

**PENGARUH TEKANAN TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN
BAKAR PELET 10 JENIS SAMPAH DAUN**

(Skripsi)

Oleh

**NOVA NUR AULIA
2114071010**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

PENGARUH TEKANAN TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR PELET 10 JENIS SAMPAH DAUN

BY

NOVA NUR AULIA

Biomass, which includes organic materials such as wood, plants, and agricultural waste, is one of the renewable energy sources with significant potential. Biomass can be processed into solid, liquid, or gaseous fuels, and one of the commonly used forms is biomass pellets. Biomass pellets are small cylindrical solid fuels made from organic materials through a compaction process. The use of biomass in pellet form offers several advantages, such as reducing organic waste accumulation, lowering carbon emissions, and providing a cleaner and renewable energy source. Pelletization is one of the common methods used to convert biomass into a fuel that is easier to handle and burn. Biomass pellets have advantages in terms of storage, transportation, and combustion efficiency. One important factor in the pelletization process is the pressure applied during the pellet manufacturing process.

This study aims to evaluate the effect of pressure on the physical, mechanical, and thermal characteristics of biomass pellets made from ten types of dry leaves: teak, mango, candlenut, mahogany, kebon, rambutan, jackfruit, frangipani, guava, and ketapang. The parameters analyzed include moisture content, ash content, calorific value, bulk density, compressive strength, water absorption capacity, and color parameters (L , a , b , and ΔE). The pressure variations applied were 2 tons, 2.5 tons, and 3 tons to evaluate the effect of compression on the resulting pellet characteristics.

The results showed that a pressure of 3 tons produced pellets with the best quality, characterized by the highest bulk density, lower moisture content ($<10\%$), and higher compressive strength compared to other pressure levels. Meanwhile, a pressure of 2 tons produced pellets with higher water absorption capacity due to greater porosity. The calorific value of dry leaves ranged from 14–20 MJ/kg, with teak and mahogany leaves exhibiting the highest values due to their higher lignin

content. The color parameters showed significant changes in L, a, and b values, with higher pressure resulting in darker colors due to increased local temperature during pelletization.

This study confirms that raw material characteristics, such as moisture content, ash content, and chemical composition, play a critical role in determining the quality of biomass pellets. With optimal pressure and proper processing, dry leaves can be utilized as a sustainable alternative fuel for household and small-scale industrial applications.

Keywords: *biomass, dry leaves, pellets, pressure, ash content, calorific value, bulk density*

ABSTRAK

PENGARUH TEKANAN TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR PELET 10 JENIS SAMPAH DAUN

OLEH

NOVA NUR AULIA

Biomassa, yang mencakup bahan organik seperti kayu, tanaman, dan limbah pertanian, merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi besar. Biomassa dapat diolah menjadi bahan bakar padat, cair, maupun gas, dan salah satu bentuk yang umum digunakan adalah pelet biomassa. Pelet biomassa merupakan bahan bakar padat berbentuk silinder kecil yang dibuat dari bahan organik dengan proses pemadatan. Penggunaan biomassa sebagai pelet memiliki beberapa keuntungan, seperti mengurangi penumpukan limbah organik, mengurangi emisi karbon, serta menyediakan sumber energi yang lebih bersih dan terbarukan. Proses peletisasi menjadi salah satu metode yang umum digunakan untuk mengonversi biomassa menjadi bahan bakar yang lebih mudah ditangani dan dibakar. Pelet yang dihasilkan dari biomassa memiliki keunggulan dalam hal penyimpanan, pengangkutan, serta efisiensi pembakaran. Salah satu faktor penting dalam proses peletisasi adalah tekanan yang diberikan selama proses pembuatan pelet.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh tekanan terhadap karakteristik fisik, mekanik, dan termal pelet biomassa yang dibuat dari sepuluh jenis daun kering, yaitu jati, mangga, kemiri, mahoni, keben, rambutan, nangka, kamboja, jambu biji, dan ketapang. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, nilai kalor, densitas massal (bulk density), kekuatan tekan, daya serap air, serta parameter warna (L, a, b, dan ΔE). Variasi tekanan yang digunakan adalah 2 ton, 2,5 ton, dan 3 ton untuk mengevaluasi pengaruh kompresi terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan 3 ton menghasilkan pelet dengan kualitas terbaik, ditandai dengan bulk kadar air yang lebih rendah ($<10\%$), dan kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan tekanan lainnya. Sementara itu, tekanan 2 ton menghasilkan pelet dengan daya serap air lebih tinggi karena porositas yang lebih besar. Nilai kalor daun kering berada pada rentang 14–20 MJ/kg, dengan daun jati dan mahoni menunjukkan nilai tertinggi karena

kandungan lignin yang lebih tinggi. Parameter warna menunjukkan perubahan signifikan pada nilai L, a, dan b, dengan tekanan lebih tinggi menghasilkan warna yang lebih gelap akibat peningkatan suhu lokal selama peletisasi.

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa karakteristik bahan baku, seperti kadar air, kadar abu, dan komposisi kimia, memiliki peran penting dalam menentukan kualitas pelet biomassa. Dengan kombinasi tekanan optimal dan pengolahan yang tepat, daun kering dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan untuk skala rumah tangga dan industri kecil.

Kata kunci: biomassa, daun kering, pelet, tekanan, kadar abu, nilai kalor, bulk density

**PENGARUH TEKANAN TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN
BAKAR PELET 10 JENIS SAMPAH DAUN**

OLEH

NOVA NUR AULIA

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**

Judul Skripsi

**: PENGARUH TEKANAN TERHADAP
KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR PELET
10 JENIS SAMPAH DAUN**

Nama Mahasiswa

: Nova Nur Aulia

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114071010

Jurusan/PS

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian

MENYETUJUI
Komisi Pembimbing


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


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

Ketua Jurusan Teknik Pertanian

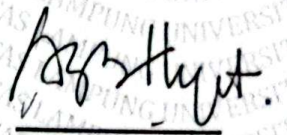

Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.
NIP. 197801022003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

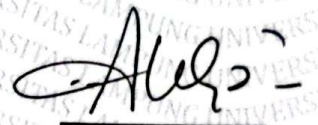
Ketua

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



Sekretaris

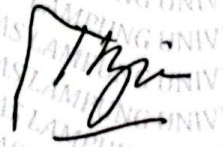
: Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NRP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Januari 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Nova Nur Aulia NPM. 2114071010.

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, 17 Januari 2025
Yang membuat pernyataan



Nova Nur Aulia
NPM. 2114071010

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Metro, Provinsi Lampung, pada hari Senin tanggal 04 November 2002 anak pertama dari dua bersaudara, putri dari pasangan Bapak Dwi Yuliono dan Ibu Ranisah. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Negeri Pembina pada tahun 2007-2009, Sekolah Dasar (SD) Negeri 9 Metro pada tahun 2009-2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 5 Metro pada tahun 2015-2018 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 4 Metro 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 Bendahara Pelaksana dalam kegiatan Musyawarah Besar Anggota Permatap pada tahun 2022, Asisten Dosen dalam mata kuliah Fisika Dasar pada tahun 2022.

Pada tanggal 4 Januari 2024, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2024 selama 40 hari di Desa Dwi Warga Tunggal Jaya, Kecamatan Banjar Agung, Kabupaten Tulang Bawang. Sementara itu pada tanggal 1 Juli 2024, penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Great Giant Pineapple (GGP) PG 4, Lampung Timur dengan judul “Analisis dan Rekomendasi Umur Simpan Pada Proses Industri Buah Nanas Segar Tingkat Kematangan 0 Tujuan Ekspor Di PT Great Giant Pineapple (GGP) Plantations Group 4 Lampung Timur”.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'aalamiin...

~be kind, be humble, be love ~

Alhamdulillahirabbil Allamin, Karya ini merupakan bentuk syukur saya kepada Allah SWT karena telah memberikan nikmat karunia pertolongan yang tiada henti hingga saat ini.

Karya ini saya persembahkan sebagai tanda bukti sayang dan cinta yang tiada terhingga kepada ibu saya tercinta. Perempuan teristimewa Ibu Ranisah yang telah melahirkan, merawat, membimbing dan melindungi dengan tulus serta penuh keikhlasan, mencurahkan segala kasih sayang dan cintanya serta yang senantiasa mendoakan serta memberikan semangat dan juga dukungan sepenuh hati.

Karya ini juga saya persembahkan kepada seluruh keluarga tercinta yaitu adik, paman, bibi serta keponakan yang selalu menjadi penyemangat terbaik, selalu memberikan dukungan baik moral maupun material. Tak lupa karya ini di persembahkan kepada diri sendiri, terima kasih telah bertahan sejauh ini, serta tidak pernah berhenti berusaha dan berdoa dalam menyelesaikan skripsi ini.

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selawat dan salam selalu tercurah kepada suri tauladan seluruh umat islam Nabi Allah Muhammad SAW, yang senantiasa kita nantikan syafaatnya di yaumul kiyamah, Amin.

Skripsi yang berjudul **“PENGARUH TEKANAN TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR PELET 10 JENIS SAMPAH DAUN”** 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. Prof. Dr. Ir.Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;
5. Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua dan dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan bimbingan, nasehat, kritik,

dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;

6. Prof. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembahas yang telah memberikan nasehat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi;
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
8. Kepada pintu surgaku, Ibu Ranisah. Beliau sangat berperan penting dalam proses penyelesaian program studi, beliau juga tidak sempat merasakan bangku perkuliahan namun beliau tidak henti memberikan semangat, serta doa yang selalu mengiringi langkah nova, penulis yakin ibunya banyak menyelamatkanku dalam perjalanan hidup nova hingga bisa berada di titik ini. Terimakasih bu.
9. My best partner selama di perkuliahan, Nurvita Anggraini yang selalu menjadi teman di perkuliahan ini. Terimakasih sudah menjadi teman terbaik dan selalu kebersamai setiap tahapan nova dalam mencapai gelar sarjana. Banyak sekali hal indah dan tak sedikit hal sedih yang kita lalui selama di perkuliahan ini.
10. Kepada gadis manis nan cantik, Putri Sabila yang tak pernah berhenti memberikan dukungannya serta semangat untuk nova selama proses penyelesaian skripsi ini. Terimakasih atas banyak waktu dan tenaga yang kita habiskan selama 3,5 tahun ini, serta tak membuang sedikitpun rasa cinta untuk nova hingga akhir skripsi ini semua berkat dukunganmu.
11. Teman seperjuangan St. Aminatus Sa'diyah yang sudah menemani dan kebersamai nova selama praktik umum hingga skripsi. Terimakasih sudah selalu menemani dan merayakan setiap pencapaian nova di perkuliahan. Teman satu kota yang selalu menemani dan mendengarkan keluh kesah dan memberikan motivasi saat sedang stress mengerjakan karya tulis ini.
12. Kepada Sindie Ariza Putri, Widya Andani, Indah Puspita Sari, dan Nia Hikmah Maharani. Terimakasih sudah menjadi teman terbaik yang selalu mendengarkan keluh kesah nova dan selalu memberikan support kepada nova sehingga bisa menyelesaikan skripsi ini.

13. Kepada Fc Rocket yang sudah menjadi tempat nova dalam mencetak berkas serta skripsi. Terimakasih sudah mempermudah nova dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.
14. Keluarga Teknik Pertanian 2021 yang telah membantu penulis dalam perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini;
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
16. Terakhir, kepada wanita sederhana yang memiliki keinginan tinggi namun terkadang sulit di mengerti, yaitu sang penulis karya tulis ini Nova Nur Aulia. Seorang anak perempuan pertama berusia 22 tahun yang sangat keras kepala namun sebenarnya mudah menangis. Terimakasih untuk segala perjuangan, kesabaran, dan ketekunan yang sudah di lalui dalam setiap langkah yang penuh tantangan ini. Untuk diriku sendiri, terimakasih sudah bertahan sampai di titik ini, banyak hal yang tidak bisa di ungkapkan dengan kata namun semua bisa terlewatkan. Berbahagialan selalu setelah ini dimanapun dan kapanpun kamu berada, mari selalu menyempatkan diri untuk selalu merayakan sekecil apa pun pencapaianmu dan teruslah bersinar dimanapun kamu berada.

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

Bandar Lampung, 17 Januari 2025
Penulis

Nova Nur Aulia

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Problematika Bahan Bakar Fosil.....	5
2.2 Pelet Biomassa	6
2.3 Potensi Daun Sebagai Bahan Bakar Biomassa	7
2.4 Keunggulan Pelet	8
2.5 Faktor-Faktor Dalam Proses Densifikasi atau Peletisasi	9
III. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Rancangan Percobaan	12
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14
3.5 Parameter Pengamatan	16
3.5.1 Parameter pengamatan karakteristik bahan yaitu:	16
3.5.2 Parameter pengamatan karakteristik pelet yaitu:	17
3.6 Analisis data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Sifat Bahan Baku.....	19
4.1.1 Kadar Air Bahan.....	19
4.1.2 Massa Jenis Bahan.....	20
4.1.3 Kadar Abu (Ash Content).....	22
4.1.4 Kadar Volatil (Volatile Matter)	23
4.1.5 Nilai Kalori (Calorific Value).....	24

4.1.6 GMD (Geometric Mean Diameter) / FM (Fineness Modulus)....	26
4.2 Sifat Pelet	27
4.2.1 Kadar Air Pelet	27
4.2.2 Massa Jenis Pelet	29
4.2.3 Uji Kekuatan (Mechanical Durability)	32
4.2.4 Daya Serap Air (Water Absorption Capacity).....	33
4.2.5 Warna.....	35
4.2.6 Bulk Density	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pelet Biomassa	6
Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Kerja	14
Gambar 3. Alat Pres Hidrolik 10 Ton	15
Gambar 4. Pencetak Pelet	16
Gambar 5 Kadar air bahan baku pelet 10 jenis daun	19
Gambar 6 Massa jenis bahan baku pelet 10 jenis daun	21
Gambar 7 Kadar abu bahan baku pelet 10 jenis daun.....	22
Gambar 8 Kadar volatil bahan baku pelet 10 jenis daun	23
Gambar 9 Nilai kalori bahan baku pelet 10 jenis daun	24
Gambar 10. Nilai kalori per satuan volume 10 jenis daun'	26
Gambar 11 GMD bahan baku pelet 10 jenis daun.....	26
Gambar 12 Kadar air pelet pada 10 jenis daun.....	27
Gambar 13 Kadar air pelet pada tekanan (2 ton, 2,5 ton, 3 ton)	28
Gambar 14 Massa jenis pelet pelet pada 10 jenis daun	30
Gambar 15 Massa jenis pelet pada tekanan (2 ton, 2,5 ton, 3 ton)	30
Gambar 16 Uji durability pelet pada tekanan (2 ton, 2,5 ton, 3 ton).....	32
Gambar 17 Daya serap air pelet pada interaksi tekanan dan jenis daun	34
Gambar 18 Warna L^* pelet terhadap jenis daun.....	35
Gambar 19 Warna a^* pelet terhadap jenis daun	36
Gambar 20 Warna b^* pelet terhadap jenis daun	37
Gambar 21 Warna ΔE pelet terhadap jenis daun	38
Gambar 22 Pengaruh interaksi jenis daun dan tekanan terhadap bulk density pelet	40
Gambar 23 Pengukuran Kadar Air.....	68
Gambar 24 Pengukuran Kadar Abu	68
Gambar 25 Pengukuran Daya Serap Air	68
Gambar 26 Pengukuran Durability (Uji Getar)	68
Gambar 27 Pengukuran Kadar Volatil	68

Gambar 28 Pengukuran Massa Jenis	68
Gambar 29 Daun Nangka.....	69
Gambar 30 Daun Kemiri Sunan	69
Gambar 31 Daun Ketapang.....	69
Gambar 32 Daun Mangga	69
Gambar 33 Daun Jati.....	69
Gambar 34 Daun Jambu.....	69
Gambar 35 Daun Kamboja.....	70
Gambar 36 Daun Keben.....	70
Gambar 37 Daun Rambutan	70
Gambar 38 Daun Mahoni.....	70
Gambar 39 Pelet Daun Nangka	71
Gambar 40 Pelet Daun Keben	71
Gambar 41 Pelet Daun Ketapang	71
Gambar 42 Pelet Daun Mahoni.....	71
Gambar 43 Pelet Daun Rambutan	72
Gambar 44 Pelet Daun Kemiri	72
Gambar 45 Pelet Daun Kamboja.....	72
Gambar 46 Pelet Daun Mangga	72
Gambar 47 Pelet Daun Jati.....	72
Gambar 48 Pelet Daun Jambu	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Jenis Daun dan Tekanan	13
Tabel 2. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pengaruh interaksi jenis daun dan tekanan pada daya serap air pelet	33
Tabel 3. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pengaruh interaksi jenis daun dan tekanan pada bulk density pelet.....	39
Tabel 4. Data Uji Kadar Air Bahan (%).....	48
Tabel 5. Data Uji <i>Anova</i> Kadar Air Bahan	48
Tabel 6. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Kadar Air Bahan.....	48
Tabel 7. Data Uji Massa Jenis Bahan.....	49
Tabel 8. Data Uji <i>Anova</i> Massa Jenis Bahan	49
Tabel 9. Data Uji Kadar Abu Bahan	49
Tabel 10. Data Uji <i>Anova</i> Kadar Abu Bahan.....	49
Tabel 11. Data Uji Kadar Volatil Bahan.....	49
Tabel 12. Data Uji <i>Anova</i> Kadar Volatil Bahan.....	50
Tabel 13. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Kadar Volatil Bahan.....	50
Tabel 14. Data Uji Nilai Kalori Bahan.....	50
Tabel 15. Data Uji Nilai GMD/FM Bahan.....	50
Tabel 16. Data Uji Nilai Fixed Carbon (FC) Bahan	51
Tabel 17. Data Uji Kadar Air Pelet (%).....	52
Tabel 18. Data Uji <i>Anova</i> Kadar Air Pelet.....	52

Tabel 19. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Kadar Air Pelet	53
Tabel 20. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Tekanan Kadar Air Pelet	53
Tabel 21. Data Uji <i>Anova</i> Massa Jenis Pelet.....	54
Tabel 22. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Massa Jenis Pelet	55
Tabel 23. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Tekanan Massa Jenis Pelet	55
Tabel 24. Data Uji Kekuatan Pelet.....	56
Tabel 25. Data Uji <i>Anova</i> Uji Kekuatan Pelet	56
Tabel 26. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Tekanan Uji Kekuatan Pelet	57
Tabel 27. Data Uji Daya Serap Air Pelet	57
Tabel 28. Data Uji <i>Anova</i> Uji Daya Serap Air Pelet	58
Tabel 29. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Interaksi Pelet	58
Tabel 30. Data Uji <i>Anova</i> Uji Warna L* Pelet	59
Tabel 31. Data Uji <i>Anova</i> Uji Daya Warna L* Pelet.....	59
Tabel 32. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Pelet.....	60
Tabel 33. Data Uji <i>Anova</i> Uji Warna a* Pelet.....	60
Tabel 34. Data Uji <i>Anova</i> Uji Daya Warna a* Pelet	61
Tabel 35. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Pelet.....	61
Tabel 36. Data Uji <i>Anova</i> Uji Warna b* Pelet.....	62
Tabel 37. Data Uji <i>Anova</i> Uji Daya Warna b* Pelet	62
Tabel 38. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Pelet.....	63
Tabel 39. Data Uji <i>Anova</i> Uji Warna ΔE Pelet.....	63
Tabel 40. Data Uji <i>Anova</i> Uji Daya Warna ΔE Pelet	64
Tabel 41. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Pelet.....	64
Tabel 42. Data Uji <i>Anova</i> Bulk Density Pelet	65
Tabel 43. Data Uji <i>Anova</i> Uji Daya Bulk Density Pelet	65

Tabel 44. Data Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan Jenis Daun Pelet.....	66
--	----

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi global yang semakin meningkat serta kesadaran terhadap dampak lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil telah mendorong pencarian sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Salah satu sumber energi yang mulai dilirik adalah biomassa, yaitu bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Biomassa memiliki keunggulan karena merupakan sumber energi terbarukan dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca jika dikelola dengan baik. Pemanfaatan limbah daun sebagai bahan bakar biomassa menjadi salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan lingkungan, khususnya penumpukan limbah organik yang sering kali tidak termanfaatkan dengan optimal (Berlianto and Wijaya, 2022).

Ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil telah menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca dan pemanasan global. Sumber daya fosil yang tidak terbarukan juga memiliki keterbatasan dari segi ketersediaan, yang memicu peningkatan harga energi. Oleh karena itu, pencarian sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan menjadi salah satu solusi untuk menghadapi krisis energi global (Bansal, 2017).

Biomassa, yang mencakup bahan organik seperti kayu, tanaman, dan limbah pertanian, merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi besar. Biomassa dapat diolah menjadi bahan bakar padat, cair, maupun gas, dan salah satu bentuk yang umum digunakan adalah pelet biomassa. Pelet biomassa merupakan bahan bakar padat berbentuk silinder kecil yang dibuat dari bahan

organik dengan proses pemadatan. Penggunaan biomassa sebagai pelet memiliki beberapa keuntungan, seperti mengurangi penumpukan limbah organik, mengurangi emisi karbon, serta menyediakan sumber energi yang lebih bersih dan terbarukan. Indonesia, sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam, menghasilkan banyak sekali limbah organik, terutama dari sektor pertanian dan perkebunan. (Liu dkk., 2023), mengatakan salah satu limbah organik yang melimpah adalah daun. Setiap tahun, jumlah limbah daun dari berbagai jenis pohon sangat besar dan sering kali tidak dimanfaatkan dengan optimal. Padahal, daun-daun ini memiliki potensi untuk dijadikan sumber biomassa yang efektif. Sepuluh jenis daun, yaitu jati, mangga, kemiri sunan, mahoni, kebon, rambutan, nangka, kamboja, jambu, dan ketapang, dipilih dalam penelitian ini karena ketersediaannya yang melimpah serta karakteristik fisik dan kimia yang beragam.

Proses peletisasi menjadi salah satu metode yang umum digunakan untuk mengonversi biomassa menjadi bahan bakar yang lebih mudah ditangani dan dibakar. Pelet yang dihasilkan dari biomassa memiliki keunggulan dalam hal penyimpanan, pengangkutan, serta efisiensi pembakaran. Salah satu faktor penting dalam proses peletisasi adalah tekanan yang diberikan selama proses pembuatan pelet. Tekanan yang berbeda dapat menghasilkan pelet dengan karakteristik yang berbeda pula, seperti kepadatan, kekuatan mekanik, dan nilai kalor (Purwono dkk., 2024).

Tekanan dalam proses peletisasi memainkan peran penting dalam menentukan karakteristik fisik, kimia, dan mekanik pelet yang dihasilkan. (Liku & Iskandar, 2021), mengatakan densitas, kekuatan tekan, dan nilai kalor merupakan beberapa parameter penting yang dipengaruhi oleh tekanan. Selain itu, komposisi kimia dari biomassa, seperti kandungan lignin, selulosa, hemiselulosa, kadar air, dan abu, juga memengaruhi sifat-sifat pembakaran pelet. Setiap jenis daun yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan kimia yang berbeda, yang dapat mempengaruhi bagaimana tekanan memengaruhi pelet yang dihasilkan. Misalnya, bahan dengan kandungan lignin yang tinggi cenderung lebih mudah dipadatkan menjadi pelet karena lignin bertindak sebagai perekat alami.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi tekanan (2 ton, 2,5 ton, dan 3 ton) terhadap karakteristik bahan bakar pelet dari sampah daun?
2. Bagaimana pengaruh variasi jenis sampah daun terhadap karakteristik bahan bakar pellet sampah daun?
3. Apakah ada interaksi antara variasi tekanan dan variasi jenis daun terhadap karakteristik pelet sampah daun yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh variasi tekanan (2 ton, 2,5 ton, dan 3 ton) terhadap karakteristik bahan bakar pellet sampah daun
2. Mengetahui variasi jenis sampah daun terhadap karakteristik bahan bakar pelet
3. Mengetahui interaksi antara variasi tekanan dan variasi jenis daun terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan dan kemudian untuk menentukan kombinasi perlakuan terbaik dari variasi tekanan dan variasi jenis sampah daun terhadap karakteristik bahan bakar pelet.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi mengenai potensi berbagai jenis daun sebagai bahan baku pelet biomassa.
2. Menyediakan panduan teknis dalam memilih tekanan yang optimal untuk pembuatan pelet biomassa.
3. Mendukung pengembangan energi terbarukan berbasis biomassa dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
4. Membantu mengurangi volume sampah daun dengan cara memanfaatkannya sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

1.5 Hipotesis

Variasi tekanan, variasi jenis daun dan interaksi variasi tekanan dan jenis sampah daun, berpengaruh terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan.

1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini hanya menggunakan bahan dengan klasifikasi berdaun lebar .
2. Bahan dari 10 jenis daun ini di peroleh di lingkungan universitas lampung.
3. Penelitian ini hanya menggunakan pencetak pelet tunggal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Problematika Bahan Bakar Fosil

Penggunaan energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara telah menjadi sumber utama energi dunia selama beberapa dekade. Namun, keterbatasan cadangan energi fosil serta meningkatnya konsumsi global telah menyebabkan krisis energi dan ketergantungan yang berlebihan pada sumber daya yang tidak terbarukan. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), yang berkontribusi signifikan terhadap pemanasan global dan perubahan iklim (Filonchyk dkk., 2024). Permasalahan ini menuntut solusi yang lebih berkelanjutan untuk masa depan energi global.

Salah satu solusi yang dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil adalah pengembangan energi terbarukan, termasuk biomassa. Biomassa, yang berasal dari bahan organik seperti limbah pertanian dan dedaunan, memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif karena dapat dihasilkan secara berkelanjutan dan bersifat karbon netral (Yana dkk., 2024). Penggunaan biomassa untuk bahan bakar pelet, misalnya, dapat mengurangi emisi gas rumah kaca serta memanfaatkan limbah yang melimpah, sehingga mendukung transisi menuju energi bersih. Hal ini menjadikan biomassa sebagai solusi penting dalam menghadapi krisis energi dan dampak lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil.

Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar alternatif juga membantu mengurangi dampak negatif lingkungan dari pembakaran energi fosil. Biomassa dianggap sebagai energi karbon netral karena CO_2 yang dilepaskan selama pembakaran dapat diserap kembali oleh tanaman melalui fotosintesis, menciptakan siklus

karbon yang lebih seimbang dibandingkan energi fosil. Selain itu, biomassa memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dalam skala lokal dan global, mendukung pengurangan emisi dan memperkuat ketahanan energi dalam jangka panjang (Arham & Zaeni, t.t.).

2.2 Pelet Biomassa

Pelet biomassa adalah bahan bakar padat berbentuk silinder kecil yang dihasilkan dari kompresi biomassa dengan tekanan tinggi dapat dilihat pada Gambar 1. Pelet digunakan sebagai bahan bakar pengganti batubara dalam pembangkit listrik atau sebagai bahan bakar pemanas di rumah tangga. Proses peletisasi dilakukan dengan cara memadatkan bahan organik (biomassa) menjadi bentuk yang lebih kompak sehingga lebih mudah diangkut, disimpan, dan dibakar dengan efisiensi tinggi (Mahardika, t.t.).



Gambar 1. Pelet Biomassa

Proses pembuatan pelet biomassa tidak hanya meningkatkan densitas dan nilai kalor biomassa, tetapi juga mengurangi kelembapan dan memperbaiki karakteristik pembakaran, seperti rendahnya emisi gas berbahaya dan abu. (Primadanty, 2024), mengemukakan bahwa penggunaan pelet biomassa sangat relevan dalam konteks pencarian energi terbarukan yang ramah lingkungan dan hemat sumber daya. Pelet dari limbah daun juga dianggap sebagai solusi untuk masalah limbah organik di perkotaan dan wilayah agraris.

Tekanan dalam proses peletisasi sangat memengaruhi kualitas pelet, termasuk kekuatan tekan, densitas, dan kadar airnya. Dengan tekanan yang lebih tinggi, pelet yang dihasilkan lebih padat dan memiliki nilai kalor yang lebih tinggi, karena volume udara di antara partikel-partikel biomassa berkurang (Agusta, t.t.).

2.3 Potensi Daun Sebagai Bahan Bakar Biomassa

Daun sebagai limbah organik memiliki potensi yang signifikan sebagai bahan bakar biomassa untuk pelet karena kandungan kimia dan struktur fisiknya. Daun mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang merupakan komponen penting dalam menghasilkan energi melalui pembakaran. Selulosa dan hemiselulosa memberikan energi, sementara lignin berfungsi sebagai perekat alami yang memperkuat struktur pelet saat ditekan (Börcsök & Pásztor, 2021) . Kandungan kimia ini menjadikan daun alternatif yang dapat diandalkan untuk bahan bakar terbarukan.

Selain kandungan kimia, kadar air dan abu dalam daun juga mempengaruhi kualitas pelet yang dihasilkan. Daun dengan kadar air rendah (di bawah 15%) menghasilkan pelet dengan daya bakar yang lebih baik dan kestabilan mekanik yang lebih tinggi. Selain itu, kadar abu dalam daun perlu diperhatikan karena kandungan abu yang tinggi dapat meningkatkan residu pembakaran dan menurunkan efisiensi energi (Stelte dkk., 2011). Oleh karena itu, pengolahan limbah daun sebagai bahan bakar memerlukan pengaturan kadar air yang tepat.

Ukuran partikel daun yang dihancurkan juga sangat memengaruhi kualitas pelet. Penelitian menunjukkan bahwa partikel daun yang lebih kecil (mesh 70-100) menghasilkan pelet yang lebih padat dan kuat. Ukuran partikel yang lebih halus memungkinkan distribusi panas yang lebih merata selama proses peletisasi dan pembakaran, meningkatkan efisiensi energi. Sebaliknya, partikel yang terlalu besar dapat mengurangi ikatan antar partikel dan menyebabkan pelet yang rapuh dan mudah pecah (Mani dkk., 2006).

Pemanfaatan daun sebagai bahan bakar biomassa juga mendukung upaya pengurangan emisi gas rumah kaca dan pengelolaan limbah organik. Dengan menggunakan limbah daun sebagai bahan bakar terbarukan, kita dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta memanfaatkan sumber daya yang melimpah. Biomassa dari daun memiliki potensi besar dalam mendukung transisi energi bersih dan meningkatkan keberlanjutan energi.

2.4 Keunggulan Pelet

Pelet biomassa yang dihasilkan dari sampah daun memiliki sejumlah keunggulan dalam mengatasi krisis energi. Salah satunya adalah pemanfaatan limbah organik yang melimpah, khususnya di wilayah tropis seperti Indonesia, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Limbah daun, yang sebelumnya hanya dianggap sebagai sampah, dapat diolah menjadi sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Biomassa dari daun tidak hanya mengurangi masalah limbah, tetapi juga mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang semakin menipis (Adnan Zufar Haqiqi, 2024).

Selain itu, pelet biomassa dari sampah daun memiliki kandungan energi yang kompetitif. Meskipun densitas energinya sedikit lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil, biomassa dapat diproduksi secara lokal dan berkelanjutan, membuatnya lebih mudah diakses. Pengolahan limbah daun menjadi pelet dapat menghasilkan energi dengan emisi karbon yang lebih rendah, mendukung transisi menuju energi bersih dan mengurangi dampak negatif perubahan iklim (M. Brunner dkk., 2021).

Keunggulan lain dari pelet biomassa daun adalah sifatnya yang karbon netral. Selama proses pembakaran, CO₂ yang dilepaskan sama dengan jumlah CO₂ yang diserap oleh tanaman selama proses fotosintesis. Ini membuat biomassa menjadi sumber energi yang jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil, yang melepaskan karbon dari cadangan yang telah tersimpan jutaan tahun di dalam bumi (Hasna dkk., 2019). Hal ini menjadikan biomassa sebagai solusi ideal dalam pengurangan emisi gas rumah kaca.

Dari segi ketersediaan, daun sebagai bahan baku pelet biomassa juga lebih mudah diperoleh dibandingkan sumber energi lainnya. Limbah daun yang dihasilkan dari sektor pertanian dan perkotaan sangat melimpah dan sering kali tidak dimanfaatkan dengan baik. Proses konversi limbah daun menjadi pelet tidak hanya mengurangi volume sampah organik, tetapi juga memberikan nilai tambah ekonomi bagi masyarakat lokal dengan menciptakan peluang usaha dalam industri energi terbarukan (Pradana & Yuniarto, 2023).

Dengan demikian, pelet biomassa dari sampah daun menawarkan solusi yang efektif dan ramah lingkungan dalam menghadapi krisis energi. Selain mengurangi emisi karbon, pelet ini juga berperan dalam pengelolaan limbah organik dan mendukung diversifikasi energi, yang sangat penting bagi keberlanjutan energi di masa depan.

2.5 Faktor-Faktor Dalam Proses Densifikasi atau Peletisasi

Tekanan adalah faktor krusial dalam proses peletisasi biomassa, karena tekanan yang tinggi dapat meningkatkan kepadatan dan kekuatan mekanik pelet. Proses ini memampatkan partikel biomassa sehingga terbentuk ikatan antar partikel yang lebih kuat, yang kemudian menghasilkan pelet dengan stabilitas fisik yang baik. Penelitian menunjukkan bahwa tekanan optimal pada peletisasi berkisar antara 2-10 ton tergantung pada bahan yang digunakan (Stelte dkk., 2011). Tekanan yang terlalu rendah akan menghasilkan pelet yang rapuh, sedangkan tekanan yang terlalu tinggi bisa menyebabkan pelet pecah atau terdeformasi.

Suhu juga memainkan peran penting dalam peletisasi biomassa karena dapat mempengaruhi kemampuan bahan untuk membentuk ikatan antar partikel. Suhu yang meningkat dapat menyebabkan lignin dalam biomassa menjadi lunak dan bertindak sebagai perekat alami, memperkuat pelet yang dihasilkan. Suhu optimal dalam proses peletisasi berkisar antara 70-120°C, tergantung jenis biomassa yang digunakan. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi bahan, sementara suhu yang terlalu rendah akan menghasilkan pelet yang kurang padat (A. Anukam dkk., 2021).

Residence time atau waktu tunggu saat pelet ditekan adalah durasi waktu biomassa berada di dalam cetakan selama proses pemadatan. Semakin lama waktu tunggu, semakin banyak energi yang dialirkan untuk membentuk pelet yang lebih padat dan kokoh (Carone et al., 2011). Jika *residence time* terlalu singkat, pelet yang dihasilkan mungkin tidak memiliki kekuatan yang memadai, sementara waktu tunggu yang terlalu lama dapat meningkatkan biaya produksi tanpa memberikan keuntungan yang signifikan (Haryanto dkk., 2023).

Komposisi kimia biomassa daun sebagai bahan baku biomassa terdiri dari tiga komponen utama: lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Masing-masing komponen ini memiliki peran penting dalam menentukan karakteristik pelet yang dihasilkan.. Lignin adalah senyawa polimer kompleks yang memberikan kekuatan dan kekakuan pada dinding sel tumbuhan. Sebagai komponen yang tidak larut dalam air, lignin membantu meningkatkan daya tahan dan kekuatan mekanis pelet, serta memiliki sifat termal yang baik dalam pembakaran . Lignin juga bertindak sebagai perekat alami dalam proses peletisasi, yang membantu mempertahankan bentuk pelet pada tekanan tinggi . Selulosa merupakan polimer organik paling melimpah dalam daun dan merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan. Selulosa berperan dalam menyediakan energi selama proses pembakaran biomassa karena kandungan karbonnya yang tinggi. Semakin tinggi kandungan selulosa, semakin tinggi potensi biomassa tersebut untuk menghasilkan energi yang besar saat dibakar . Hemiselulosa adalah senyawa polisakarida yang lebih mudah terdegradasi dibandingkan selulosa. Kehadirannya berkontribusi pada sifat pembakaran biomassa dengan melepaskan volatil matter pada suhu yang lebih rendah. Kandungan hemiselulosa yang tinggi umumnya mempercepat proses pirolisis dan memberikan pembakaran yang lebih cepat (Shobib dkk., 2023).

Kadar air dalam biomassa harus dijaga pada tingkat yang ideal untuk memastikan kualitas pelet yang baik. Kadar air yang terlalu tinggi dapat menghambat proses peletisasi, menghasilkan pelet yang longgar dan mudah hancur. Sebaliknya, kadar air yang terlalu rendah dapat menyebabkan pelet retak selama proses pengeringan. Kandungan abu juga memengaruhi efisiensi pembakaran dan residu yang

dihasilkan, di mana kadar abu yang tinggi dapat menurunkan efisiensi energi (Yuli Lestari dkk., 2019).

Kandungan air dalam daun mempengaruhi efisiensi peletisasi dan kualitas pembakaran. Daun dengan kadar air yang tinggi cenderung menghasilkan pelet yang kurang padat dan memerlukan lebih banyak energi untuk dikeringkan. Kadar air yang tinggi juga mengurangi nilai kalor bahan bakar karena energi yang dilepaskan selama pembakaran sebagian besar digunakan untuk menguapkan air . Oleh karena itu, proses pengeringan yang efektif diperlukan sebelum peletisasi dimulai. Abu adalah sisa pembakaran yang tidak terbakar, dan kandungan abu yang tinggi dalam daun dapat menjadi indikator kurang efisiennya bahan bakar tersebut . Selain itu, abu dari pembakaran daun juga bisa mengandung unsur-unsur seperti silika, kalsium, magnesium, dan kalium, yang dapat mempengaruhi nilai kalor dan kualitas pembakaran . Oleh karena itu, daun dengan kadar abu yang rendah lebih diinginkan untuk dijadikan bahan bakar biomassa (Ariski, t.t.).

Ukuran partikel atau *mesh* dalam biomassa juga menjadi faktor penting dalam peletisasi. Partikel yang lebih kecil dan seragam (seperti pada mesh 70-100) cenderung menghasilkan pelet yang lebih padat dan kuat. Sebaliknya, partikel yang terlalu besar atau heterogen dapat mengurangi ikatan antar partikel, menghasilkan pelet yang kurang stabil secara mekanis (Mani et al., 2006). Penggunaan ukuran partikel yang tepat membantu menciptakan struktur pelet yang lebih homogen dan efisien untuk pembakaran (Damayanti dkk., 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-Desember 2024 di Laboratorium Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah hydraulic press 10 ton, pengering type hybrid, alat uji kekuatan (sieve shaker), timbangan digital, ayakan (mess 8, 16, 30, 50, 70, 100, dan panci), oven, tanur, pengukur density, colorimeter, jangka sorong. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepuluh jenis daun: (jati, mangga, kemiri sunan, mahoni, keben, rambutan, nangka, kamboja, jambu, dan ketapang).

3.3 Rancangan Percobaan

Metode pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun secara faktorial. Percobaan dilakukan dengan memberikan dua faktor yaitu 10 jenis daun dan 3 variasi tekanan. Setiap kombinasi dilakukan dalam 3 kali ulangan, sehingga menghasilkan 90 unit percobaan total.

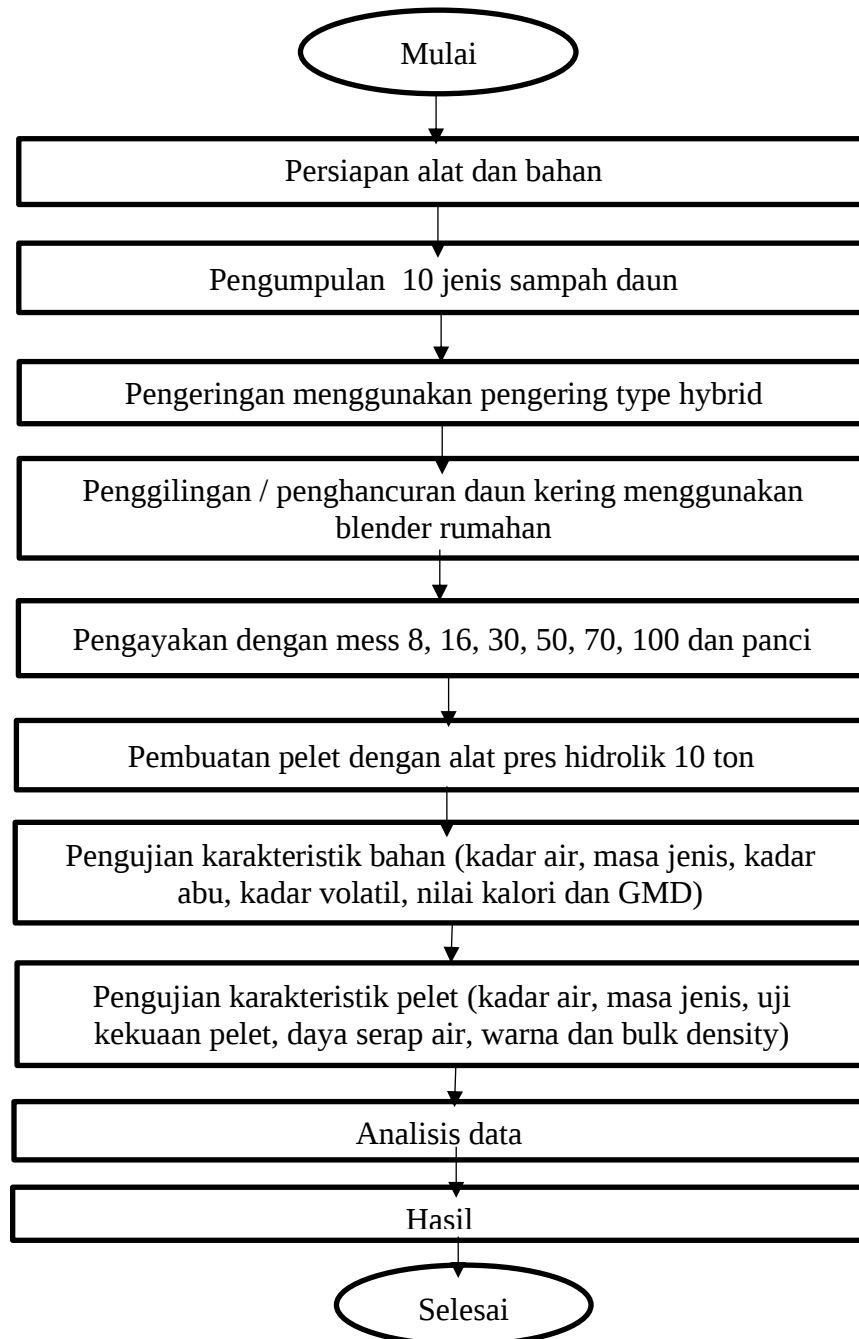
Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Jenis Daun dan Tekanan

Jenis Daun	P 2 ton	P 2.5 ton	P 3 ton
Nangka	J1P1U1	J1P2U1	J1P3U1
	J1P1U2	J1P2U2	J1P3U2
	J1P1U3	J1P2U3	J1P3U3
Keben	J2P1U1	J2P2U1	J2P3U1
	J2P1U2	J2P2U2	J2P3U2

Jenis Daun	P 2 ton	P 2.5 ton	P 3 ton
Ketapang	J2P1U3	J2P2U3	J2P3U3
	J3P1U1	J3P2U1	J3P3U1
	J3P1U2	J3P2U2	J3P3U2
Mahoni	J3P1U3	J3P2U3	J3P3U3
	J4P1U1	J4P2U1	J4P3U1
	J4P1U2	J4P2U2	J4P3U2
Rambutan	J4P1U3	J4P2U3	J4P3U3
	J5P1U1	J5P2U1	J5P3U1
	J5P1U2	J5P2U2	J5P3U2
Kemiri	J5P1U3	J5P2U3	J5P3U3
	J6P1U1	J6P2U1	J6P3U1
	J6P1U2	J6P2U2	J6P3U2
Kamboja	J6P1U3	J6P2U3	J6P3U3
	J7P1U1	J7P2U1	J7P3U1
	J7P1U2	J7P2U2	J7P3U2
Mangga	J7P1U3	J7P2U3	J7P3U3
	J8P1U1	J8P2U1	J8P3U1
	J8P1U2	J8P2U2	J8P3U2
Jati	J8P1U3	J8P2U3	J8P3U3
	J9P1U1	J9P2U1	J9P3U1
	J9P1U2	J9P2U2	J9P3U2
Jambu	J9P1U3	J9P2U3	J9P3U3
	J10P1U1	J10P2U1	J10P3U1
	J10P1U2	J10P2U2	J10P3U2
	J10P1U3	J10P2U3	J10P3U3

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Diagram alir secara ringkas disajikan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Kerja

Langkah-langkah penelitian dimulai dari pengumpulan 10 jenis sampah daun yaitu daun jati, mangga, kemiri sunan, mahoni, keben, rambutan, nangka, kamboja, jambu, dan ketapang. Setelah itu dilakukan pengeringan menggunakan

alat pengering *hybrid* tipe rak. Kemudian setelah pengeringan mencapai kadar air seragam dilakukan penggilingan hingga menjadi partikel halus. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik bahan (kadar air, masa jenis, kadar abu, kadar volatil, nilai kalori dan GMD) pada setiap jenis daun. Kemudian dilakukan pembuatan pelet dengan 3 variasi tekanan (2 ton, 2,5 ton, 3 ton). Setelah dilakukan pencetakan kemudian dilakukan pengujian karakteristik pelet (kadar air, masa jenis, uji kekuatan pelet, daya serap air, warna dan bulk density). Setelah itu dilakukan Analisis data dengan Anova dan Uji BNT. Pencetakan pelet dilakukan dengan menggunakan alat pres hidrolik 10 ton dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 adalah gambar pencetak peletnya.



Gambar 3. Alat Pres Hidrolik 10 Ton



Gambar 4. Pencetak Pelet

3.5 Parameter Pengamatan

3.5.1 Parameter pengamatan karakteristik bahan yaitu:

1. Kadar Air (Moisture Content)

Dilakukan menggunakan oven dengan suhu 105°C, pengulangan 3 kali pada setiap perlakuan. Parameter ini di ukur untuk kadar air bahan sebelum proses peletisasi.

$$\text{Kadar Air \%} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat Setelah Pengeringan}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \dots (1)$$

2. Massa Jenis (Density)

Pengukuran dilakukan dengan menghitung volume bahan dengan tabung pengukur untuk menentukan volume bahan dan timbangan untuk menentukan berat atau massa bahan. Pengukuran dilakukan pada bahan sebelum proses peletisasi dan pelet.

$$\text{Massa Jenis} = \frac{\text{Massa Sampel}}{\text{Volume Sampel}} \dots (2)$$

3. Kadar Abu (Ash Content) bahan

Kadar abu di ukur menggunakan tannur dengan suhu 550°C selama 2 jam dengan pengulangan 3 kali pada setiap perlakuan. Pengukuran dilakukan pada sampel bahan sebelum proses peletisasi.

$$Kadar Abu \% = \frac{Berat Abu}{Berat Sampel Awal} \times 100 \dots (3)$$

4. Kadar Volatil (Volatile Matter)

Zat volatil adalah komponen yang mudah menguap saat pemanasan. Kadar Volatil diukur menggunakan tanur dengan suhu 950°C selama 7 menit dengan pengulangan 3 kali. Pengukuran dilakukan pada sampel bahan sebelum proses peletisasi.

$$Kadar Volatil \% = \frac{Berat Bahan Sebelum dan Sesudah Pemanasan}{Berat Awal} \times 100 \dots (4)$$

5. Nilai Kalori (Calorific Value)

Menunjukkan jumlah energi yang dilepaskan saat pembakaran sempurna. Diukur dengan bom kalorimeter. Pengukuran dilakukan pada sampel bahan sebelum proses peletisasi.

$$Nilai Kalori \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{Energi Yang Dihasilkan}{Berat Sampel} \dots (5)$$

6. GMD (Geometric Mean Diameter) / FM (Fineness Modulus)

Modulus kehalusan, mengukur distribusi ukuran partikel. Pengamatan dilakukan dengan menghitung banyaknya bahan yang tersaring pada setiap ukuran mesh dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada masing-masing jenis daun.

$$FM = \frac{Jumlah Retensi Pada Saringan Tiap Ukuran Mesh}{Total Berat Sampel} \dots (6)$$

3.5.2 Parameter pengamatan karakteristik pelet yaitu:

1. Kadar Air (Moisture Content)

Dilakukan menggunakan oven dengan suhu 105°C, pengulangan 3 kali pada setiap perlakuan. Parameter ini diukur untuk kadar air pelet setelah proses peletisasi.

$$Kadar Air \% = \frac{Berat awal - Berat Setelah Pengeringan}{Berat Awal} \times 100 \dots (7)$$

2. Massa Jenis (Density)

Pengukuran dilakukan dengan menghitung volume pelet dengan menghitung Diameter dan Tinggi Pelet menggunakan jangka sorong. Pengukuran dilakukan pada bahan sebelum proses peletisasi dan pelet.

$$\text{Massa Jenis} = \frac{\text{Massa Sampel}}{\text{Volume Sampel}} \dots\dots (8)$$

3. Uji Ketahanan Pelet Terhadap Getaran

Mengukur ketahanan pelet terhadap getaran menggunakan alat sieve shaker selama 5 menit, dengan pengulangan 3 kali setiap perlakuan. Pengukuran dilakukan pada sampel pelet.

$$\text{Durabilitas (\%)} = \frac{\text{Massa Pelet Utuh Setelah Pengujian}}{\text{Massa Pelet Awal}} \times 100 \dots\dots (9)$$

4. Daya Serap Air (Water Absorption Capacity)

Pengukuran dilakukan dengan cara dibiarkan di udara terbuka dan dilakukan pengamatan pada hari ke 3, 5 dan 7.

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100 \dots\dots (10)$$

5. Warna

Diukur menggunakan alat colorimeter untuk mendapatkan nilai RGB atau Lab* sebagai indikator perubahan fisik dengan pengulangan 3 kali setiap perlakuan. Pengukuran dilakukan pada sampel pelet.

6. Bulk Density

Densitas curah, massa per unit volume termasuk ruang antar partikel.

Pengukuran dilakukan dengan pengulangan 3 kali setiap perlakuan.

Pengukuran dilakukan pada sampel pelet.

$$\text{Bulk Density} = \frac{\text{Massa Total}}{\text{Volume Total}} \dots\dots (11)$$

3.6 Analisis data

Data yang didapat dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf $\alpha=5\%$ dengan menggunakan bantuan program aplikasi microsoft excel.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah

1. Variasi tekanan (2 ton, 2,5 ton, dan 3 ton) berpengaruh nyata terhadap karakteristik bahan bakar pelet, yaitu kadar air pelet (semakin tinggi tekanan yang diberikan kadar air pelet semakin rendah), massa jenis (semakin tinggi tekanan yang diberikan massa jenis pelet semakin tinggi), uji kekuatan (semakin tinggi tekanan yang diberikan tingkat kekuatan pelet semakin tinggi).
2. Variasi jenis daun (nangka, keben, ketapang, mahoni, rambutan, kemiri, kamboja, mangga, jati, jambu) berpengaruh nyata terhadap karakteristik bahan bakar pelet, yaitu kadar air pelet (nilai kadar air tertinggi jenis daun rambutan dan terendah pada jenis daun kamboja), massa jenis (nilai massa jenis tertinggi jenis daun mangga dan terendah pada jenis daun keben), warna L^* (nilai warna L^* tertinggi jenis daun jati dan terendah pada jenis daun kamboja), warna a^* (nilai warna a^* tertinggi jenis daun nangka dan terendah pada jenis daun kamboja), warna b^* (nilai warna b^* tertinggi jenis daun jambu dan terendah pada jenis daun kamboja), warna ΔE (nilai warna ΔE tertinggi jenis daun jati dan terendah pada jenis daun kamboja)
3. Interaksi tekanan dan jenis daun terjadi pada pengujian bulk density (interaksi tertinggi pada jenis daun mangga dengan tekanan 3 ton), dan daya serap air (interaksi tertinggi pada jenis jambu mangga dengan tekanan 2 ton).
4. Kombinasi pelet dengan standar terbaik pada karakteristik massa jenis yang sesuai dengan standar nasional indonesia (SNI) nomor SNI 8021:2014 adalah jenis daun keben, jambu, nangka, rambutan, kamboja, mahoni dan ketapang dengan massa jenis 0,6-0,8 Kg/L. Nilai kalori yang sesuai dengan standar

nasional indonesia (SNI) nomor SNI 8021:2014 adalah jenis daun keben, mahoni, rambutan dan kamboja dengan nilai kalor di atas 16,5 MJ/kg.

5.2 Saran

Saran berdasarkan penelitian ini untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan peningkatan nilai kalori pada bahan sebelum proses peletisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, B. (t.t.). Analisis Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Kulit Kopi Dan Buah Pinus Dengan Menggunakan Getah Pinus Sebagai Perekat.
- Anukam, A., Berghel, J., Henrikson, G., Frodeson, S., & Ståhl, M. (2021). A review of the mechanism of bonding in densified biomass pellets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111249. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111249>
- Anukam, A. I., Berghel, J., Frodeson, S., Famewo, E. B., & Nyamukamba, P. (2019). Characterization of Pure and Blended Pellets Made from Norway Spruce and Pea Starch: A Comparative Study of Bonding Mechanism Relevant to Quality. *Energies*, 12(23), 4415. <https://doi.org/10.3390/en12234415>
- Arham, Z., & Zaeni, A. (t.t.). Limbah Tanaman, Tekstil & Lingkungan.
- Ariski, M. A. (t.t.). Uji Karakteristik Briket Berbahan Baku Tempurung Kelapa Dengan Perekat Tepung Kanji Berdasarkan Dimensi dan Berat.
- Bansal, R. (Ed.). (2017). *Handbook of Distributed Generation*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51343-0>
- Berlianto and Wijaya. (2022). Pengaruh transisi konsumsi energi fosil menuju energi baru terbarukan terhadap produk domestik bruto di Indonesia. *e-Jurnal Perspektif Ekonomi dan Pembangunan Daerah*, 11(2), 105–112. <https://doi.org/10.22437/pdpd.v11i2.17944>
- Börcsök, Z., & Pásztor, Z. (2021). The role of lignin in wood working processes using elevated temperatures: An abbreviated literature survey. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79(3), 511–526. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01637-3>
- 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>
- Filonchik, M., Peterson, M. P., Zhang, L., Hurynovich, V., & He, Y. (2024). Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, and N₂O. *Science of The Total Environment*, 935,

173359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173359>

- Firdhaus, A., & Yuniarto, B. (2023). Analisis Karakteristik Pelet Biomassa Berbahan Dasar Kayu Dengan Campuran Zat Perekat Anorganik. 11(2).
- Haqiqi, A. Z. (2024). Penggunaan Biomassa sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Wilayah Pedesaan. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation*, 1(1), 42–51. <https://doi.org/10.54378/joseon.v1i1.6766>
- Haryanto, A., Waluyo, S., Utami, A. P., & Triyono, S. (2023). Pengaruh Gaya Tekan Dan Waktu Penekanan Terhadap Karakteristik Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 11(1), 89–101. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i1.447>
- Hasna, A. H., Sutapa, J. P. G., & Irawati, D. (2019). Pengaruh Ukuran Serbuk dan Penambahan Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Pelet Kayu Sengon. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 13(2), 170. <https://doi.org/10.22146/jik.52428>
- Iskandar, T., & Rofiatin, U. (2017). Karakteristik Biochar Berdasarkan Jenis Biomassa Dan Parameter Proses Pyrolysis. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1). <https://doi.org/10.33005/tekkim.v12i1.843>
- Kasrun, A. W., Anggono, W., & Sutrisno, T. (2018). Karakteristik Pembakaran Briket Dari Limbah Daun Pohon Bintaro. 16(2).
- Kusuma, H. D., Kurnia, I., & Saputra, A. (2024). Pengaruh Suhu Terhadap Ekstraksi Lignin Dari Batang Pohon Kelapa Sawit Menggunakan Metode Organosolv. 05.
- Liku, E. H., & Iskandar, N. (2021). Pengaruh Komposisi Binder Tanah Liat Terhadap Kekuatan Pelet Katalis Zeolit Alam. 9(2).
- Liu, D., Teng, D., Zhu, Y., Wang, X., & Wang, H. (2023). Optimization of Process Parameters for Pellet Production from Corn Stalk Rinds Using Box–Behnken Design. *Energies*, 16(12), 4796. <https://doi.org/10.3390/en16124796>
- M. Brunner, I. M. I., Norhidayat, A., & M. Brunner, S. (2021). Pengolahan Sampah Organik dan Limbah Biomassa dengan Teknologi Olah Sampah di Sumbernya. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(3). <https://doi.org/10.32672/jse.v6i3.3120>
- Mahardika, A. P. (t.t.). Fakultas Pertanian Universitas Lampung Bandar Lampung 202.
- Mani, S., Tabil, L. G., & Sokhansanj, S. (2006). Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass and Bioenergy*, 30(7), 648–654. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.01.004>

- Muriyani, A., Wardenaar, E., & Indrayani, Y. (2023). Karakteristik Briket Arang Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L) Dan Serbuk Kayu Kaliandra (*Calliandra Calothyrsus*) Dengan Perekat Tepung Tapioka. *JURNAL HUTAN LESTARI*, 11(2), 469. <https://doi.org/10.26418/jhl.v11i2.55109>
- Nawawi, D. S., Carolina, A., Saskia, T., Darmawan, D., Gusvina, S. L., Wistara, N. J., Sari, R. K., & Syafii, W. (2013). Karakteristik Kimia Biomassa untuk Energi.
- Nurnasari, E., & Nurindah, N. (2018). Karakteristik Kimia Serat Buah, Serat Batang, dan Serat Daun. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 9(2), 64. <https://doi.org/10.21082/btsm.v9n2.2017.64-72>
- Pradana, T. A., & Yudianto, B. (2023). Analisis Karakteristik Biopellet Berbahan Dasar Limbah Pertanian Dan Perkebunan Dengan Campuran Zat Perekat Alami. 11(3).
- Primadanty, R. P. (2024). Potensi Biomassa Dalam Transisi Energi di Indonesia. *PARAHYANGAN ECONOMIC DEVELOPMENT REVIEW*, 2(2), 136–143. <https://doi.org/10.26593/pedr.v2i2.7707>
- Purnawarman, P., Nurchayati, N., & Padang, Y. A. (2015). Pengaruh Komposisi Briket Biomassa Kulit Kacang Tanah Dan Arang Tongkol Jagung Terhadap Karakteristik Briket. *Dinamika Teknik Mesin*, 5(2). <https://doi.org/10.29303/d.v5i2.38>
- Purwono, A. H., Suhartoyo, Kristiono, R., & Putra Pradhana, D. H. (2024). Pemanfaatan Limbah Biomassa Sebagai Bahan Bakar Ramah Lingkungan. *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article)*, 9(1), 42–46. <https://doi.org/10.36526/v-mac.v9i1.3638>
- Rahmat, S. (2021). Analisis Ketersediaan Unsur Hara Nitrogen (N) pada Tegakan kemiri (*Aleurites moluccana*) dan jati putih (*Gmelina arborea* Robx.) di Desa Sawaru, Kecamatan Camba, Kabupaten Maros. [Skripsi]. Universitas Hasanudin.
- Sarker, T. R., Borugadda, V. B., Meda, V., & Dalai, A. K. (2023). Optimization of pelletization process conditions and binder concentration for production of fuel pellets from oat hull and quality evaluation. *Biomass and Bioenergy*, 174, 106825. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106825>
- 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. 8.
- Simanjuntak, F. A., Wisnu, F. K., & Haryanto, A. (2022). Pengaruh Durasi Penekanan dan Ukuran Partikel terhadap Kualitas Pelet Serbuk Gergaji. 1(3).
- SNI Pelet Biomassa No.8675,2018. (t.t.).

- Stelte, W., Holm, J. K., Sanadi, A. R., Barsberg, S., Ahrenfeldt, J., & Henriksen, U. B. (2011). A study of bonding and failure mechanisms in fuel pellets from different biomass resources. *Biomass and Bioenergy*, 35(2), 910–918. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.11.003>
- Wijaya, A. (t.t.). Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
- Yana, S., Hamdiah, C., & Ikhbar, S. (2024). Dampak Lingkungan dan Keuntungan Finansial: Evaluasi Bio-Ekonomi dari Energi Terbarukan.
- Yuli Lestari, R., Gede Putra Prabawa, I. D., & Tri Cahyana, B. (2019). Pengaruh Kadar Air Terhadap Kualitas Pelet Kayu Dari Serbuk Gergajian Kayu Jabon Dan Ketapang. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 37(1), 1–12. <https://doi.org/10.20886/jphh.2019.37.1.1-12>