang telah membantu penulis dalam perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini belum sempurna. akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Juni 2025
Penulis

Triska Febiola Manik

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis Penelitian.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Masalah Energi di Indonesia	5
2.2 Sumber Energi Alternatif Biomassa	5
2.3 Biopellet	6
2.3.1 Sampah Daun	8
2.3.2 Serbuk Gergaji Kayu.....	9
2.3.3 Proses Pembuatan Pelet.....	9
2.4 Faktor Bahan Baku	10
2.4.1 Kadar Air Bahan.....	10
2.4.2 Ukuran Partikel	10
2.5 Jenis Bahan.....	11
2.5.1 Komposisi Kimia (Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa)	11
2.5.2 Faktor Proses.....	12
III. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14

3.2	Alat dan Bahan	14
3.3	Metode Penelitian	14
3.3.1	Pelaksanaan Penelitian	16
3.3.2	Persiapan Bahan	16
3.3.3	Pencampuran Bahan	17
3.3.4	Pencetakan Pelet	17
3.3.5	Pengujian Karakteristik Pelet Sampah Daun	20
3.4	Analisis Data	24
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Karakteristik Bahan	25
4.1.1	Karakteristik Gergaji Kayu Cempaka	25
4.1.2	Karakteristik Serbuk Sampah Daun	27
4.2	Karakteristik Biopellet	33
4.2.1	Kadar Air Biopellet	33
4.2.2	Uji Getar (Vibration Durability Test)	35
4.2.3	Nilai Kalori Biopellet	36
4.2.4	Massa Jenis Curah Ketuk (Densitas Curah)	38
4.2.5	Massa Jenis Satuan Biopellet Sampah Daun	40
4.2.6	Warna	41
4.2.6.1	Kecerahan (L^*)	42
4.2.6.2	Kroma Merah Hijau (a^*)	43
4.2.6.3	Kroma Kuning Biru (b^*)	45
4.2.6.4	Total Warna (E)	46
4.2.7	Daya Serap Air	48
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
	DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Standar Kualitas Biopellet Berdasarkan SNI 8675:2018	8
2. Kombinasi Perlakuan Jenis Daun dan Rasio Campuran Serbuk Gergaji	15
3. Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji	18
4. Karakteristik Bahan Serbuk Gergaji Kayu Cempaka	26
5. Karakteristik Serbuk Sampah Daun*	29
6. Pelet Jati Dengan Penambahan Serbuk Gergaji 0-30%.....	34
7. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun Terhadap Kadar Air Serbuk Sampah Daun.....	70
8. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Jenis Daun Terhadap Kadar Air Serbuk Sampah Daun.	70
9. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun Terhadap Kadar Abu Serbuk Sampah Daun.	71
10. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Jenis Daun Terhadap Kadar Abu Serbuk Sampah Daun.	71
11. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun Terhadap Massa Jenis Curah Ketuk Serbuk Sampah Daun.	72
12. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Jenis Daun Terhadap Massa Jenis Curah Ketuk Serbuk Sampah Daun.....	72
13. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun Terhadap Fineness Modulus Serbuk Sampah Daun.	73
14. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Jenis Daun Terhadap Fineness Modulus Serbuk Sampah Daun.....	73
15. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun Terhadap Geometric Mean Diameter Serbuk Sampah Daun.	74
16. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pengaruh Jenis Daun Terhadap Geometric Mean Diameter Serbuk Sampah Daun.	74

17. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kadar Air Biopellet.	75
18. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kadar Air Biopellet.	75
19. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Durability Biopellet.	76
20. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Durability Biopellet.	76
21. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kalori Biopellet.	77
22. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kalori Biopellet.	77
23. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Massa Jenis Curah Ketuk Biopellet.	78
24. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Massa Jenis Curah Ketuk Biopellet.	78
25. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Massa Jenis Satuan Biopellet.	79
26. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Massa Jenis Satuan Biopellet.	79
27. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kecerahan (L*) Biopellet.	80
28. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kecerahan (L*) Biopellet.	80
29. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kroma Merah Hijau (a*) Biopellet.	81
30. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kroma Merah Hijau (a*) Biopellet.	81
31. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kroma Kuning Biru (b*) Biopellet.	82
32. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Kroma Kuning Biru (b*) Biopellet.	82
33. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Warna Total (E) Biopellet.	83

34. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Warna Total (E) Biopellet.	83
35. Uji Anova Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Daya Serap Air Biopellet.	84
36. Interaksi Pengaruh Jenis Daun dan Campuran Serbuk Gergaji Terhadap Daya Serap Air Biopellet.	84

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Bentuk Fisik Biopellet.....	7
2. Sampah Daun	8
3. Serbuk Gergaji	9
4. Pelaksanaan Penelitian Pembuatan Biopellet Sampah Daun	16
5. Pencampuran Sampah Daun dan Serbuk Gergaji.....	17
6. Krisbow Alat Press Hidrolik Bench Type 10 T	19
7. Sketsa Besi Silinder Cetakan Pelet.....	19
8. Nilai kalori Serbuk Sampah Daun.....	33
9. Kadar Air Biopellet Sampah Daun.....	35
10. Durability Biopellet Sampah Daun.	36
11. Nilai Kalori Biopellet Sampah Daun.....	38
12. Massa Jenis Curah Biopellet Sampah Daun.....	40
13. Massa Jenis Satuan Biopellet Sampah Daun.....	42
14. Kecerahan (L) Biopellet Sampah Daun.....	44
15. Kroma Merah Hijau (a*) Biopellet Sampah Daun.....	45
16. Kroma Kuning Biru (b*) Biopellet Sampah Daun.....	46
17. Total Warna (E) Biopellet Sampah Daun.....	48
18. Higroskopis Biopellet Daun Jati	49
19. Higroskopis Biopellet Daun Keben.....	50
20. Higroskopis Biopellet Daun Rambutan.....	51
21. Higroskopis Biopellet Daun Mahoni.....	52
22. Higroskopis Biopellet Daun Kemiri Sunan.....	53
23. Higroskopis Biopellet Daun Mangga	54
24. Higroskopis Biopellet Daun Nangka.....	55
25. Higroskopis Biopellet Daun Ketapang.....	56
26. Higroskopis Biopellet Daun Jambu.....	57
27. Higroskopis Biopellet Daun Kamboja	58

28. 10 Jenis Sampah Daun Yang Telah Dihaluskan	84
29. 10 Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji Sebelum Dilakukan Uji Karakteristik Kadar Air	85
30. 10 Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji Sesudah Dilakukan Uji Karakteristik Kadar Air	85
31. 10 Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji Sebelum Dilakukan Uji Karakteristik Kadar Abu	85
32. 10 Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji Sesudah Dilakukan Uji Karakteristik Kadar Abu	86
33. Proses Dilakukannya Uji Karakteristik Nilai Kalori Pada 10 Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji	86
34. 10 Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji Saat Dilakukan Uji Karakteristik Massa Jenis Curah Bahan	86
35. Proses Penggabungan Serbuk Sampah Daun dan Serbuk Gergaji	87
36. Proses Pencampuran Serbuk Sampah Daun dan Serbuk Gergaji	87
37. Hasil Pencampuran Serbuk Sampah Daun dan Serbuk Gergaji	87
38. Proses Pencetakan Pelet Sampah Daun Dengan Penambahan Serbuk Gergaji 10%, 20% dan 30%	88
39. Pelet Yang Telah Dihasilkan Dari Proses Pencetakan	88
40. Pelet Dengan Penambahan Serbuk Gergaji 0%	89
41. Pelet Daun Keben Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	90
42. Pelet Daun Kemiri Sunan Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	90
43. Pelet Daun Kamboja Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	90
44. Pelet Daun Jambu Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	91
45. Pelet Daun Nangka Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	91
46. Pelet Daun Mangga Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	91
47. Pelet Daun Mahoni Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	92
48. Pelet Daun Rambutan Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	92
49. Pelet Daun Jati Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	92
50. Pelet Daun Ketapang Dengan Penambahan Serbuk Gergaji	93
51. Pengujian Karakteristik Fisik Pelet	93

52. Pengujian Karakteristik Warna Pelet	93
53. Pengujian Karakteristik Kadar Air Pelet	94
54. Pengujian Karakteristik Massa Jenis Curah Pelet	94
55. Pengujian Karakteristik Uji Getar Pelet	95
56. Pengujian Karakteristik Uji Higroskopis	95
57. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Jambu	96
58. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Jati	97
59. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Kamboja	98
60. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Keben	99
61. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Kemiri Sunan	100
62. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Ketapang	101
63. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Mahoni	102
64. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Mangga.....	103
65. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Nangga	104
66. Hasil Pengujian Nilai Kalori Daun Rambutan	105

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi nasional dan global terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi. Menurut buku (Sudiyani *et al.*, 2024) saat ini Indonesia menghadapi tantangan besar dalam meningkatkan kemandirian di bidang energi untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Sampai saat ini penyediaan energi nasional sangat bergantung pada penggunaan energi fosil, sedangkan pemanfaatan energi non fosil atau energi baru terbarukan (EBT) masih sangat rendah. Ketergantungan pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti emisi gas rumah kaca, polusi udara, dan perubahan iklim (Struk *et al.*, 2020). Hal ini mendorong pencarian sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan, salah satunya biomassa. Biomassa dari limbah organik (misalnya sampah daun) berpotensi menjadi bahan baku untuk pembuatan bahan bakar alternatif seperti biopellet. Dengan memanfaatkan limbah biomassa (sampah daun) akan menjadi sumber energi alternatif terbarukan (*renewable*) (Arif, 2012).

Sampah daun merupakan limbah organik yang jumlahnya melimpah. Berdasarkan data dari (SIPSN, 2020) pada tahun 2024 timbulan sampah di Indonesia mencapai 33,820,687,54 ton/tahun termasuk limbah organik seperti sampah daun terutama di area perkotaan dan pedesaan. Sampah daun yang menumpuk dan hanya dibakar tanpa adanya pengelolaan yang baik akan mengakibatkan berbagai masalah lingkungan seperti polusi udara dan pencemaran lingkungan (Nurkhasanah *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pengolahan sampah daun menjadi bahan bakar biopellet adalah salah satu

solusi inovatif untuk mengatasi masalah lingkungan tersebut. Biopellet dari sampah daun memiliki potensi sebagai bahan bakar padat karena mampu menghasilkan energi yang cukup tinggi ketika dibakar. Namun, biopellet yang terbuat dari sampah daun cenderung memiliki karakteristik fisik yang kurang baik, seperti kerapuhan dan kekuatan tekan yang rendah. Hal ini menyebabkan perlunya penambahan perekat alami untuk memperbaiki sifat fisik dari pelet tersebut.

Salah satu bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai perekat dalam pembuatan pelet dari sampah daun adalah serbuk gergaji. Serbuk gergaji merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pemotongan kayu yang sering kali dibuang atau tidak dimanfaatkan dengan baik. Serbuk gergaji merupakan bahan baku yang cocok dijadikan bahan tambahan dalam pembuatan biopellet sampah daun karena serbuk gergaji memiliki kandungan lignin secara alami yang ada didalam kayu sehingga dapat berperan sebagai perekat alami untuk menahan ikatan antar serbuk sampah daun (Maulana *et al.*, 2020). Kandungan lignin memiliki gugus fungsi seperti hidroksil, karbonil dan metoksi serta memiliki kelarutan yang rendah terhadap air sehingga dapat berfungsi sebagai pengikat alami, yang dapat meningkatkan kekuatan fisik pelet saat proses pemadatan (Suhartati *et al.*, 2016). Dari penjelasan di atas penambahan serbuk gergaji diharapkan dapat memperbaiki kerapatan dan kekuatan tekan pelet, serta menambah ketahanan fisik selama penyimpanan dan transportasi. Dengan demikian, pemanfaatan serbuk gergaji tidak hanya memberikan nilai tambah pada limbah kayu, tetapi juga meningkatkan kualitas pelet dari sampah daun.

Penggunaan serbuk gergaji sebagai perekat alami tidak hanya berfungsi untuk memperbaiki karakteristik fisik pelet, tetapi juga memberikan manfaat dari segi ekonomi, sosial dan lingkungan (Astuti, 2009). Serbuk gergaji merupakan limbah yang tersedia melimpah di industri kayu yang berpotensi untuk dijadikan karbon aktif sehingga memiliki manfaat sebagai perekat yang dapat membantu mengurangi akumulasi limbah industri (Sa'diyah *et al.*, 2021a). Dalam pembuatan pelet, lignin memiliki peranan yang sangat penting karena

berfungsi sebagai perekat alami. Hal ini sangat sesuai karena daun memiliki kandungan lignin yang rendah. Hasil penelitian (Rahman *et al.*, 2013) melaporkan bahwa sampah daun tanaman berdaun lebar memiliki kandungan lignin rata-rata 21.57% sedangkan semak belukar 6.50%. Dengan demikian, pengembangan teknologi pelet dengan perekat alami ini dapat memberikan solusi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Jenis dan proporsi serbuk gergaji yang digunakan sebagai perekat dapat mempengaruhi karakteristik pelet yang dihasilkan. Hasil penelitian (Shobib *et al.*, 2023) menyatakan serbuk gergaji kayu jati memiliki kandungan lignin sebesar 25%, penelitian lain (Wijayanti, 2018a) menyatakan serbuk gergaji kayu mahoni memiliki kandungan lignin sebesar 25-30%. Penambahan serbuk gergaji sebagai perekat alami terhadap karakteristik pelet dari sampah daun sangat penting untuk dikembangkan karena studi ini akan memberikan pemahaman mengenai pengaruh jenis dan jumlah serbuk gergaji terhadap sifat fisik, kekuatan tekan, kadar air, dan nilai kalor dari pelet yang dihasilkan. Penggunaan perekat alami dari limbah serbuk gergaji akan meningkatkan nilai ekonomi dari limbah tersebut dan mendukung konsep ekonomi sirkular dalam pengelolaan sumber daya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijelaskan diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh jenis sampah daun terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan ?
2. Bagaimana pengaruh variasi kadar penambahan serbuk gergaji terhadap karakteristik pelet sampah daun ?
3. Bagaimana pengaruh interaksi sampah daun dan penambahan serbuk gergaji terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh jenis sampah daun terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh variasi kadar penambahan serbuk gergaji terhadap karakteristik pelet sampah daun.
3. Mengetahui pengaruh interaksi jenis sampah daun dan penambahan serbuk gergaji terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan.
4. Menentukan kombinasi perlakuan yang menghasilkan pelet dengan karakteristik terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada :

1. Memberikan alternatif pemanfaatan sampah daun dan serbuk gergaji sebagai bahan baku pelet, mengurangi limbah dan meningkatkan nilai ekonomi pelet dari kedua bahan tersebut.
2. Mendukung pengembangan praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Jenis sampah daun berpengaruh terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan
2. Kadar penambahan serbuk gergaji berpengaruh terhadap karakteristik pelet sampah daun
3. Terdapat interaksi antara jenis sampah daun dengan penambahan serbuk gergaji berpengaruh terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu serbuk gergaji yang digunakan adalah serbuk gergaji cempaka yang berasal dari panglong kayu dan hanya menggunakan cetakan pelet tunggal dengan 1 kondisi tekanan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Masalah Energi di Indonesia

Energi memiliki peran penting dalam kehidupan manusia karena segala aktivitas manusia membutuhkan energi. Energi sangat penting untuk ketiga pilar pembangunan berkelanjutan, yaitu ekonomi, lingkungan, dan kesejahteraan sosial (Huda, 2023). Energi primer yang sering digunakan dan dimanfaatkan oleh masyarakat bersumber dari fosil (minyak bumi, gas dan batu bara). Pemanfaatan sumber energi primer yang berbahan fosil sebagai energi final (ketenagalistrikan dan transportasi) yang mempunyai dampak buruk bagi lingkungan seperti meningkatnya emisi gas buang karbondioksida, menyebabkan hujan asam, dan meningkatkan efek rumah kaca (Pramudiyanto & Suedy, 2020). Sumber energi baru dan terbarukan yang mulai digunakan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi primer berbahan bakar fosil dan pengaruh dampak buruk bagi lingkungan adalah penggunaan energi dari biomassa. Energi biomassa (biogas, bioethanol, briket, biopellet dan biodiesel) sudah banyak digunakan termasuk dalam ketenagalistrikan dan penggunaan bahan bakar nabati yang menggantikan peran penggunaan batubara, minyak bumi dan gas bumi (Arhamsyah, 2010).

2.2 Sumber Energi Alternatif Biomassa

Biomassa sebagai energi yang dihasilkan dari transformasi bahan-bahan biologis memiliki peranan cukup besar bagi kehidupan, namun masih banyak masyarakat yang tidak mempedulikan energi ini karena sudah terbiasa menggunakan energi fosil. Potensi biomassa yang digunakan sebagai sumber energi sangat besar di Indonesia, dimana potensi biomassa tahunannya mencapai 146,7 juta ton. Sementara potensi biomassa yang dapat dihasilkan dari sampah pada tahun 2020

diperkirakan mencapai 53,7 juta ton (Sulasminingsih *et al.*, 2023). Penggunaan biomassa adalah salah satu transisi energi yang memiliki keuntungan tersendiri dibandingkan dengan energi berbahan fosil. Selain itu energi biomassa tidak akan habis jika terus-menerus digunakan, berbeda dengan energi berbahan fosil yang energinya jika terus-menerus digunakan dan dimanfaatkan akan habis. Energi biomassa dinilai lebih ramah lingkungan karena dapat menjadi solusi atas emisi gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Hal ini menyebabkan energi biomassa mendapatkan julukan sebagai salah satu sumber energi yang *carbon-neutral* (Primadanty, 2023). Selain memiliki kelebihan yang telah disebutkan, biomassa juga memiliki kekurangan yaitu memiliki nilai kalor yang rendah, kadar air yang tinggi, dan densitas rendah. Untuk mengatasi kelemahan dari biomassa tersebut, maka energi biomassa dapat dibuat dalam bentuk pelet. Peletisasi merupakan salah satu teknologi yang dilakukan secara mekanis untuk meningkatkan kepadatan biomassa menjadi biopellet, dengan meningkatnya kepadatan biomassa menjadi biopellet akan mengurangi biaya penyimpanan dan transportasi (Nilsson *et al.*, 2011).

2.3 Biopellet

Biopellet atau pelet biomassa (Gambar 1) adalah bahan bakar yang terbuat dari biomassa padat yang berbentuk silinder (Hendra & Nurwigha, 2013). Penelitian lain menyatakan biopellet adalah jenis bahan bakar padat yang terbuat dari limbah biomassa dengan memiliki ukuran yang lebih kecil dari briket. Proses pembentukan biopellet ini dilakukan dengan cara pengempaan dengan tekanan dan suhu yang tinggi sehingga akan membentuk Pelet yang seragam dengan memiliki kapasitas produksi yang tinggi (Restuhadi, 2012). Penjelasan tentang biopellet yang telah dinyatakan menjelaskan bahwasanya biopellet terbuat dari biomassa. Biomassa tumbuhan yang dapat dijadikan Pelet bukan hanya kayu melainkan dapat juga terbuat dari sampah daun. umumnya, sampah daun yang telah gugur memiliki nilai ekonomi yang rendah sehingga akan menjadi salah satu kegiatan yang bermanfaat untuk dijadikan energi terbarukan (Putra, 2018). Sudah banyak peneliti yang meneliti tentang biopellet dari berbagai macam biomassa. Seperti pada penelitian (Antirodesti, 2023) yang membahas tentang pengaruh

tekanan 0.5 ton, 1.5 ton, 2.5 ton dan 3.5 ton dengan penambahan serbuk gergaji 100%, 75%, 50% dan 25% terhadap karakteristik biopellet dari ampas kopi. penelitian lainnya membahas tentang biopellet yang menggunakan biomassa dari limbah gergaji kayu akasia daun lebar dan cempaka dengan menggunakan tekanan 0.5 ton (43 MPa), 1 ton (86 MPa), 1.5 ton (129MPa), 2 ton (172 MPa), 2.5 ton (215 MPa), 3 ton (258 MPa) (Arifiyanto, 2021). Pada peneltiian (Pratama, 2021), biopellet dari biomassa tongkol jagung dilakukan proses torefaksi pada suhu 225°C dan 275°C dengan lama waktu 10 menit dan 20 menit.



Gambar 1. Bentuk Fisik Biopellet

Penggunaan bahan bakar biopellet sudah terkenal di negara-negara amerika dan eropa. Umumnya biopellet digunakan sebagai bahan bakar *boiler* pada industri dan pemanas ruangan dimusim dingin. Untuk ketentuan dalam Indonesia saat membuat pelet biomassa dapat mengikuti SNI 8675:2018 tentang pelet biomassa untuk energi yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Kualitas Biopellet Berdasarkan SNI 8675:2018

Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	
		Rumah Tangga	Industri
Densitas (Kerapatan)	g/cm ³ , min	0,6	0,8
Kadar Abu	%, maks	5	5
Kadar Air	%, maks	10	12
Nilai Kalor Netto	MJ/kg, min	16,5	16,5
Kadar Karbon Tetap	%, min	14	14

2.3.1 Sampah Daun

Tanaman yang ada di lahan pertanian maupun di lahan perkarangan masyarakat secara kontinu menghasilkan sampah daun, akan tetapi pengelolaan sampah daun tersebut hanya dibakar hingga saat ini hal ini dapat menimbulkan pencemaran udara sehingga sampah daun sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi energi terbarukan yang ramah lingkungan (Rahayu, 2021). Sampah daun pada Gambar 2 merupakan jenis sampah organik (*degradable*) yang berasal dari tumbuhan yang memiliki sifat mudah terurai (Agustin *et al.*, 2023). Produksi daun dapat ditentukan oleh jenis tumbuhan dan ukuran kanopinya. Makin besar kanopinya makin besar produksi daunnya (Pontoh & Siahaan, 2021).



Gambar 2. Sampah Daun

2.3.2 Serbuk Gergaji Kayu

Serbuk gergaji merupakan limbah eksploitasi seperti (sisir penerbangan, ranting, cabang), limbah industri perkayuan (sisir potongan, kulit kayu, serbuk gergaji) dan limbah pertanian (sekam dan jerami). Serbuk gergaji pada Gambar 3 adalah bahan bakar dari kayu yang umumnya bisa langsung digunakan, selain bisa langsung dipergunakan serbuk gergaji bisa juga melalui proses lanjutan berupa pengeringan dan pengepresan yang terkenal dengan nama Pelet kayu (wood pellet) (Fatriani et al., 2018).



Gambar 3. Serbuk Gergaji

2.3.3 Proses Pembuatan Pelet

Proses pembuatan pelet pada penelitian (Pradana *et al.*, 2023) dilalui sebanyak 8 proses tahapan, yaitu: pengecilan ukuran hal ini dilakukan guna mendapatkan ukuran partikel material yang dibutuhkan. Pengeringan bahan hal ini dilakukan guna menjaga bahan dari kondisi udara dari luar agar homogenitas bahan tetap terjaga. Pencampuran bahan hal ini dilakukan guna mencampur bahan utama dengan bahan perekat untuk dijadikan pelet. Persiapan ini dilakukan guna mempersiapkan mesin harus dipastikan sudah bersih dan dapat beroperasi. Pencetakan Pelet dilakukan guna mencetak hasil Pelet yang sudah melalui proses pencampuran bahan. Pengayakan dilakukan guna membuang sisa bahan yang

tidak tercetak menjadi pelet. Pendinginan dilakukan agar tidak menghasilkan uap jika disimpan. Pengemasan, hal ini dilakukan guna menjaga kualitas pelet.

2.4 Faktor Bahan Baku

Faktor bahan baku dalam pelet meliputi tentang kadar air, ukuran partikel, komposisi kimia (lignin, selulosa dan hemiselulosa), serta 10 jenis daun yaitu daun jati (*Tectona grandis* Linn. f), daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) daun keben (*Barringtonia asiatica*), daun mangga (*Mangifera indica* L.), daun rambutan (*Nephelium lappaceum*), daun nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam), daun kemiri sunan (*Reutealis trisperma*), daun jambu jamaika (*Syzygium malaccense*), daun kamboja (*Plumeria* Sp.) dan daun mahoni (*Swietenia macrophylla*).

2.4.1 Kadar Air Bahan

Kadar air merupakan salah satu faktor bahan baku dalam pembuatan biopellet yang berpengaruh terhadap nilai kalor pembakaran. Tingginya kadar air biopellet dapat menurunkan nilai kalor pembakaran, sehingga dapat menyebabkan proses penyalaan menjadi lebih sulit dan menghasilkan banyak asap. Tekanan mesin pada proses pengepresan juga berpengaruh pada tinggi rendahnya nilai kadar air, karena proses pencetakannya menggunakan tekanan tinggi yang dapat membuat partikel biomassa dapat saling mengisi ruang pori-pori yang kosong, sehingga dapat menurunkan molekul air yang dapat menempati ruang pori-pori tersebut (Rahman *et al.*, 2013).

2.4.2 Ukuran Partikel

Ukuran partikel menjadi salah satu fokus penting dalam faktor bahan baku, karena ukuran partikel dapat memberikan dampak positif terhadap densitas (kerapatan) partikel. Menurut hasil penelitian (Nuriana, 2022) menyatakan bahwa semakin kecil ukuran partikel bahan maka tinggi kerapatan masa yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan serbuk menjadi lebih kuat dan kompak, sehingga partikel dapat mengisi ruang pori-pori yang kosong, hal ini dapat menyebabkan tingkatan kerapatan yang

tinggi. Selain itu, ukuran partikel juga sangat berpengaruh terhadap laju pembakaran, karena semakin rapatnya ruang pori-pori maka akan membuat distribusi merambatnya temperature panas tidak mudah hilang.

2.5 Jenis Bahan

Jenis bahan sangat mempengaruhi kekuatan pelet bahan bakar. Hal ini karena sifat fisik, kimia, dan struktural dari bahan dasar menentukan bagaimana pelet terbentuk, kekompakannya, serta daya tahannya. Jenis bahan akan menentukan sifat-sifat komposisi kimia bahan, kandungan kelembaban, tekstur dan ukuran partikel, dan densitas bahan.

2.5.1 Komposisi Kimia (Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa)

Lignin merupakan sumber daya energi alam terbarukan yang signifikan untuk digunakan sebagai bahan baku bahan bakar fosil alternatif yang dapat diterima secara lingkungan dan berkelanjutan (Mittal *et al.*, 2024). Pada penelitian lain menurut (Suhartati *et al.*, 2016). Lignin adalah polimer alami yang berperan sebagai pengikat utama dalam struktur tumbuhan selain itu, lignin juga memiliki gugus fungsi seperti hidroksi, metoksi, karbonil serta memiliki kelarutan yang rendah terhadap air sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai perekat. Lignin merupakan biopolimer kedua yang paling melimpah secara alami di dinding sel senyawa lignoselulosa (15-35%) setelah selulosa. (Solihat *et al.*, 2021). Konsentrasi lignin sangatlah bervariasi, Perbedaan antara spesies tanaman kemungkinan besar terkait dengan perbedaan struktur lignin. Menurut data (Shobib *et al.*, 2023) daun berdaun lebar memiliki kandungan lignin sebesar 21,57% sedangkan pada semak memiliki kandungan lignin sebesar 6,50%. Penelitian lainnya (Saha, 2004) mengatakan biomassa lignoselulosa (residu pertanian, kayu gugur, dan sampah halaman) memiliki kandungan lignin 10-25%. Serbuk gergaji kayu memiliki kandungan lignin sebagai contoh dari data kayu sengon memiliki kandungan lignin sebesar 26,50%, kayu mahoni memiliki kandungan lignin sebesar 25-30%. Pada penelitian lainnya menyebutkan kayu jati memiliki kandungan lignin dengan 14-24% (Mursalim *et al.*, 2019). Dengan adanya penambahan serbuk gergaji

kayu pada sampah daun diharapkan akan semakin memperkuat ikatan antar partikel dari kedua bahan.

Selulosa merupakan penyusun utama yang termasuk dalam komposisi kimia suatu biomasa (Aprilia Lestari & Bagus Priambodo, 2020). Selulosa memiliki peran penting seperti : pengangkutan air dan nutrisi dari akar hingga daun pohon, dapat memperkuat dinding sel kayu dan mendukung pertumbuhan pohon yang kuat (Shobib *et al.*, 2023) Sebagai contoh dari data (Trisanti *et al.*, 2018). Sebagai contoh pada kayu sengon memiliki kandungan selulosa sebesar 45,42%. Penelitian lain menyebutkan Kayu jati memiliki kandungan selulosa sebesar 14– 24% (Mursalim *et al.*, 2019) dan pada kayu mahoni mengandung selulosa sebesar 35–50% (Wijayanti, 2018b) Biomassa lignoselulosa (residu pertanian, kayu gugur, dan sampah halaman) memiliki kandungan selulosa 35-50% (Saha, 2004).

Hemiselulosa adalah salah satu jenis senyawa polisakarida yang terdapat dalam semua jenis serat, yang memiliki sifat mudah larut dalam alkali dan mudah terhidrolisis oleh asam mineral (Bina, 2023). Pernyataan lainnya (Yuansah, 2019) mengatakan hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang tersusun dari monomer gula seperti mannan, xilan, glukukan dan galaktan. Hemiselulos memiliki nilai untuk biomassa lignoselulosa (residu pertanian, kayu gugur, dan sampah halaman) memiliki kandungan 20-35% (Saha, 2004). Berbeda dengan serbuk geraji kayu sebagai contoh dari data (Trisanti *et al.*, 2018) pada kayu sengon memiliki kadar hemiselulosa sebesar 21%. Pada penelitian (Mursalim *et al.*, 2019) menyebutkan Kayu jati memiliki kandungan hemiselulosa sebesar 3,65–12,51%. Pada Kayu mahoni mengandung hemiselulosa sebesar 35 – 50% (Wijayanti, 2018b).

2.5.2 Faktor Proses

Faktor proses perlu diperhatikan agar dapat mengoptimalkan kinerja, mengendalikan kualitas produk, membantu dalam menyusun perencanaan, mengidentifikasi masalah dan dapat mengembangkan metode baru yang lebih efisien. faktor proses terdiri dari tekanan, suhu cetakan, bentuk dan ukuran

cetakan serta waktu tinggal pres. Tekanan yang diberikan selama peletisasi memengaruhi ketahanan mekanis pelet yang dihasilkan. (Ismail *et al.*, 2023) mengatakan tekanan yang dilakukan pada tekanan 1, 2, 3, 4, dan 5 ton, setara dengan 6,28 MPa, 12,5 MPa, 18,8 MPa, 25,1 MPa, dan 31,4 MPa. Sebuah studi menyatakan kondisi peletisasi yang optimal adalah dengan tekanan 116,7 MPa (Riva *et al.*, 2019). Hasil penelitian yang di peroleh (Bazargan *et al.*, 2014) menyatakan bahwa pelet yang lebih kuat diproduksi dengan tekanan pelet yang lebih tinggi dan dengan ukuran partikel campuran disarankan. Kondisi peletisasi optimal untuk pemadatan biopellet adalah tekanan 128 MPa dan kadar air 35% (Hu *et al.*, 2016).

(Chen *et al.*, 2012) menyatakan Suhu terbukti menjadi faktor penting yang menentukan sifat residu arang yang dihasilkan dan memengaruhi konversi dan pemanfaatan produk. Suhu pada hidrolik press mempengaruhi viskositas fluida, performa komponen, dan kualitas produk akhir. Suhu dengan panas 60°C merupakan suhu yang optimal dalam proses peletisasi (Riva *et al.*, 2019).

Bentuk dan ukuran merupakan faktor kunci dalam hidrolik press yang mempengaruhi desain alat, proses pengolahan, dan hasil akhir. Memahami aspek- aspek dalam bentuk dan ukuran sangat penting untuk mencapai efisiensi dan kualitas yang optimal dalam aplikasi hidrolik. Semakin kecil ukuran partikel biomassa maka akan semakin padat dan kuatnya pelet yang dihasilkan, sebaliknya semakin besar ukuran partikel biomassa maka akan mengurangi ikatan antar partikel biomassa (Mani *et al.*, 2006).

Lama waktu penahanan antara bahan dan alat dilakukan agar terbentuknya produk akhir (pelet) yang diinginkan. Hasil penelitian (Haryanto *et al.*, 2023) menyatakan lama waktu penahanan 9 detik, 60 detik dan 180 detik pada proses peletisasi tidak berpengaruh pada kualitas produk akhir seperti (kekerasan dan ketahanan), hanya saja lama waktu penahanan berpengaruh pada warna pelet. Hal ini mengisaratkan bahwa pencetakan pelet dengan lama penahanan 9 detik sudah cukup untuk menghasilkan pelet yang baik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024 sampai Februari 2025. Pembuatan pelet dan analisis data dilakukan di Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan (Lab. RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah kertas label, kamera, plastik, nampan, pengering tipe hybrid, blender, ayakan mesh 8, gelas ukur, timbangan digital, oven, cawan porselin, tanur, desikator, kalorimeter, alat press hidrolik, jangka sorong digital, meinzer II sieve shaker, colorimeter, alat tulis untuk menulis, laptop untuk mengolah data, dan pendukung lainnya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah bahan D yaitu 10 jenis sampah daun yang diperoleh dari Universitas Lampung, bahan S yaitu serbuk gergaji kayu yang diperoleh dari panglong kayu di Bandar Lampung.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun secara faktorial. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua faktor yaitu variasi jenis dan rasio campuran antara sampah daun (Bahan D) dan serbuk gergaji kayu (Bahan S) dengan setiap faktor terdiri dari sepuluh taraf dan tiga kali ulangan. Faktor pertama yaitu jenis sampah daun (D) yang terdiri dari 10 taraf. Faktor kedua yaitu penambahan serbuk gergaji kayu (S) yang terdiri dari 4 taraf. Tabel kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

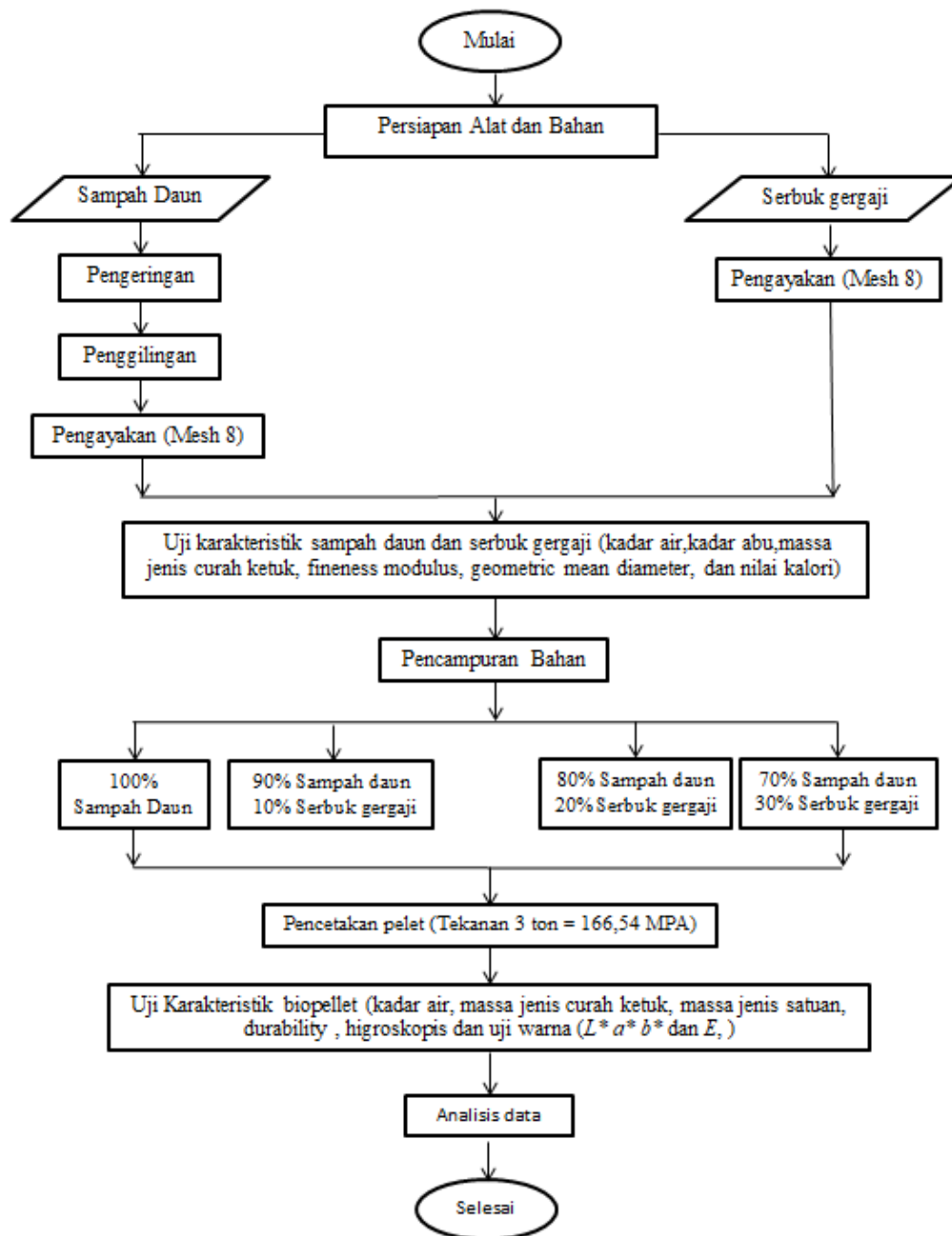
Tabel 2. Kombinasi Perlakuan Jenis Daun dan Rasio Campuran Serbuk Gergaji

Jenis Daun	Ulangan	Rasio Campuran Serbuk Gergaji			
		S0 (0%)	S1 (10%)	S2 (20%)	S3 (30%)
Jati (D1)	1	D1S0U1	D1S1U1	D1S2U1	D1S3U1
	2	D1S0U2	D1S1U2	D1S2U2	D1S3U2
	3	D1S0U3	D1S1U3	D1S2U3	D1S3U3
Rambutan (D2)	1	D2S0U1	D2S1U1	D2S2U1	D2S3U1
	2	D2S0U2	D2S1U2	D2S2U2	D2S3U2
	3	D2S0U3	D2S1U3	D2S2U3	D2S3U3
Nangka (D3)	1	D3S0U1	D3S1U1	D3S2U1	D3S3U1
	2	D3S0U2	D3S1U2	D3S2U2	D2S3U2
	3	D3S0U3	D3S1U3	D3S2U3	D3S3U3
Mangga (D4)	1	D4S0U1	D4S1U1	D4S2U1	D4S3U1
	2	D4S0U2	D4S1U2	D4S2U2	D4S3U2
	3	D4S0U3	D4S1U3	D4S2U3	D4S3U3
Kemiri Sunan (D5)	1	D5S0U1	D5S1U1	D5S2U1	D5S3U1
	2	D5S0U2	D5S1U2	D5S2U2	D5S3U2
	3	D5S0U3	D5S1U3	D5S2U3	D5S3U3
Kamboja (D6)	1	D6S0U1	D6S1U1	D6S2U1	D6S3U1
	2	D6S0U2	D6S1U2	D6S2U2	D6S3U2
	3	D6S0U3	D6S1U3	D6S2U3	D6S3U3
Ketapang (D7)	1	D7S0U1	D7S1U1	D7S2U1	D7S3U1
	2	D7S0U2	D7S1U2	D7S2U2	D7S3U2
	3	D7S0U3	D7S1U3	D7S2U3	D7S3U3
Keben (D8)	1	D8S0U1	D8S1U1	D8S2U1	D8S3U1
	2	D8S0U2	D8S1U2	D8S2U2	D8S3U2
	3	D8S0U3	D8S1U3	D8S2U3	D8S3U3
Mahoni (D9)	1	D9S0U1	D9S1U1	D9S2U1	D9S3U1
	2	D9S0U2	D9S1U2	D9S2U2	D9S3U2
	3	D9S0U3	D9S1U3	D9S2U3	D9S3U3
Jambu (D10)	1	D10S0U1	D10S1U1	D10S2U1	D10S3U1
	2	D10S0U2	D10S1U2	D10S2U2	D10S3U2
	3	D10S0U3	D10S1U3	D10S2U3	D10S3U3

Masing-masing perlakuan kombinasi mengalami pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga didapat 120 satuan percobaan. Data dianalisis dengan menggunakan Excel dengan melakukan uji ANOVA dan dilanjutkan dengan BNT 5%.

3.3.1 Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir pelaksanaan penelitian disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pelaksanaan Penelitian Pembuatan Biopellet Sampah Daun

3.3.2 Persiapan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan 10 jenis sampah daun (Tabel 3) dari Universitas Lampung dan serbuk gergaji kayu (Tabel 3) dari pengerajin kayu di kota Bandar Lampung. Setelah bahan didapatkan tahapan selanjutnya yaitu pengeringan untuk menghasilkan pelet yang berkualitas harus dibuat dengan bahan yang memiliki

kasar air rendah bahkan kering. Penelitian ini mengacu pada SNI 8675:2018 mengenai standar pelet biomassa energi, kadar air maksimal pada tiap bahan adalah 10%. Setelah proses pengeringan tahapan selanjutnya dilakukan pengayakan pada kedua bahan dengan ayakan mesh 8. Setelah itu, dilakukan proses pencampuran sampah daun dan serbuk gergaji kayu.

3.3.3 Pencampuran Bahan

Pencampuran 10 jenis sampah daun dan serbuk gergaji pada Gambar 5 dilakukan dengan menampurkan rasio campuran yang berjumlah 4 taraf yaitu 0%, 10%, 20% dan 30% dengan cara kedua bahan diblender secara bersamaan.



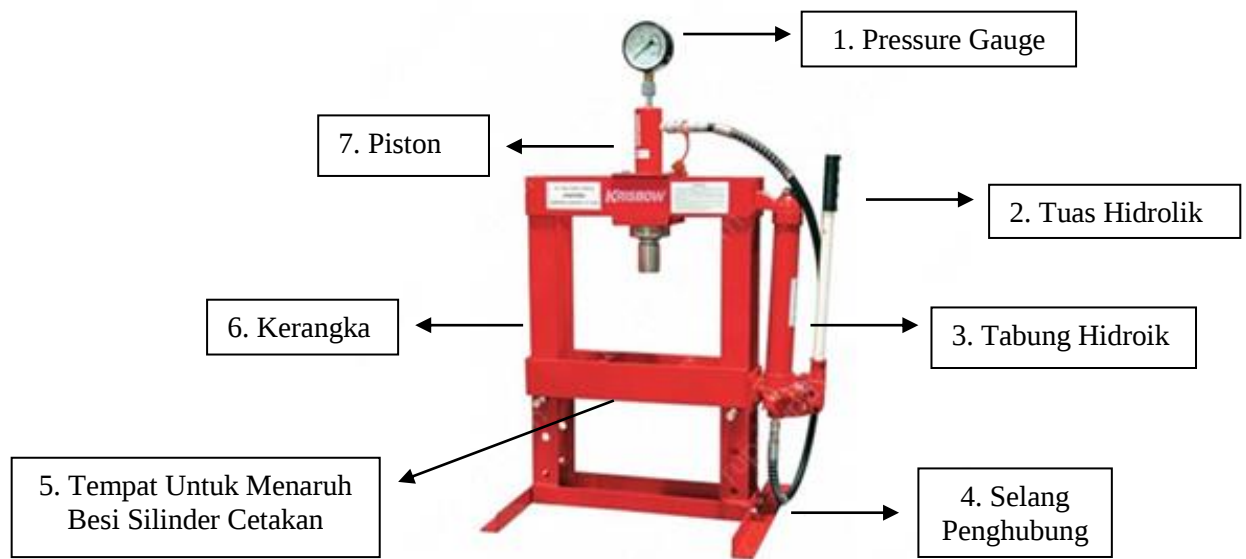
Gambar 5. Pencampuran Sampah Daun dan Serbuk Gergaji

3.3.4 Pencetakan Pelet

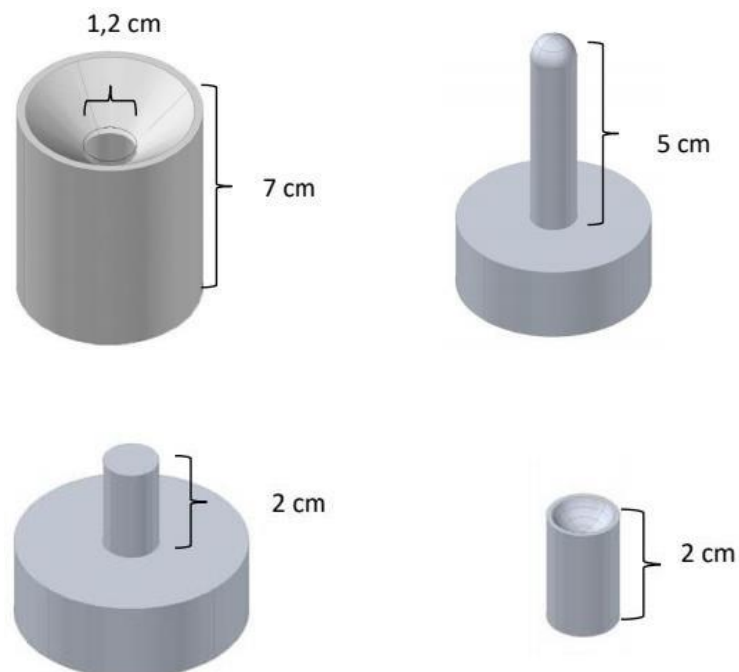
Pencetakan pelet dilakukan di Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan (Lab RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dengan menggunakan alat press hidrolik (Gambar 6) yang memiliki prinsip kerja dengan menggunakan teknik densifikasi atau pengepresan menggunakan tekanan tinggi (3 ton) untuk dapat mencetak pelet dengan diameter 1,2 cm – 1,5 cm dengan panjang besi silinder pencetakan 10cm (Gambar 7). Proses pembuatan pelet pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan 10 jenis sampah daun dan serbuk gergaji kayu, pengeringan, Pengecilan ukuran, pencampuran dengan masing-masing rasio yang telah ditetapkan (1pelet/3gram). Kemudian, dilakukan pencetakan menggunakan alat Press Hidrolik Bench Type 10 T dengan tekanan 3 Ton dan pendinginan. Pengambilan data penelitian dengan beberapa uji parameter yang telah ditentukan, seperti uji kadar air, uji nilai kalor, uji kadar abu, uji nilai kerapatan, dan uji durability.

Tabel 3. Jenis Sampah Daun dan Serbuk Gergaji

				
Daun Rambutan	Daun Jambu	Daun Jati	Daun Ketapang	Daun Nangka
				
Daun Kemiri Sunan	Daun Mangga	Daun Kamboja	Daun Keben	Daun Mahoni
				
		Serbuk Gergaji		



Gambar 6. Krisbow Alat Press Hidrolik Bench Type 10 T



Gambar 7. Sketsa Besi Silinder Cetakan Pelet

3.3.5 Pengujian Karakteristik Pelet Sampah Daun

3.3.5.1 Uji Kadar Air

Kadar air merupakan persentase kandungan air yang terdapat pada suatu bahan. Kadar air bahan dan pelet sangat berpengaruh terhadap jumlah asap yang dihasilkan, daya tahan penyimpanan dan penyalaan pelet saat dijadikan bahan bakar. Pengujian kadar air pada bahan dan pelet dilakukan dengan cara memasukkan cawan porselin ke dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit. Kemudian, cawan porselin didinginkan di dalam desikator. Selanjutnya, dilakukan penimbangan bobot kosong pada cawan kosong lalu dicatat. Setelah itu, dilakukan penimbangan pada satu sampel pelet ke dalam cawan porselin yang sudah diketahui bobotnya dan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Setelah selesai pengovenan cawan yang berisikan sampel pelet didinginkan di dalam desikator dan ditimbang bobotnya hingga menghasilkan selisih massa. Nilai kadar air bahan dan pelet dapat diketahui dan dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kadar Air (\%wb)} = \frac{BB-BK}{BB-C} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan KA = Kadar Air (%bb) :

C = Bobot kosong cawan porselin (g)

BB = Bobot cawan + sampel pelet sebelum dimasukkan kedalam oven (g)

BK = Bobot cawan + sampel pelet sesudah dikeluarkan dari oven (g)

3.3.5.2 Kadar Abu

Pada bahan bakar alternatif pelet, nilai kadar abu sangat perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran dan jumlah abu yang dihasilkan. Jika bahan baku pelet yang dihasilkan memiliki jumlah abu yang sangat banyak, maka akan menyebabkan kesulitan untuk mendapatkan efisiensi pembakaran yang tinggi. Pengujian kadar abu pada biopellet dilakukan dengan cara memanaskan cawan porselin ke dalam oven pada suhu 105°C selama waktu 30 menit, kemudian mendinginkannya di dalam desikator, lalu ditimbang bobot kosong cawan porselin (C). setelahnya menimbang satu sampel biopellet yang

diletakkan ke dalam cawan porselin yang bobotnya telah diketahui (P). Lalu cawan poselin yang berisi sampel biopellet dipanaskan ke dalam tanur dengan suhu 550°C selama waktu 2jam. Setelah itu cawan dipindahkan dari tanur ke dalam desikator untuk didinginkan selama 2 jam dan setelah itu ditimbang hingga terdapat selisih massa (Q). Untuk mengetahui dan menghitung nilai uji kadar abu dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ash} = \frac{Q-C}{P-C} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan Ash = Kadar Abu (%bk) :

C = Bobot kosong cawan porselin (g)

P = Bobot cawan + sampel pelet sebelum dimasukkan kedalam tanur (g)

Q = Bobot cawan + abu (g)

3.3.5.3 Uji Massa Jenis

Berat jenis dilakukan dengan mengambil sampel batang pelet lalu ditimbang dan diukur volumenya dengan dimasukkan dalam wadah (gelas ukur). Pelet diukur diameter (D), berat (W), panjang (L) per satu batang pelet. Hal ini dilakukan untuk melihat densitas yang merupakan perbandingan antara berat dan volume bahan bakar padat. Densitas sangat berpengaruh terhadap nilai kalor bahan bakar padat, karena nilai densitas yang semakin besar akan meningkatkan nilai kalor. Besar dan kecilnya nilai densitas dipengaruhi oleh tekanan saat pengepresan, ukuran dan kehomogenan penyusun bahan bakar itu sendiri. Pengujian dilakukan dengan menguji massa jenis satuan (1 pelet) dan massa jenis curah (*Bulk density*) sebesar 100 gram pelet. Nilai densitas dapat diketahui dan dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\rho = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan ρ = Massa Jenis Curah (g/cm³) :

M = Massa (g)

V = Volume (cm³)

3.3.5.4 FM (Fineness Modulus) / Modulus kehalusan

Fineness Modulus (FM) adalah angka yang mencerminkan ukuran rata-rata partikel dalam agregat, seperti pasir atau kerikil. FM dihitung dari persentase kumulatif agregat yang tertahan pada serangkaian ayakan standar. FM (Fineness Modulus) dapat menggunakan rumus :

$$FM = \frac{\sum C_i}{100} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

FM = Fineness Modulus / Modulus Kehalusan

C_i = persentase kumulatif yang tertahan pada setiap ayakan

3.3.5.5 Geometric Mean Diameter (GMD)

Geometric Mean Diameter (GMD) adalah ukuran rata-rata dari diameter partikel yang dihitung berdasarkan rata-rata geometrik dari dua ukuran saringan (mesh) tempat partikel itu tertahan. GMD memberikan ukuran rata-rata secara logaritmik, yang lebih akurat untuk distribusi partikel tidak simetris (misalnya banyak partikel kecil, sedikit yang besar). Jadi, GMD mencerminkan ukuran partikel yang paling representatif dari fraksi tersebut. GMD (Geometric Mean Diameter) dapat menggunakan rumus :

$$GMD \text{ Total} = \exp\left(\frac{\sum (w_i \cdot \ln D_i)}{\sum w_i}\right) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

W_i = fraksi massa dari partikel pada ukuran ke-i

D_i = GMD dari fraksi ke-i (seperti dihitung dari dua ukuran saringan)

$\ln$ = logaritma natural

3.3.5.6 Uji Nilai Kalori Bahan

Nilai kalor merupakan salah satu indikator dalam menentukan kualitas bahan bakar biopellet. Jika semakin tinggi nilai kalor, maka bahan yang digunakan memiliki kualitas yang bagus dan hasilnya pun biopellet yang berkualitas. Nilai kalor bahan diukur dengan menggunakan Bomb kalorimeter merk PARR Type 1341.

3.3.5.7 Uji Durability

Pengujian ketahanan getar bertujuan untuk mengetahui persentase jumlah pelet yang masih utuh ketika telah dilakukan perlakuan fisik dengan bantuan alat mekanik. Sebelum dilakukan pengujian, pelet terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui bobot awal. Setelah itu pelet dimasukkan ke dalam ayakan yang digetarkan selama 10 menit dengan kecepatan 3.600 kali gerakan per menit. Apabila sudah 10 menit, mesin dimatikan dan diambil pelet yang berukuran paling besar dan ditimbang kembali. Untuk mengetahui dan menghitung nilai ketahanan getar dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ketahanan Getar} = \left(\frac{m_b}{m_a}\right) \times 100 \% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

m_a = Massa pelet awal (g)

m_b = Massa pelet utuh setelah pengujian (g)

3.3.5.8 Uji Warna Pelet

Uji warna pelet dilakukan dengan menentukan intensitas tiga warna utama yang membentuk warna pada pelet, pengukuran ini menggunakan bantuan alat *Colorimeter* Amtast-AMT506. Pengujian perubahan warna dilakukan dengan menggunakan *CIE-Lab* yaitu mengukur warna kecerahan (L^*), kromatisasi merah ($+a^*$) atau hijau ($-a^*$), dan kromatisasi kuning ($+b^*$) atau biru ($-b^*$). Setelah itu dilakukan perbandingan nilai L^* , a^* , dan b^* dari setiap perlakuannya. Untuk mengetahui dan menghitung nilai warna dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \sqrt{(L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

L^* = Kecerahan dengan nilai 0 untuk warna hitam hingga 100 untuk warna putih

a^* = Kroma merah hijau dengan nilai positif berarti merah maksimum +80 dan negatif berarti hijau minimum -80

b^* = Kroma kuning biru dengan nilai positif berarti kuning maksimum +80 dan negatif berarti biru minimum -80

3.3.5.8 Uji Higroskopis (Daya Serap Air)

Uji higroskopis merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui daya serap air pelet sampah daun apabila dibiarkan di ruang terbuka tanpa dikemas. Pengujian ini dilakukan pada masing-masing sampel percobaan yang telah dioven selama 24 jam dengan suhu 105°C, lalu pengujian dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali. Sampel yang telah dioven akan didinginkan ke dalam desikator. Apabila sampel telah dingin dapat langsung di timbang untuk diketahui bobot awal biopellet. Pelet dimasukkan ke dalam wadah/cawan untuk dibiarkan di ruang terbuka dengan suhu berkisar 24.5-29°C, sedangkan kelembaban sebesar 40-79%. Setiap hari dilakukan penimbangan pada pelet untuk mengetahui perubahan bobot pelet. Pengujian ini dilakukan hingga berat pelet menjadi konstan. Untuk mengetahui dan menghitung nilai uji higroskopis dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$DSA = \frac{(mt-m0)}{m0} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

DSA = Daya serap air/higroskopis

M0 = Bobot hari ke-0 (bobot awal setelah pengovenan)

Mt = Bobot hari ke-n

3.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang telah diperoleh dari parameter pengujian dan jalannya proses penelitian. Penelitian ini dianalisa dengan menggunakan metode kuantitatif dalam bentuk deskriptif yang meliputi tabel, grafik, dan diagram batang. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam (Anova) yang kemudian dilakukan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) taraf 5% menggunakan Excel.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang kita telah kita dapati dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Jenis sampah daun berpengaruh nyata terhadap semua karakteristik Pelet yang dihasilkan, yaitu kadar air, kadar abu, massa jenis satuan, massa jenis curah, geometric mean diameter, modulus kehalusan, higroskopisitas, warna, nilai kalori, dan getar (durability).
2. Variasi penambahan serbuk gergaji (0%, 10%, 20% dan 30%) pada biopellet sampah daun berpengaruh nyata terhadap karakteristik pelet yaitu: kadar air, kadar abu, massa jenis satuan, massa jenis curah, geometric mean diameter, modulus kehalusan, higroskopisitas, warna, nilai kalori, dan getar (durability).
3. Penambahan serbuk gergaji berpengaruh signifikan terhadap kualitas fisik dan energi biopellet sampah daun. Pada pengujian warna, nilai L^* (interaksi tertinggi terdapat pada jenis daun keben dengan penambahan serbuk gergaji 0%), nilai a^* (interaksi tertinggi terdapat pada jenis daun jambu dengan penambahan serbuk gergaji 10%), nilai b^* (interaksi tertinggi terdapat pada jenis daun keben dengan penambahan serbuk gergaji 10%), total nilai E (interaksi tertinggi terdapat pada jenis daun keben dengan penambahan serbuk gergaji 30%). Pada pengujian nilai kalori (Interaksi tertinggi terdapat pada jenis daun kamboja dengan penambahan serbuk gergaji 0%).
4. Kombinasi pelet dengan standar terbaik pada karakteristik nilai kalori yang sesuai dengan standar nasional indonesia (SNI) nomor SNI 8675 : 2018 terdapat pada jenis keben, rambutan, mahoni, dan kamboja yang telah memenuhi syarat skala rumah tangga dan industri. Seluruh hasil massa jenis satuan dengan campuran serbuk gergaji 0-30% telah memenuhi standar rumah tangga dan industri dengan nilai maksimum terdapat pada jenis daun jati dengan penambahan serbuk gergaji 0%.

5.2 Saran

Saran berdasarkan penelitian ini perlu dilakukan untuk menguji aspek keberlanjutan penggunaan biopellet, seperti kestabilan penyimpanan dalam jangka waktu panjang, emisi gas saat pembakaran, serta kinerja biopellet dalam alat pembakar (burner). Hal ini penting agar biopellet yang dihasilkan dapat diaplikasikan secara praktis, aman, dan ramah lingkungan dalam skala rumah tangga maupun industri kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrilia, Y., Tamrin, T., Amien, E. R., & Kuncoro, S. (2023). Pengaruh Arah Irisan dan Tingkat Ketebalan Irisan Jahe terhadap Tingkat Kehalusan Tepung Jahe. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(4), 524.
<https://doi.org/10.23960/jabe.v2i4.8397>
- Agustin, A. W., Sudart, & Yushardi. (2023). Potensi pemanfaatan biogas dari sampah organik sebagai sumber energi terbarukan. *Insologi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(6), 1109–1116.
<https://doi.org/10.55123/insologi.v2i6.2841>
- Antirodesti. (2023). *Pengaruh Tekanan Dan Penambahan Serbuk Gergaji terhadap Karakteristik Biopellet Dari Ampas Kopi (Spent Coffee Ground)* [Skripsi]. Jurusan Teknik Pertaian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Aprilia Lestari, V., & Bagus Priambodo, T. (2020). Kajian komposisi lignin dan selulosa dari limbah kayu sisa dekortikasi rami dan cangkang kulit kopi untuk proses gasifikasi downdraft. *Jurnal Energi Dan Lingkungan (Enerlink)*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.29122/jel.v16i1.4572>
- Arhamsyah, A. (2010). Pemanfaatan biomassa kayu sebagai sumber energi terbarukan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2, 42.
<https://doi.org/10.24111/jrihh.v2i1.914>
- Arif, E. (2012). *Briket daun kering sebagai sumber energi alternatif (dry leaves briquettes as an alternative energy source)*.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Briket-Daun-Kering-Sebagai-Sumber-Energi-Alternatif/Arif/401aa86af9b779675105dd306d695057f18d4b99>
- Arifiyanto, W. (2021). *Pengaruh Besar Tekanan Terhadap Karakteristik Biopellet Dari Limbah serbuk Gergaji Kayu AkasiaDaun Lebar Dan Cempaka* [Skripsi]. Jurusan Teknik Pertaian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Astuti, A. S. S. dan F. (2009). Pemanfaatan tannin limbah serbuk gergaji kayu sebagai alternatif perekat kayu alamidengan aditif poliuretan. *Pelita - Jurnal Penelitian Mahasiswa UNY*, 1, Article 1.
<http://journal.uny.ac.id/index.php/pelita/article/view/4280>

- Aulia, N. N. (2025). *Pengaruh tekanan terhadap karakteristik bahan bakar pelet 10 jenis sampah daun* [Skripsi]. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Aulia, S., Ginting, Z., Muthawali, D. I., Ishak, I., Muhammad, M., Kurniawan, E., & Kusuma, B. S. (2024). Karakteristik Biopellet Dari Limbah Kulit Kelapa Muda Dan Batok Kelapa Menggunakan Perekat Getah Pinus Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 3(1), 119–129. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v3i1.61>
- Bazargan, A., Rough, S. L., & McKay, G. (2014). Compaction of palm kernel shell biochars for application as solid fuel. *Biomass and Bioenergy*, 70, 489–497. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.08.015>
- Bina, M. R. (2023). Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin silase ransum komplit dengan taraf jerami sorgum (*sorghum bicolor* (L.) Moench) yang berbeda. *Gorontalo Journal of Equatorial Animals*, 2(1), Article 1. <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/gijea/article/view/16368>
- Chen, Y., Yang, H., Wang, X., Zhang, S., & Chen, H. (2012). Biomass-based pyrolytic polygeneration system on cotton stalk pyrolysis: Influence of temperature. *Bioresource Technology*, 107, 411–418. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.10.074>
- Damayanti, R., Lusiana, N., & Prasetyo, J. (2017). Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Penambahan Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Biopellet dari Kulit Coklat (*Theobroma Cacao* L.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Teknotan*, 11(1). <https://doi.org/10.24198/jt.vol11n1.6>
- Fatriani, F., Sunardi, S., & Arfianti, A. (2018). Kadar air, kerapatan, dan kadar abu wood Pelet serbuk gergaji kayu galam (*melaleuca cajuputi roxb*) dan kayu akasia (*Acacia mangium Wild*). *EnviroScienteeae*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.20527/es.v14i1.4897>
- Haryanto, A., Waluyo, S., Utami, A., & Triyono, S. (2023). Pengaruh gaya tekan dan waktu penekanan terhadap karakteristik pelet tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 11, 89–101. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i1.447>
- Hendra, D., & Nurwigha, dan R. (2013). The quality of biopellet from combination of palm shell charcoal and palm fiber. <https://www.semanticscholar.org/paper/the-quality-of-biopellet-from-combination-of-palm-hendra-Nurwigha/b47a9836dfc4af3d1ffe2233f4f2b7b52294e3fe>
- Hendra, D., & Winarni, I. (2003). Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sabetan Kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 21(3), 211–226.

- Hu, Q., Yang, H., Yao, D., Zhu, D., Wang, X., Shao, J., & Chen, H. (2016). The densification of bio-char: Effect of pyrolysis temperature on the qualities of Pelets. *Bioresource Technology*, 200, 521–527. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.10.077>
- Huda, A. K. N. A. (2023). *Transisi energi di indonesia: overview & challenges*.
- Iriany, Hasibuan, R., Novita, D., & Ummah, N. M. (2023). Pengaruh Komposisi Bahan Baku dan Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Biobriket dari Cangkang Buah Karet dan Ranting Kayu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.32734/jtk.v12i1.9818>
- Iskandar, N., Nugroho, S., & Feliyana, M. F. (2019). Uji kualitas produk briket arang tempurung kelapa berdasarkan standar mutu sni. *Jurnal ilmiah momentum*, 15(2). <https://doi.org/10.36499/jim.v15i2.3073>
- Ismail, R. I., Khor, C. Y., & Mohamed, A. R. (2023). Peletization temperature and pressure effects on the mechanical properties of khaya senegalensis biomass energy Pelets. *Sustainability*, 15(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su15097501>
- Kalayan, N., & Vance Morey, R. (2009). Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and Bioenergy*, 33(3), 337–359. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.08.005>
- Mani, S., Tabil, L. G., & Sokhansanj, S. (2006). Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass Pelets from grasses. *Biomass and Bioenergy*, 30(7), 648–654. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.01.004>
- Maulana, L., Ghozali, H., Fikri, M., Agustina, E., & Ali, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Didesa Ranjok Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat Menjadi Biomass Pelet Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal PEPADU*, 1, 133–138. <https://doi.org/10.29303/jurnalpepadu.v1i1.87>
- Maulinda, L., Za, N., & Sari, D. N. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.69>
- Mittal, T., Kant, R., Bhalla, Y., & Goel, M. K. (2024). Recent Advancement and Emerging Applications of Lignin. *Indonesian Journal of Chemistry*, 24(1), Article 1. <https://doi.org/10.22146/ijc.88535>
- Mursalim, M., Munir, M., Fitriani, F., & Novieta, I. D. (2019, October 19). Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin serbuk gergaji kayu jati (*tectona grandits l.f*) dan daun murbei (*morus alba*) yang dikombinasikan sebagai pakan ternak. <https://www.semanticscholar.org/paper/kandungan->

selulosa%2c-hemiselulosa-dan-lignin-serbuk-Mursalim-Munir/36384f0c2bef9132aaa3c8262987e62ae1321c6f

- Musadi, C. R., Manoppo, M. R. E., & Palenewen, S. Ch. N. (2019). *Hubungan modulus kehalusan agregat dengan kriteria marshall pada campuran aspal panas bergradasi senjang*. 7(4), 471–480.
- Mustamu, S., Hermawan, D., & Pari, G. (2018). Karakteristik biopellet dari limbah padat kayu putih dan gondorukem. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3), 191–204. <https://doi.org/10.20886/jphh.2018.36.3.191-204>
- Nilsson, D., Bernesson, S., & Hansson, P.-A. (2011). Pelet production from agricultural raw materials – A systems study. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 679–689. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.10.016>
- Nuriana, W. (2022). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Bahan Biopellet Terhadap Laju Pembakaran Dan Kerapatan Massa Pada Limbah Kayu Mahoni. *Jurnal agri-tek : Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 23, 11–15. <https://doi.org/10.33319/agtek.v23i1.106>
- Nurkhasanah, E., Ababil, D. C., Prayogo, R. D., & Damayanti, A. (2021). *Pembuatan pupuk kompos dari daun kering*. 3(2), 109–117.
- Patabang, D. (2012). Studi Karakteristik Termal Briket Arang Kulit Buah Kakao. *Jurnal Mekanikal*. https://www.academia.edu/77024721/Studi_Karakteristik_Termal_Briket_Arang_Kulit_Buah_Kakao
- Permatasari, D., Rahmawati, W., & Haryanto, A. (2023). Pengaruh ukuran partikel dan perekat taipoka terhadap sifat biopellet dari limbah serbuk gergajian. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(2), 241. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i2.7469>
- Pontoh, J., & Siahaan, R. (2021). Potensi Produksi dan Pengumpulan Biomasa dari Sampah Daun di Kampus Universitas Sam Ratulangi Kleak Manado dengan Kelompok Mahasiswa Perempuan. *JPAI: Jurnal Perempuan Dan Anak Indonesia*, 2, 24. <https://doi.org/10.35801/jpai.2.2.2021.32618>
- Prabawa, I. D. G. P. (2018). Pengaruh Kadar Air Biomassa dan Suhu Proses terhadap Kualitas Biopellet dari Cangkang Buah Karet dan Bambu Ater (*Gigantochloa atter*) Effect of Biomass Moisture Content and Process Temperature on Biopellet Quality Derived from Rubber Seed Shell and Ater Bamboo (*Gigantochloa atter*). 2018, 10(2), 63–74.
- Pradana, T. A., Yunianto, B., & Muchammad, M. (2023). Analisis karakteristik biopellet berbahan dasar limbah pertanian dan perkebunan dengan campuran zat perekat alami. *Jurnal teknik mesin*, 11(3), Article 3.
- Pramudiyanto, A. S., & Suedy, S. W. A. (2020). Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan

- Perubahan Iklim yang Ekstrim. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 1(3), 86–99. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9990>
- Pratama, A. A. (2021). *Pengaruh Proses Torefaksi Bahan Terhadap Pembuatan Biopellet Dari Limbah Tongkol jagung* [Skripsi]. Teknik pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Primadanty, R. P. (2023). Potensi Biomassa Dalam Transisi Energi di Indonesia. *Parahyangan economic development review*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.26593/pedr.v2i2.7707>
- Putra, O. D. (2018). Pemanfaatan biomassa tumbuhan menjadi biopellet sebagai alternatif energi terbarukan. *Hasanuddin Student Journal*, 239–247.
- Rahayu, S. M. (2021). Penyuluhan Pemanfaatan Sampah Daun dan Limbah Pertanian Menjadi Briket Biorang sebagai Sumber Energi Terbaru Ramah Lingkungan. *Jurnal Abdidas*, 2(4), 936–943. <https://doi.org/10.31004/abdidas.v2i4.396>
- Rahman, M. M., Tsukamoto, J., Rahman, Md. M., Yoneyama, A., & Mostafa, K. M. (2013). Lignin and its effects on litter decomposition in forest ecosystems. *Chemistry and Ecology*, 29(6), 540–553. <https://doi.org/10.1080/02757540.2013.790380>
- Restuhadi, F. (2012). Optimasi pembuatan biopellets dari bungkil picung (pangium edule reinw) dengan penambahan solar dan perekat tapioka. *Jurnal Sagu*. https://www.academia.edu/3071762/optimasi_pembuatan_biopellets_dari_bungkil_picung_pangium_edule_reinw_dengan_penambahan_solar_dan_perekat_tapioka
- Riva, L., Nielsen, H. K., Skreiberg, Ø., Wang, L., Bartocci, P., Barbanera, M., Bidini, G., & Fantozzi, F. (2019). Analysis of optimal temperature, pressure and binder quantity for the production of biocarbon Pelet to be used as a substitute for coke. *Applied Energy*, 256, 113933. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113933>
- Rusdianto, A. S. (2014). Kajian potensi penggunaan by product industri pertanian di kabupaten jembar sebagai bahan baku pembuatan biopellet untuk bahan bakar alternatif. 2014, 8(1).
- Sa'diyah, K., Suharti, P. H., Hendrawati, N., Pratamasari, F. A., & Rahayu, O. M. (2021a). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu sebagai Karbon Aktif melalui Proses Pirolisis dan Aktivasi Kimia. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(2), 91. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i2.8589.91-99>
- Saha, B. (2004). Lignocellulose Biodegradation and Applications in Biotechnology. In *ACS Symp. Ser.* (Vol. 889, pp. 2–34).

<https://doi.org/10.1021/bk-2004-0889.ch001>

Sandri, D., & Hadi, F. S. (2017). Optimasi bentuk dan ukuran arang dari kulit buah karet untuk menghasilkan biobriket. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.34128/jtai.v3i2.4>

Shobib, A., Silva, T. D., Pramudono, B., Rokhati, N., & Kasmiyatun, M. (2023). Analisis komposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam berbagai jenis kayu: metode chesson-datta. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 8(4), Article 4. <https://doi.org/10.31942/inteka.v8i4.9841>

SIPSN. (2020). <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>

Sitindaon, D., & Harahap, M. H. (2014). Pengaruh penambahan styrofoam pada pembuatan beton ringan menggunakan pasir merah labuhan batu selatan. *Einstein (e-Journal)*, 2(3), Article 3. <https://doi.org/10.24114/einstein.v2i3.5317>

Solihat, N., Sari, F., Falah, F., Ismayati, M., Lubis, M. A., Fatriasari, W., Santoso, E., & Syafii, W. (2021). Lignin as an Active Biomaterial: A Review. *Jurnal Sylva Lestari*, 9, 1. <https://doi.org/10.23960/jsl191-22>

Struk, M., Kushkevych, I., & Vítězová, M. (2020). Biogas upgrading methods: Recent advancements and emerging technologies. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19(3), 651–671. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09539-9>

Suardana, N. P. G., Putra, R. A., & Kencanawati, C. I. P. K. (2020). Pengaruh Waktu Perendaman terhadap Daya Serap Air dan Drop Test pada Paving Block Plastik-Pasir. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 5, 301–306.

Sudiyani, Y., Triwahyuni, E., Sugiwati, S., Maryana, R., Muryanto, Bardant, T. B., & Fitriady, M. A. (2024). Transisi energi: meracik formula inovatif etanol untuk masa depan terang. In *Harnessing*. Pertamina Energy Institute | Pertamina. <https://www.pertamina.com/id/dokumen/pertamina-energy-institute>

Suhartati, S., Puspito, R., Rizali, F., & Anggraini, D. (2016). Analisis Sifat Fisika dan Kimia Lignin Tandan Kosong Kelapa Sawit asal Desa Sape, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 24–29. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3102>

Sulasminingsih, S., Hafiz, F., Sari, K., & Yuninda, S. (2023). Penggunaan Biomassa sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Wilayah Pedesaan. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation*, 1(1), 42–51.

Trisanti, P., H.P., S., Nura'ini, E., & Sumarno, S. (2018). Ekstraksi selulosa dari serbuk gergaji kayu sengon melalui proses delignifikasi alkali ultrasonik.

Jurnal Sains Materi Indonesia, 19, 113.
<https://doi.org/10.17146/jsmi.2018.19.3.4496>

- Webliana, K., Prasetyo, D. M., & Wulandari, F. T. (2022). Karakteristik Biopellet Dari Bahan Sekam Padi Dan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis* Linn.F). *Journal of Forest Science Avicennia*, 05(02).
https://www.academia.edu/93643406/Karakteristik_Biopellet_Dari_Bahan_Sekam_Padi_Dan_Serbuk_Gergaji_Kayu_Jati_Tectona_grandis_Linn_F
 —
- Wijayanti, W. (2018a). Identifikasi Komposisi Kimia Tar Kayu Mahoni untuk Biofuel pada Berbagai Temperatur Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9, 183–190. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.03.5>
- Wijayanti, W. (2018b). Identifikasi Komposisi Kimia Tar Kayu Mahoni untuk Biofuel pada Berbagai Temperatur Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(3), 183–190. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.03.5>
- Yuansah, S. C. (2019). Potensi pembuatan gula non-digestible dari selulosa dan hemiselulosa menggunakan hidrolisis enzimatis. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 69–74.
<https://doi.org/10.20956/canrea.v2i2.116>