

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK GERGAJI SEBAGAI PEREKAT
ALAMI TERHADAP KARAKTERISTIK PELET AMPAS TEH**

(SKRIPSI)

Oleh

Bella Arsita

2114071012



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT
THE EFFECT OF ADDING SAWSUDDING AS A NATURAL ADHESIVE
ON THE CHARACTERISTICS OF TEA DESSERTS PELET

By
BELLA ARSITA

Biopellet is one of the innovative solutions to overcome environmental problems and develop alternative renewable energy sources. Tea dregs are one of the waste materials that have the potential to be used as biopellets because they can produce quite high energy during combustion. Sawdust is a raw material that is suitable as an additional natural adhesive in making tea dregs biopellets because sawdust contains natural lignin which functions as an adhesive to strengthen the bonds between tea dregs particles. This study aims to determine the effect of the type of tea dregs, the effect of variations in the level of sawdust addition and identify the combination of treatments that produce the best characteristics.

This study was arranged in Completely Random Design with two factors. The first factor was the variation of tea dregs types consisting of tea bag (T1), brewed tea (T2) and poured tea (T3). The second factor was a mixture of sawdust consisting of 5 levels : G0 (0%), G10 (10%), G20 (20%), G30 (30%), G40 (40%). Each treatment combination was carried out with three replications so that there were 45 experimental units. The parameters analyzed include water content, ash content, bulk and unit density, FM (fineness modulus), GMD (geometric mean diameter), calorific value, durability, colour (L^* , a^* , b^* and E^*) and hygroscopic. Data analysis was carried out using quantitative methods in descriptive form including tables, graphs, and bar charts. The data obtained used analysis of variance (ANOVA) which was then further tested for the Least Significant Difference at a level of 5% using excel.

The results showed that the effect of the type and addition of sawdust was significantly different in some characteristics such as water content, bulk and unit density, colour and hygroscopic. While in characteristics such as calorific value and durability were not significantly different. The best combination in producing biopellets from tea dregs was evaluated from the characteristics of particle density with the addition of 10% and 30% sawdust, because at these levels the biopellets have maximum density.

This research demonstrates that the characteristics of the raw materials, chemical composition, moisture content, ash content, and density play a crucial role in determining the quality of the resulting pellets. With the right raw materials and proper processing, tea dregs and sawdust can be converted into biopellets and used as a sustainable alternative fuel for households and small industries.

Keywords : Fuel, Bio-Pelet, Tea Dregs, Sawdust, Moisture Content.

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK GERGAJI SEBAGAI PEREKAT ALAMI TERHADAP KARAKTERISTIK PELET AMPAS TEH

Oleh

BELLA ARSITA

Biopellet merupakan salah satu solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan lingkungan dan mengembangkan sumber energi alternatif terbarukan. Ampas teh adalah salah satu bahan limbah yang berpotensi dijadikan biopellet karena mampu menghasilkan energi yang cukup tinggi pada saat pembakaran. Serbuk gergaji merupakan bahan baku yang cocok dijadikan sebagai bahan perekat alami tambahan dalam pembuatan biopellet ampas teh karena serbuk gergaji mengandung lignin alami yang berfungsi sebagai perekat untuk memperkuat ikatan antar partikel ampas teh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis ampas teh, pengaruh variasi tingkat penambahan serbuk gergaji dan mengidentifikasi kombinasi perlakuan yang menghasilkan karakteristik terbaik.

Penelitian disusun dalam satu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah variasi jenis ampas teh yang terdiri dari ampas teh celup (T1), teh tubruk (T2) dan teh siram (T3). Faktor kedua adalah campuran serbuki gergaji yang terdiri dari 5 level : G0 (0%), G10 (10%), G20 (20%), G30 (30%) G40 (40%). Setiap kombinasi perlakuan dilakukan dengan tiga kali ulangan sehingga terdapat 45 unit percobaan. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air , kadar abu, massa jenis curah dan satuan, FM (fineness modulus), GMD (geometric mean diameter), nilai kalori, durability, warna (L^* , a^* , b^* dan E^*) dan higroskopisitas. Analisis data dilakukan 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.

Hasil penelitian menunjukkan pengaruh jenis dan penambahan serbuk gergaji berbeda nyata pada sebagian karakteristik seperti kadar air, massa jenis curah dan satuan, warna dan higroskopis. sedangkan pada karakteristik seperti nilai kalori dan durability tidak berbeda nyata. Kombinasi terbaik dalam menghasilkan biopellet dari ampas teh terdapat pada karakteristik massa jenis satuan dengan penambahan serbuk gergaji 10% dan 30%, karena pada kadar tersebut biopellet memiliki kerapatan yang maksimal.

Penelitian ini memberikan informasi bahwa karakteristik bahan baku, komposisi kimia, kadar air, kadar abu, kerapatan (*density*) memiliki peran penting dalam menentukan kualitas pelet yang dihasilkan. Dengan pemilihan bahan baku yang baik dan pengolahan yang tepat, ampas teh dengan penambahan serbuk gergaji dapat dijadikan biopellet dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif berkelanjutan untuk skala rumah tangga maupun industri kecil.

Kata Kunci : Bahan Bakar, Biopellet, Ampas Teh, Serbuk Gergaji, Kadar Air.

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK GERGAJI SEBAGAI PEREKAT
ALAMI TERHADAP KARAKTERISTIK PELET AMPAS TEH.**

OLEH

BELLA ARSITA

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 Penambahan Serbuk Gergaji Sebagai
Perekat Alami Terhadap Karakteristik Pelet
Ampas Teh.**

Nama Mahasiswa

: **Bella Arsita**

Nomor Pokok Mahasiswa

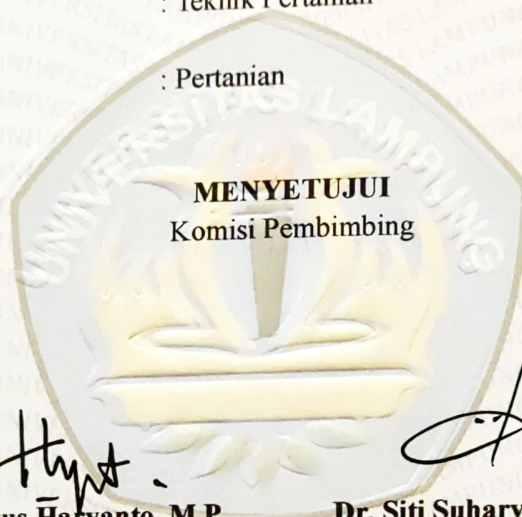
: 2114071012

Jurusan/PS

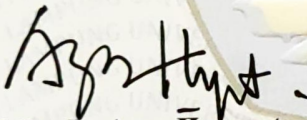
: Teknik Pertanian

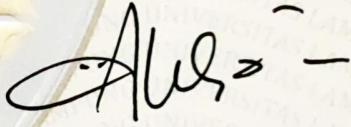
Fakultas

: Pertanian

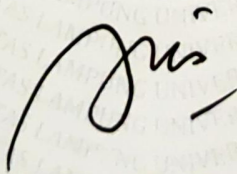


MENYETUJUI
Komisi Pembimbing


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


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

Ketua Jurusan Teknik Pertanian

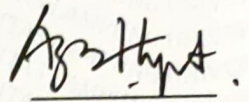

Dr. Ir. Warji, S. TP., M.Si., IPM.
NIP. 19780102200312100

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



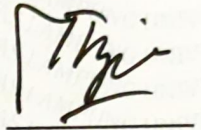
Sekretaris

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



Penguji
Bukan Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Juli 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Bella Arsita** NPM. 2114071012.

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, 01 Juli 2025
Yang membuat pernyataan



Bella Arsita
NPM. 2114071012

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada hari Rabu tanggal 19 Juli 2002 di Desa Menyancang, Kecamatan Karya Penggawa, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, putri dari pasangan Bapak Arwin Sepputra dan Ibu Desi Sumarni. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Aisyiah pada tahun 2008-2009, Sekolah Dasar (SD) Negeri Menyancang pada tahun 2009-2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Pesisir Tengah pada tahun 2015-2018 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Pesisir Tengah 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 dan menjabat sebagai Bendahara bidang PSDM PERMATEP pada priode 2023.

Pada tanggal 4 Januari 2024, Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2024 selama 40 hari di Desa Pasar Batang, Kecamatan Penawar Aji, Kabupaten Tulang Bawang. Pada tanggal 1 Juli 2024, Penulis juga telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Great Giant Pineapple Lampung Tengah, dengan Judul Praktik Umum “ **Mempelajari Teknik Budidaya Pada Buah Pisang Cavendish Di *Plantation Group 3* PT. Great Giant Pineapple Lampung Tengah**”.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan Syukur Penulis Panjatkan Kepada Allah SWT.

“Jika bukan karena Allah yang mampukan, aku mungkin sudah lama menyerah”.
(Q.S Al-Insyirah: 05-06)

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”.
(Q.S Ar-Ruum: 60)

Orangtua ku tercinta (Arwin Sepputra dan Desi Sumarni)

Terimakasih banyak kuucapkan kepada bapak dan ibu karena sudah mau merawat dan membesarkan aku dengan penuh kasih sayang, terimakasih karena selama ini tidak pernah lelah dan selalu mengusahakan untuk apapun yang aku mau dan aku butuhkan. Mungkin hadiah Sarjana ini belum cukup atau bahkan tidak akan pernah bisa membayar segala pengorbanan bapak dan ibu, tapi semoga kalian selalu bangga atas setiap pencapaian yang aku lakukan.

Serta

Adikku tersayang (Agung Aditama)

Terimakasih kuucapkan kepada adikku satu-satunya yang selalu memberikan semangat kepadaku, selalu menghiburku dikala sedih dan selalu menjadi adik yang kuat.

Motto

“God have perfect timing, never early, never late. It takes a little patience and it takes a lot of faith, but it’s a worth the wait”.

SANWACANA

Puji Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan nikmat yang sangat luar biasa , memberikan saya kekuatan serta Kesehatan sehingga saya bisa sampai di titik ini. Terimakasih ya Allah karena atas segala karunia serta kemudahan yang engkau berikan, akhirnya Skripsi ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Penulisan Skripsi yang berjudul “***PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK GERGAJI SEBAGAI PEREKAT ALAMI TERHADAP KARAKTERISTIK PELET AMPAS TEH***” ini akhirnya dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Universitas Lampung.

Dalam penulisan skripsi ini tentunya penulis sangat sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kurangnya karena ini merupakan salah satu pengalaman pertama bagi penulis. Namun terlepas dari itu semua, tentunya proses pengerjaan skripsi ini tidak lepas dari do’a, dukungan moral, semangat, serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui lembar sanwacana ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya 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 sekaligus 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. Kepada kedua orangtua ku bapak Arwin dan ibu Desi, dua orang yang sangat berharga dihidupku, dua orang yang sangat aku sayangi, yang selalu berusaha sekuat tenaga untuk anaknya ini bisa mengenyam perguruan tinggi. terimakasih atas setiap cucuran keringat dan kerja keras yang kalian keluarkan demi anakmu bisa sampai ditahap ini, terimakasih karena selama ini sudah mau berjuang dan tidak pernah mengenal lelah. terimakasih atas segala do'a , pengorbanan, motivasi, dan harapan yang selalu kalian berikan disetiap langkah anakmu ini. Terimakasih untuk kasih sayang yang tanpa batas dan tak pernah lekang oleh waktu, atas kesabaran serta pengorbanan yang tiada henti. Aku sangat sadar, berkat do'a dan dukungan dari kalian aku bisa menyelesaikan skripsi ini. Semoga bapak dan ibu Panjang umur, selalu diberi Kesehatan, dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
8. Untuk adikku tersayang, Agung Aditama. Terimakasih sudah menjadi adik yang baik, dan adik yang penyayang. Terimakasih karena sudah menjadi alasan ku untuk selalu kuat. Semoga kamu selalu Bahagia dan kelak bisa menjadi orang yang sukses.
9. Rekan seperjuanganku dalam penelitian ini, Triska Febiola Manik dan Mangihut Tua Harahap. Terimakasih karena sudah menjadi partner berjuang selama proses penelitian hingga penulisan skripsi ini. Terimakasih atas perjalanan dan tawa yang sudah kita lalui Bersama. Semoga perjalanan ini bukan akhir dari segalanya, semoga pertemanan ini bisa terus terjalin dengan baik sampai nanti, dan semoga kita menjadi orang yang sukses.
10. Kakak ku yang paling baik hati, Qisty Annisa Febryanti. Terimakasih sudah

mau menjadi seperti saudara meski tak sedarah, terimakasih karena selalu bersedia mendengar keluh kesahku selama kuliah, selalu menghiburku dikala sedih, dan memberikan motivasi agar aku bisa menyelesaikan skripsi ini. Semoga kakak sehat selalu dan jadi arsitek yang sukses.

11. Teman-teman mandarway ku bang aldi, maria, Shinta, dan naila. Terimakasih sudah mau menjadi teman sekaligus saudara selama dikosan, terimakasih karena selalu ada saat dibutuhkan, mau berbagi cerita, sedih dan tawa. Semoga sampai nanti kita tidak pernah saling melupakan, dan kelak kita semua bisa sukses di jalan nya masing-masing. I miss you guys!
12. My Cappres dewi, englang, lala, dan salsa. Terimakasih sudah mau jadi teman yang tulus selama perkuliahan ini, terimakasih sudah berusaha selalu ada saat aku butuhkan, sudah mau direpotkan dalam keadaan apapun. Sukses selalu guys.
13. Sahabat baikku, Vivi Monica Fransisca dan Yunika. Terimakasih karena meski jarak kita berjauhan tapi selalu berusaha memberi semangat, terimakasih karena sudah selalu ada dan selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga pertemanan ini bisa kekal sampai nanti.
14. Sepupu-sepupu kesayanganku, Gina Amalia dan Putri Damayanti. Terimakasih karena sudah menjadi saudara sekaligus teman yang saling menyayangi, terimakasih karena sudah selalu ada disaat sedih maupun senang, semoga nantinya kita bisa sukses di jalannya masing-masing.
15. Untuk kance-kance gila ku, Tiara Zatira, Rahmat Irfan Dary, Ilhamsyah, dan Bagas Fadillah. Terimakasih karena sudah menjadi teman yang asik, gila dan seru!, terimakasih sudah mau berbagi cerita, senang dan cape selama perkuliahan, sudah mau memberi semangat satu sama lain dan tidak pernah meninggalkan. Semoga pertemanan yang seru ini bisa awet sampai kita tua nanti.
16. Kepada seseorang yang tidak kalah penting kehadirannya, M. Faza Thafhan Amrullah. Terimakasih telah menjadi bagian dalam proses perjalanan penulis dalam menyusun skripsi. Terimakasih karena sudah kebersamaian di sela-sela akhir perjalanan menuju S.T ini, sudah mau berbagi kebahagiaan, serta menjadi rumah yang hangat untuk pulang. Semoga moment kebersamaan ini nantinya

bisa selalu dikenang, sampai kita bertemu sukses nya masing-masing.

17. Keluarga Teknik Pertanian 2021 yang telah membantu penulis dalam perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
18. and last but not least, diriku sendiri Bella Arsita. Terimakasih karena setiap harinya mati-matian meyakinkan diri kalau skripsi ini pasti akan selesai. Terimakasih karena sudah mau berjuang melawan ego, rasa malas dan rasa lelah yang tak berkesudahan. Meski jalanmu tak secepat yang lain, tapi percayalah kamu juga akan mencapai finish.

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

Bandar Lampung, 01 Juli 2025
Penulis

Bella Arsita

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Hipotesis Penelitian	4
1.6 Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Problem Konsumsi Energi	5
2.2 Sumber Energi Biomassa	6
2.3 Limbah Ampas Teh di Indonesia	7
2.4 Biopellet	9
2.5 Serbuk Gergaji Sebagai Perekat	10
2.6 Faktor Densifikasi	11
2.6.1 Faktor Bahan Baku	12
2.6.2 Faktor Proses	14
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16

3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	18
3.4.1 Persiapan Bahan.....	19
3.4.2 Pencampuran Bahan.....	19
3.4.3 Pencetakan Biopellet	19
3.4.4 Pengujian Karakteristik Biopellet Ampas Teh.....	21
3.4.4.1 Uji kadar Air	21
3.4.4.2 Uji kadar Abu	21
3.4.4.3 Uji Volatile Matter	22
3.4.4.4 Uji Massa Jenis.....	22
3.4.4.5 Fineness Modulus	23
3.4.4.6 Geometric Mean Diameter	23
3.4.4.7 Uji Nilai Kalor Bahan.....	24
3.4.4.8 Uji Warna Biopellet	24
3.4.4.9 Uji <i>Durability</i>	25
3.4.4.10 Fixed Carbon	25
3.4.4.11 Uji Higroskopisitas	26
3.5 Analisis Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Karakteristik Ampas Teh.....	27
4.1.1 Kadar Air Ampas Teh	28
4.1.2 Kadar Abu Ampas Teh.....	29
4.1.3 Massa Jenis Curah Ampas Teh.....	30
4.1.4 Nilai Kalori Ampas Teh.....	32
4.1.5 Fineness Modulus Ampas Teh	33
4.1.6 Geometric Mean Diameter Ampas Teh	35
4.1.7 Volatile Metter Ampas Teh	37
4.1.8 Fixed Carbon Ampas Teh	38
4.1.2 Karakteristik Bahan Serbuk Gergaji.....	39
4.2 Karakteristik Biopellet.....	41
4.2.1 Kadar Air Biopellet.....	42

4.2.2 Uji Getar (<i>Durability</i>).....	45
4.2.3 Nilai Kalori Biopellet	47
4.2.4 Massa jenis Curah Biopellet	50
4.2.5 Massa jenis Satuan Biopellet	53
4.2.6 Uji Warna Biopellet	56
4.2.6.1 Kecerahan (<i>Lightness</i>).....	56
4.2.6.2 Kroma Merah Hijau (<i>a*</i>)	59
4.2.6.3 Kroma Kuning Biru (<i>b*</i>)	62
4.2.6.4 Total Warna (<i>E</i>).....	64
4.2.7 Higroskopisitas (Daya Serap Air)	67
V. KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Ampas Teh	8
2. Biopellet.....	9
3. Serbuk Gergaji	11
4. Tiga Jenis Ampas Teh	17
5. Bagan Alir Pembuatan Biopellet.....	18
6. Krisbow Alat Press Hidrolik Bench Type 10 T.....	20
7. Sketsa Besi Silinder Cetakan Pelet	20
8. Diagram Kadar Air Ampas Teh.....	28
9. Diagram Kadar Abu Ampas Teh	30
10. Diagram Massa Jenis CurahAmpas Teh	31
11. Diagram Nilai Kalori Ampas Teh	33
12. Diagram Nilai Fineness Modulus Ampas Teh	34
13. Diagram Nilai Geometric Mean Diameter.....	35
14. Diagram Volatile Metter.....	37
15. Diagram Fixed Carbon.....	39
16. Grafik Higroskopisitas Biopellet Teh Celup	68
17. Grafik Higroskopisitas Biopellet Teh Tubruk	69
18. Grafik Higroskopisitas Biopellet Teh Siram	70
19. 3 Jenis Ampas Teh (Teh Celup, Teh Tubruk, Teh Siram).....	83
20. 3 Jenis Ampas Teh dan Serbuk Gergaji Sebelum Proses Kadar Air	83
21. 3 Jenis Ampas Teh dan Serbuk Gergaji Setelah Proses Kadar Air.....	83
22. 3 Jenis Ampas Teh dan Serbuk Gergaji Sebelum & Setelah Kadar Abu	84

23. 3 Jenis Ampas Teh dan Serbuk Gergaji Sebelum & Sesudah Volatile Metter	84
24. Bentuk Fisik Biopellet Teh Celup Ulangan 1,2,3 (dengan 0%,10%,20%,30%,40% Serbuk Gergaji)	84
25. Bentuk Fisik Biopellet Teh Tubruk Ulangan 1,2,3 (dengan 0%,10%,20%,30%,40% Serbuk Gergaji)	85
26. Bentuk Fisik Biopellet Teh Siram Ulangan 1,2,3 (dengan 0%,10%,20%,30%,40% Serbuk Gergaji)	85
27. Proses Higroskopis Biopellet.....	85
28. Proses Uji Warna Biopellet	86
29. Proses Uji Nilai Kalori Bahan (Ampas Teh dan Serbuk Gergaji).....	86
30. Proses Uji Massa Jenis Bahan (Ampas Teh dan Serbuk Gergaji).....	86
31. Proses Penggabungan Bahan Ampas Teh dan Serbuk Gergaji	87
32. Proses Mixing Bahan Ampas Teh dan Serbuk Gergaji	87
33 Hasil Proses Pencampuran Ampas Teh dan Serbuk Gergaji	87
34. Proses Pencetakan Biopellet Ampas Teh Dengan Penambahan Serbuk Gergaji (10%,20%,30%,40%)	88
35. Biopellet Hasil Dari Pencetakan	88
36. Proses Uji Massa Jenis Satuan Biopellet	89
37. Proses Pengujian Kadar Air Biopellet.....	89
38. Proses Uji Massa Jenis Curah Biopellet	89
39. Proses Uji Getar Biopellet.....	90
40. Data Nilai Kalori Bahan Ampas Teh Celup	91
41. Data Nilai Kalori Bahan Ampas Teh Tubruk	92
42. Data Nilai Kalori Bahan Ampas Teh Siram	93
43. Data Nilai Kalori Bahan Serbuk Gergaji	94

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Standar Kualitas Biopellet Berdasarkan SNI 8675:2018	10
2. Kombinasi Perlakuan Jenis Ampas Teh dan Rasio Campuran Serbuk Gergaji.....	17
3. Karakteristik Bahan Biopellet Ampas Teh.....	27
4. Hasil Uji ANOVA Kadar Air Ampas Teh.....	28
5. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Kadar Air Ampas Teh.....	29
6. Hasil Uji ANOVA Kadar Abu Ampas Teh	30
7. Hasil Uji ANOVA Massa Jenis Curah Ampas Teh.....	31
8. Hasil Uji Beda Nyata Tekecil (BNT) Massa Jenis Curah Ampas Teh	32
9. Hasil Uji ANOVA Nilai Fineness Modulus Ampas Teh	34
10. Hasil Uji ANOVA Nilai Geometric Mean Diameter Ampas Teh.....	36
11. Hasil Uji ANOVA Nilai Volatile Matter Ampas Teh.....	38
12. Karakteristik Bahan Serbuk Gergaji	40
13. Tabel dua arah Kadar Air Biopellet.....	42
14. Hasil Uji ANOVA Kadar Air Biopellet	44
15. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Kadar Air Biopellet	44
16. Tabel dua arah Uji Getar (<i>Durability</i>) Biopellet	46
17. Hasil Uji ANOVA Uji Getar (<i>Durability</i>) Biopellet.....	47
18. Tabel dua arah Nilai Kalori Biopellet	48
19. Hasil Uji ANOVA Nilai Kalori Biopellet.....	49
20. Tabel dua arah Massa Jenis Curah Biopellet.....	50
21. Hasil Uji ANOVA Massa Jenis Curah Biopellet	51
22. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Massa Jenis Curah Biopellet	52

23. Tabel dua arah Massa Jenis Satuan Biopellet.....	54
24. Hasil Uji ANOVA Massa Jenis Satuan Biopellet.....	54
25. Hasil Uji BNT Pengaruh (Penambahan Serbuk Gergaji) Massa Jenis Satuan Biopellet	55
26. Tabel dua arah Kecerahan (Lightness) Biopellet Ampas Teh	57
27. Hasil Uji ANOVA Kecerahan (Lightness) Biopellet Ampas Teh.....	57
28. Hasil Uji BNT Kecerahan (Lightness) Biopellet Ampas Teh	58
29. Tabel dua arah Kroma Merah Hijau (a*) Biopellet Ampas Teh.....	59
30. Hasil Uji ANOVA Kroma Merah hijau (a*) Biopellet Ampas Teh	60
31. Hasil Uji BNT Pengaruh Jenis Teh (Sampel) Kroma Merah Hijau (a*) Biopellet Ampas Teh.....	61
32. Tabel dua arah Kroma Kuning Biru (b*) Biopellet Ampas Teh.....	62
33. Hasil Uji ANOVA Kroma Kuning Biru (b*) Biopellet Ampas Teh	63
34. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Kroma Kuning Biru (b*) Biopellet Ampas Teh	64
35. Tabel dua arah Total Warna E Biopellet Ampas Teh.....	65
36. Hasil Uji ANOVA Total Warna E Biopellet Ampas Teh	66
37. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Total Warna E Biopellet Ampas Teh	67
38. Hasil Uji ANOVA Higroskopisitas (Daya Serap Air) Biopellet Ampas Teh	71
39. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Higroskopisitas Biopellet Ampas Teh	72

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, konsumsi energi masih didominasi oleh energi fosil seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara sedangkan energi baru dan terbarukan (EBT) masih bersifat alternatif. Menurut (Sugiyono, 2015) pada tahun 2012 pasokan energi primer di Indonesia masih di dominasi oleh sumber energi fosil seperti minyak, batubara, dan gas (20,6%), sedangkan pasokan dari EBT seperti tenaga air, panas bumi dan bahan bakar nabati masih rendah yaitu dibawah 5%. Penggunaan secara ketergantungan pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil juga membuat energi fosil semakin terbatas, contohnya dengan penggunaan minyak tanah dan bahan bakar gas. Oleh karena itu diperlukan energi alternatif lain, salah satunya dengan memanfaatkan energi alternatif yang berasal dari biomassa.

Biomassa merupakan bahan bakar ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk mengurangi pemanasan global. Biomassa masih memiliki kerapatan rendah, ukuran yang tidak seragam, kemudahan menyerap air (*higroskopis*) serta sulit dalam penanganan, penyimpanan, dan transportasi. Oleh karena itu diperlukan cara untuk mengatasinya yaitu dengan densifikasi. Densifikasi adalah teknik konversi biomassa menjadi bahan bakar salah satunya pelet, dengan tujuan meningkatkan density sehingga memudahkan dalam penanganan, penyimpanan dan transportasi karena memiliki ukuran yang seragam (Chusniyah *et al.*, 2022)

Salah satu limbah biomassa yang potensial sebagai bahan pembuatan pelet adalah ampas teh. Menurut (Anjarsari, 2022) konsumsi teh di pasar dalam negeri meningkat cukup signifikan sebesar 4% per tahun selama kurun waktu 2005-2018. Pada tahun 2018 konsumsi teh di Indonesia mencapai 105.000 ton, yang setara dengan 75% dari total produksi teh nasional, hal ini merupakan kontribusi yang cukup besar. Melalui peningkatan konsumsi yang konsisten terutama di dalam negeri seharusnya menjadi faktor pendorong untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas teh lokal. Menurut (Irfan *et al.*, 2023) . Produk teh yang dikonsumsi di Indonesia sangat beragam, seperti teh celup, teh tubruk, teh hijau dan teh hitam. Dari banyaknya masyarakat yang mengonsumsi teh tersebut menimbulkan adanya ampas teh yang berlebihan. Maka dari itu penting untuk memanfaatkan limbah teh.

Sudah banyak peneliti yang melakukan penelitian mengenai pemanfaatan dari berbagai jenis limbah ampas teh seperti pada penelitian (Imran, 2016) membahas tentang limbah ampas teh yang digunakan sebagai campuran media tanam karena ampas teh mengandung berbagai macam mineral seperti karbon organik, tembaga (Cu) 20 %, magnesium (Mg) 10 % dan kalsium (Ca) 13 % yang dapat menjadi sumber pupuk yang baik bagi tanaman. Penelitian lain seperti (Ariwidyanata *et al.*, 2019) juga menjelaskan bahwa limbah ampas teh bisa dijadikan sebagai bahan baku pembuatan pelet karena ampas teh mengandung serat kasar yang cukup tinggi terutama lignin yang mencapai 29%, selulosa, hemiselulosa dan karbon organik yang berpotensi menjadi energi terbarukan. Oleh karena itu, jenis produk teh yang berbeda-beda akan menghasilkan karakteristik ampas teh yang akan mempengaruhi kualitas pelet yang akan dihasilkan.

Pembuatan pelet dari bahan baku ampas teh masih kurang maksimal terutama dalam segi kekuatan, ketahanan dan lama pembakaran sehingga perlu dilakukan penambahan bahan tambahan seperti serbuk gergaji yang berfungsi sebagai perekat alami untuk meningkatkan kualitas pelet ampas teh. Serbuk gergaji merupakan limbah yang dihasilkan dari pemotongan kayu yang seringkali dibuang begitu saja. Serbuk gergaji dari proses pengolahan kayu memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam pembuatan biopellet dari ampas teh. Hal ini karena serbuk gergaji mengandung lignin yang lebih tinggi yang berfungsi sebagai perekat alami yang

dapat meningkatkan nilai kalor, kerapatan dan kekuatan pelet sehingga dapat menghasilkan karakteristik pelet yang optimal (Zuraida & Pratiwi, 2020). Beberapa penelitian sebelumnya juga telah menyatakan bahwa penambahan serbuk gergaji dapat meningkatkan mutu dari biopellet sebagai bahan bakar. Misalnya, sebuah studi oleh (Maharani *et al.*, 2022) menyatakan bahwa serbuk gergaji dapat ditambahkan sebagai perekat alami pada pembuatan pelet arang. Penelitian lain juga melaporkan bahwa semakin tinggi campuran serbuk gergaji kayu pinus dapat meningkatkan kekuatan pelet dari jerami gandum dan pelet jerami kanola (Stasiak *et al.*, 2017). Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji pengaruh penambahan serbuk gergaji dari kayu terhadap karakteristik fisik dan kimia dalam proses pembuatan pelet dari ampas teh. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang cara memaksimalkan potensi ampas teh sebagai bahan bakar terbarukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh jenis ampas teh terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi kadar penambahan serbuk gergaji terhadap karakteristik pelet ampas teh.

3. Untuk mengetahui pengaruh interaksi ampas teh dan penambahan serbuk gergaji terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan serta menentukan kombinasi perlakuan yang menghasilkan pelet dengan karakteristik terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan energi alternatif kepada masyarakat tentang pemanfaatan ampas teh 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

Hipotesis alternatif pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jenis ampas teh berpengaruh terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan?
2. Variasi kadar penambahan serbuk gergaji berpengaruh terhadap karakteristik pelet ampas teh?
3. Interaksi jenis ampas teh dan penambahan serbuk gergaji berpengaruh terhadap karakteristik pelet yang dihasilkan?

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jenis serbuk gergaji yang digunakan adalah serbuk gergaji campuran yang berasal dari panglong kayu.
2. Metode pembuatan pelet menggunakan cetakan pelet tunggal dengan satu kondisi tekanan yaitu 3 ton.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Problem konsumsi energi

Konsumsi energi merupakan bagian integral dan tidak dapat terpisahkan dalam pembangunan ekonomi suatu negara. Pertumbuhan penduduk, gaya hidup yang meningkat, perbaikan produksi, dan daya saing ekonomi merupakan beberapa alasan untuk permintaan energi yang tinggi. Pembakaran berlebihan bahan bakar fosil mengakibatkan karbon dioksida (CO_2) meningkat, yang mengarah ke efek lingkungan yang merugikan seperti pemanasan global (Silva *et al.*, 2018). Secara umum konsumsi energi mengalami kenaikan, sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pola hidup. Laju pertumbuhan konsumsi energi, termasuk biomassa mencapai 4,1% per tahun, lebih tinggi dari laju pertumbuhan konsumsi dunia yaitu 2,6%. Pertumbuhan konsumsi energi terjadi di seluruh sektor, yaitu meliputi sektor industri, rumah tangga, komersial, transportasi, dan sektor lainnya. Terdapat tiga sektor utama sebagai konsumsi energi terbesar, yaitu sektor industri yang mencapai 33%, disusul sektor rumah tangga sebesar 27% dan sektor transportasi sebesar 27% (Sadorsky, 2009).

Menurut studi (Sasana & Ghazali, 2017) Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi terbesar di kawasan Asia Tenggara dan urutan kelima di Asia Pasifik dalam konsumsi energi primer, setelah negara China, India, Jepang, dan Korea Selatan dengan konsumsi energi primer sebesar 185.5 MTOE (million tonnes of oil equivalent) pada tahun 2018. Konsumsi energi di Indonesia didominasi oleh konsumsi energi fosil. Sedangkan, sumber energi fosil ketersediaannya sangat terbatas. Penggunaan energi fosil secara terus-menerus akan mengakibatkan cadangan energi tersebut menipis. Sementara di sisi lain konsumsi energi terus mengalami peningkatan. Hal ini dapat menjadi ancaman bagi perkembangan

perekonomian Indonesia. Oleh karena itu, untuk mencapai ketahanan energi di masa mendatang maka di Indonesia perlu mengembangkan dan beralih ke konsumsi energi terbarukan agar keberlangsungan dan ketersediaan energinya akan dapat dipenuhi secara terus menerus. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang pembentukannya bukan berasal dari jasad organik tetapi adalah energi bersih yang tidak mencemari atau menambah polutan atmosfer. Energi ini dapat berasal dari air, hydrothermal, hydropower, geothermal, angin, matahari, sampah, biomass, biofuel, hingga gelombang laut.

Potensi energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan di Indonesia sangat besar. tetapi belum dikembangkan secara optimal. Namun selama tahun 2010-2018 konsumsi energi terbarukan di Indonesia cenderung mengalami dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan karena kesadaran masyarakat akan lingkungan semakin meningkat sehingga mengakibatkan masyarakat perlahan-lahan mulai beralih ke konsumsi energi terbarukan meskipun peningkatannya tidak begitu signifikan (Attiaoui *et al.*, 2017).

2.2 Sumber energi biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja, dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar) seperti biobriket maupun biopellet (Gianyar *et al.*, 2012) . Biomassa yang umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (renewable) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (sustainable) (Chusniyah *et al.*, 2022). Pemanfaatan biomassa sebagai bahan baku untuk proses produksi diharapkan dapat menekan biaya produksi dan mengurangi efek negatif dari penumpukan limbah terhadap lingkungan (Yudiartono *et al.*, 2018).

Biomassa sebagai sumber energi memiliki potensi yang sangat besar terutama di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi sangat melimpah, yaitu sebesar 146,7 juta ton per tahun. Sementara potensi biomassa yang berasal dari sampah untuk tahun 2020 diperkirakan sebanyak 53,7 juta ton. Energi biomassa yang berada di Indonesia kuantitasnya cukup melimpah namun penggunaannya belum optimal (Prasetyo *et al.*, 2023). Berbagai proses pengolahan sampah menjadi topik yang menarik untuk diteliti dan dikembangkan dengan lebih dalam, terutama untuk proses konversi sampah menjadi produk yang bernilai guna. Salah satunya adalah pengolahan sampah menjadi sumber energi alternatif, yang memiliki kemampuan untuk memenuhi kebutuhan energi skala rumahan.

Selain itu juga biomassa dapat diproses menjadi sumber energi alternatif dan memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan energi berbahan dasar fosil. Sifatnya yang dapat diperbarui, kandungan sulfur yang rendah, serta tidak bersifat polutif dalam penggunaannya, menjadikan biomassa layak dipertimbangkan sebagai sumber energi alternatif yang menjanjikan. Dengan demikian, saat ini biomassa telah menjadi sumber energi paling penting di setiap wilayah dunia karena memiliki potensi sebagai sumber energi dimasa mendatang (Liu *et al.*, 2023).

2.3 Limbah Ampas Teh di Indonesia

Ampas teh merupakan limbah organik yang berasal dari sisa teh yang sudah diseduh atau telah mengalami proses pelarutan dengan air, sehingga serat yang tertinggal lebih dominan berupa serat tidak terlarut. Ampas teh sering dibuang begitu saja tanpa diolah terlebih dahulu. Hampir 90% ampas teh banyak mengandung selulosa dengan kadar cukup tinggi, yaitu sekitar 33,54% dari berat keringnya. Oleh sebab itu, ampas teh banyak dimanfaatkan sebagai pupuk, pakan ternak, bahan kosmetik alami oleh masyarakat, karena bahannya yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan (Nurcahyani, 2005).



Gambar 1. Ampas Teh

Menurut (Bajpai & Jain, 2010), ampas teh memiliki kandungan holoselulosa sebesar 60.81%, selulosa sebesar 29.42%, lignin sebesar 36.94%, abu sebesar 4.53% dan protein sebesar 17%. Selain itu, ampas teh juga biasanya diberikan pada semua jenis tanaman. Misalnya, tanaman sayuran, tanaman hias, maupun pada tanaman obat-obatan, hal ini dikarenakan ampas teh mengandung Karbon Organik, Tembaga (Cu) 20%, Magnesium (Mg) 10% , Kalsium (Ca) 13%, senyawa polyphenol dan sejumlah vitamin B kompleks yang dimana kandungan tersebut dapat membantu pertumbuhan tanaman (Ningrum, 2010). Menurut (Hasibuan, 2022), ampas teh juga mengandung karbohidrat dan kaya akan unsur hara Kalium (K) yang berperan penting untuk pertumbuhan tanaman. Sebelum ditaburkan pada tanaman, ampas teh dapat dihaluskan terlebih dahulu untuk memecah daun sehingga nutrisi yang terkandung dapat keluar lebih cepat.

Saat ini limbah ampas teh sudah banyak dimanfaatkan atau dikelola menjadi suatu hal yang berguna dan bermanfaat misalnya bisa dijadikan sebagai pupuk organik bagi tanaman. Selain itu, menurut penelitian (Pamungkas, 2018) limbah ampas teh dapat dijadikan sebagai media tanam yang efektif untuk jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) karena mengandung mineral karbon organik, tembaga (Cu) 20%, Magnesium (Mg) 10% serta Kalsium (Ca) 13% yang sangat cocok dijadikan media pertumbuhan jamur tiram putih dengan pertumbuhan miselium tercepat.

Ampas teh yang digunakan diperoleh dari residua tau sisa teh yang sudah diseduh dalam pembuatan teh dan menjadi limbah rumah tangga.

2.4 Biopellet

Salah satu cara yang efektif untuk memanfaatkan ampas teh menjadi sumber bahan bakar adalah melalui proses densifikasi untuk menghasilkan biopellet. Biopellet (Gambar 2) merupakan salah satu bentuk bahan bakar padat yang terbuat dari biomassa dengan ukuran lebih kecil dari ukuran briket dan diproses menggunakan pengempaan pada suhu dan tekanan tinggi. Pemanfaatannya diantaranya sebagai bahan bakar boiler, bahan bakar kompor masak, dan telah banyak digunakan sebagai substitusi batu bara untuk bahan bakar penghangat ruangan pada perumahan (residential) (Wahyuni *et al.*, 2010). Melihat tingginya kebutuhan biopellet dunia, Indonesia memiliki peluang yang sangat besar untuk turut serta memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini juga didukung oleh tingginya sumber biomassa yang dimiliki oleh Indonesia, seperti dari limbah pertanian yang mencapai 50.000 MW. Penggunaan biopellet telah banyak berkembang seperti di Jerman dan Austria sebagai alternatif bahan bakar (Mani *et al.*, 2006).



Gambar 2. Biopellet

Kelebihan biopellet adalah sebagai bahan bakar densitas tinggi, mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam, mudah dalam penanganan, penyimpanan serta transportasi. Kualitas pelet diukur dari densitas, ketahanan, kadar abu, kadar air, nilai kalor, kadar karbon dan kadar zat terbang. Tabel 1 menunjukkan standar kualitas pelet di Indonesia sebagaimana ditetapkan dalam SNI 8675:2018 tentang pelet biomassa untuk energi.

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

Faktor utama yang sangat mempengaruhi ketahanan dan kekuatan pelet ialah kadar air, jenis bahan baku, ukuran partikel, penambahan perekat, kondisi pengempaan, alat densifikasi serta perlakuan setelah proses produksi.

2.5 Serbuk Gergaji Sebagai Perekat

Limbah serbuk gergaji kayu menimbulkan masalah dalam penanganannya, yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penanggulangannya perlu dipikirkan. Salah satu jalan yang dapat ditempuh adalah memanfaatkannya menjadi produk yang bernilai tambah dengan teknologi aplikatif dan kerakyatan, sehingga hasilnya mudah disosialisasikan kepada masyarakat (Nuhardin, 2018). Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan serbuk gergaji telah banyak dilakukan dan berprospek positif misalnya sebagai penambahan bahan dalam membuat briket ataupun biopellet.

Serbuk gergaji dapat dijadikan sebagai penambahan bahan yang membantu mengikat partikel-partikel lain dan perekat alami dalam proses pembuatan briket ataupun pelet biomassa. Penambahan serbuk gergaji dalam komposisi pembuatan

briket ataupun biopellet dapat meningkatkan daya rekat karena didalamnya terkandung senyawa utama penyusun sel kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan komposisi kira-kira 50% selulosa, 25% hemiselulosa, dan 25% lignin (Sari & Aminah, 2020). Sedangkan menurut (Sokanandi *et al.*, 2014), melaporkan bahwa komposisi kimia 10 jenis kayu kurang dikenal menunjukkan kadar selulosa berkisar antara 42,03–54,95%, lignin 22,66–35,20% dan kandungan hemiselulosa sebanyak 25% yang dimana dapat menimbulkan kekuatan dan daya rekat.



Gambar 3. Serbuk gergaji

2.6 Faktor Densifikasi

Faktor-faktor yang menentukan kualitas biopellet dapat dikelompokkan menjadi faktor yang berasal dari bahan baku dan faktor proses. Faktor bahan baku meliputi jenis bahan, ukuran partikel, kadar air dan komposisi kimia (lignin, selulosa dan hemiselulosa). Sedangkan untuk faktor proses meliputi tekanan, suhu, ukuran dan bentuk cetakan serta lama waktu pengepresan.

2.6.1 Faktor Bahan baku

1. Jenis Bahan

Dalam proses pembuatan suatu biopellet dari bahan biomassa, jenis bahan sangat mempengaruhi terhadap karakteristik pelet yang dibuat. Hal ini disebabkan oleh karena di dalam bahan dasar yang akan digunakan terdapat sifat fisik, kimia dan struktural yang dapat menentukan bagaimana pelet yang akan dihasilkan misalnya dari bentuk, kekuatan, daya tahan, daya simpan dan lama pembakarannya. Jenis bahan juga sangat mempengaruhi dalam menentukan sifat-sifat kimia suatu bahan, tekstur, ukuran partikel, kandungan kelembaban dan densitas bahan.

2. Ukuran dan Bentuk Partikel Bahan

Menurut (Saptoadi, 2006), Ketahanan benturan suatu pelet dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran dan bentuk partikel bahan, komposisi bahan, teknik pengolahan dan kadar bahan perekat. Ukuran dan bentuk partikel merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisik dan proses pembuatan pelet guna mendapatkan karakteristik pelet sesuai yang diinginkan. Ukuran dan bentuk partikel pada bahan baku biomassa juga sangat berpengaruh pada proses densifikasi. (Sarker *et al.*, 2023) menyatakan bahwa umumnya, ukuran partikel yang lebih kecil dapat menghasilkan pelet yang lebih kuat karena interaksi antar partikel yang lebih baik dibandingkan dengan partikel biomasa yang lebih besar karena tidak akan terhancurkan dengan baik sehingga dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada saat proses pengempaan pelet. ukuran partikel yang ideal berkisar antara 0,5 mm hingga 1 mm. Ukuran ini mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanik, densitas, dan efisiensi proses pencetakan. (Brunerová *et al.*, 2020) juga menjelaskan dalam artikelnya tentang bio-briket ampas kopi dan serbuk gergaji kayu dengan bahan yang memiliki bentuk dan ukuran partikel yang berbeda menyimpulkan bahwa kualitas mekanik bio-briket mencapai hasil lebih baik ketika campuran kedua bahannya memiliki kesamaan bentuk dan ukuran partikelnya. Jika memiliki perbedaan yang signifikan, maka partikel tidak dapat membentuk ikatan yang permanen dan kuat satu sama lain.

3. Kadar Air

Presentase kandungan kadar air pada suatu bahan baku biomassa merupakan faktor yang sangat penting dan juga berpengaruh terhadap proses pembuatan pelet. Menurut (Tumuluru *et al.*, 2010), secara umum, disimpulkan bahwa saat kadar air biomasa 8–10%, pelet akan mempunyai kadar air 6–8%. Pada kadar air demikian, pelet bersifat kuat dan bebas pecah atau retak serta proses pembuatan pelet akan berjalan lancar. Akan tetapi, bila kadar air kurang dari 8%, pelet akan bersifat lemah dan rapuh. Pada proses pembuatan pelet, air juga bertindak sebagai perekat dengan menguatkan ikatan pada pelet. Pada bahan baku biomasa, air membantu terjadinya ikatan dengan meningkatkan kekuatan partikel.

4. Komposisi Kimia (Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa)

Dalam proses pembuatan pelet, bahan baku sangat perlu diperhatikan salah satunya adalah komposisi kimia yang terkandung dalam bahan penyusun pelet tersebut. Dalam penelitian ini, peneliti akan membuat pelet yang menggunakan bahan dasar dari ampas teh dengan penambahan serbuk gergaji sebagai perekat alaminya. Dalam campuran ampas teh dan serbuk gergaji tersebut mengandung senyawa yaitu berupa lignin, selulosa dan hemiselulosa.

Lignin merupakan gabungan dari beberapa senyawa yang hubungannya erat satu sama lain, mengandung karbon, hydrogen, dan oksigen. Dalam ampas teh dan serbuk gergaji, Lignin memainkan peran penting untuk menjaga integritas struktural pelet selama proses pembuatan pelet. Hal tersebut dikarenakan salah satu faktor keberhasilan pencetakan pelet adalah bahan perekat alami yang terdapat di dalam bahan baku penyusunnya yaitu lignin.

Selulosa merupakan salah satu komponen utama dinding sel tumbuhan, terutama dinding sel sekunder yang berperan penting untuk kekuatan struktur yaitu sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Saha, 2003). Selulosa adalah senyawa karbohidrat kompleks yang tersusun atas banyak rantai glukosa (polisakarida) yang terdiri atas satuan-satuan dan mempunyai massa molekul relatif yang sangat tinggi, tersusun dari 2.000-3.000 glukosa. Selain sebagai komponen utama dinding sel

tumbuhan, selulosa juga menempati hampir seluruh dari komponen penyusun struktur kayu dengan kandungan selulosa tinggi yakni sekitar 42-47%.

Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15 dan 30 persen dari berat kering bahan lignoselulosa (Jajoo, 2008). Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel dan memperkuat struktur sel.

Pada paragraf pertama telah dibahas bahwa dalam ampas teh dan serbuk gergaji mengandung senyawa lignin, selulosa dan hemiselulosa. Dimana dalam ampas teh sendiri memiliki kandungan selulosa yaitu sebesar 34-37%, lignin 14% dan hemiselulosa sebesar 14%. Sedangkan dalam serbuk gergaji, kandungan selulosanya mencapai 50%, lignin 25% dan hemiselulosa sebesar 25%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk gergaji dalam pembuatan pelet sangat berpengaruh karena bisa meningkatkan presentase kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa pada ampas teh yang akan mengakibatkan pelet yang dihasilkan akan semakin rekat.

2.6.2 Faktor Proses

Tekanan memberikan pengaruh terhadap kerapatan pada saat proses densifikasi biopellet. Kenaikan tekanan pengempaan memberikan kenaikan densitas pelet, dimana kenaikan densitas pelet dipengaruhi juga akibat ukuran partikel. Menurut (Mahata *et al.*, 2022) Pelet yang memiliki kerapatan (densitas) yang tinggi serta memiliki struktur yang lebih padat dapat dilakukan dengan memberi tekanan sekitar 100-200 Mpa pada saat pencetakan biopellet. Pada penelitian saya pencetakan pelet menggunakan tekanan 3 ton yang setara dengan nilai 166,5 Mpa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tekanan yang saya gunakan pada penelitian ini sudah memenuhi standar tekanan yang umumnya biasa digunakan untuk menghasilkan pelet dengan kualitas yang baik. Menurut (Ismail *et al.*, 2023), mengatakan bahwa tekanan yang terlalu rendah menyebabkan pelet hasilnya kurang maksimal namun jika tekanannya terlalu tinggi justru pelet akan patah dan retak di bagian Tengah. Selain ukuran partikel suhu, dan kelembaban pada karakteristik fisik dan kimia

bahan baku juga dapat mempengaruhi tekanan yang diperlukan selama proses pengepresan (Haryanto *et al.*, 2023).

Suhu juga memainkan peran penting pada proses pengempaan pelet. Hal tersebut dikarenakan faktor suhu sangat berpengaruh terhadap nilai kerapatan suatu pelet, dimana semakin tinggi suhu pada saat pengempaan untuk pembuatan pelet maka kerapatan yang dihasilkan semakin tinggi pula. Ketika ditambahkan suhu, maka besar tekanan tidak boleh terlalu tinggi karena penambahan panas dapat meningkatkan batas atas kadar air (Sokhansanj *et al.*, 2005a).

Ukuran dan bentuk cetakan biopellet memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan mekanik dan ketahanan dari pelet yang dihasilkan (Sokhansanj *et al.*, 2005b). Penelitian ini menggunakan cetakan dengan tinggi 7 cm dan diameter lubang 1,2-1,5 cm. (Brunerová *et al.*, 2020) juga menjelaskan bahwa ukuran dan bentuk cetakan merupakan aspek yang penting dalam menghasilkan pelet yang optimal.

Menurut (Nurwidayati *et al.*, 2019), lama waktu pengepresan berpengaruh terhadap nilai kalor, karena secara teoritis kenaikan kadar air bahan berbanding terbalik dengan kenaikan nilai kalor kadar air, kandungan karbon terikat, volatil dan kadar abu. Oleh karena itu dengan adanya pengaruh penambahan lama tekanan pengepresan maka semakin rendah kadar air bahan dan semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan. Penelitian (Setiowati & Tirono, 2014a) juga menyatakan bahwa “kandungan bahan perekat yang terbaik yaitu pada kondisi campuran 7%” Sedangkan untuk lama tekanan pengepresan, menurut penelitian (Setiowati & Tirono, 2014b) menyatakan bahwa tekanan yang efisien adalah 100-150 N/cm². Nilai densitas paling optimum adalah 0,634 gr/cm³. Nilai kekuatan mekanik paling optimum adalah 34.167 N/cm². (Subroto, 2017) juga menyatakan bahwa “penambahan tekanan pembriketan akan menaikkan nilai kekuatan mekanik dan memperlambat waktu pembakaran, namun kenaikan ini akan mencapai titik maksimal pada tekanan 150 Kg/cm² yaitu kekuatan mekanik sebesar 18,939 Kg/cm² dan waktu pembakaran selama 53 menit”.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 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 pengering tipe hybrid, nampan ayakan (mesh 8), timbangan digital, jangka sorong, oven cawan porselin, blender, alat press hidrolik, timbangan badan, tanur, calorimeter, colorimeter, gelas beker, desikator, plastik, alat tulis untuk menulis, laptop untuk mengolah data, kamera, kertas label dan pendukung lainnya.

Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan A yaitu 3 jenis Ampas teh (Gambar 4) yang terdiri dari teh celup, teh tubruk dan teh siram. Bahan B yaitu serbuk gergaji kayu yang diperoleh dari panglong kayu di Bandar Lampung.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini disusun dalam satu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor . faktor pertama adalah variasi jenis ampas teh yang terdiri dari ampas teh celup (T1), teh tubruk (T2) dan teh siram (T3). Faktor kedua adalah campuran serbuk gergaji yang terdiri dari 5 level yaitu : G0 (0%), G1 (10%), G2 (20%), G3 (30%), G4 (40%) . Setiap kombinasi perlakuan dilakukan dengan tiga kali ulangan

sehingga terdapat 45 unit percobaan. Kombinasi perlakuan dan ulangan ditunjukkan pada Tabel 2.



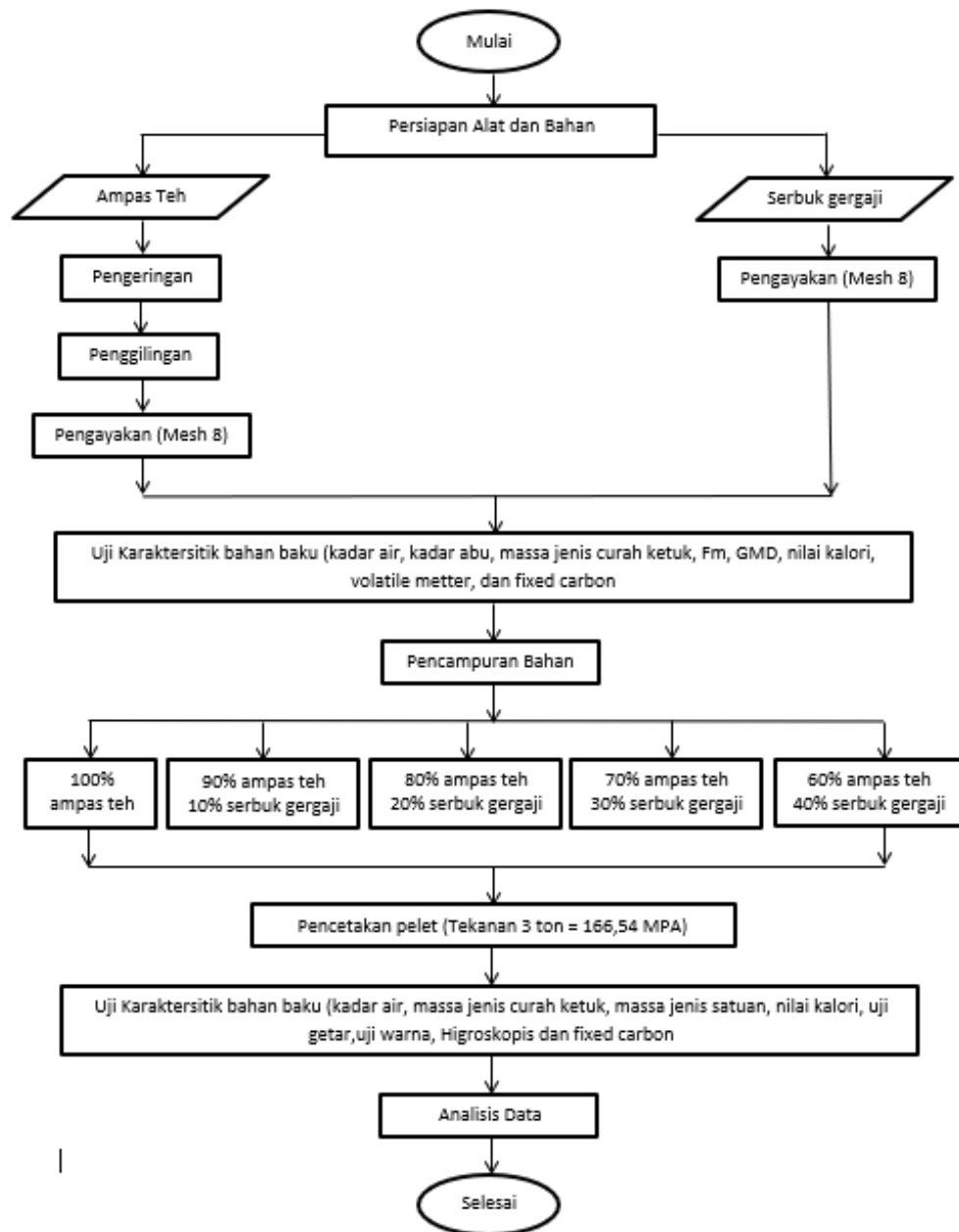
Gambar 4. Tiga jenis ampas the dan serbuk gergaji

Tabel 2. Kombinasi Perlakuan Jenis Ampas Teh dan Rasio Campuran Serbuk Gergaji

Kadar Serbuk	Ulangan	Jenis teh		
		Teh celup (T1)	Teh Tubruk (T2)	Teh siram (T3)
G0 (0%)	1	T1G0U1	T2G0U1	T3G0U1
	2	T1G0U2	T2G0U2	T3G0U2
	3	T1G0U3	T2G0U3	T3G0U3
G1 (10%)	1	T1G1U1	T2G1U1	T3G1U1
	2	T1G1U2	T2G1U2	T3G1U2
	3	T1G1U3	T2G1U3	T3G1U3
G2 (20%)	1	T1G2U1	T2G2U1	T3G2U1
	2	T1G2U2	T2G2U2	T3G2U2
	3	T1G2U3	T2G2U3	T3G2U3
G3 (30%)	1	T1G3U1	T2G3U1	T3G3U1
	2	T1G3U2	T2G3U2	T3G3U2
	3	T1G3U3	T2G3U3	T3G3U3
G4 (40%)	1	T1G4U1	T2G4U1	T3G4U1
	2	T1G4U2	T2G4U2	T3G4U2
	3	T1G4U3	T2G4U3	T3G4U3

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir pelaksanaan penelitian disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan alir pembuatan biopellet

3.4.1 Persiapan Bahan

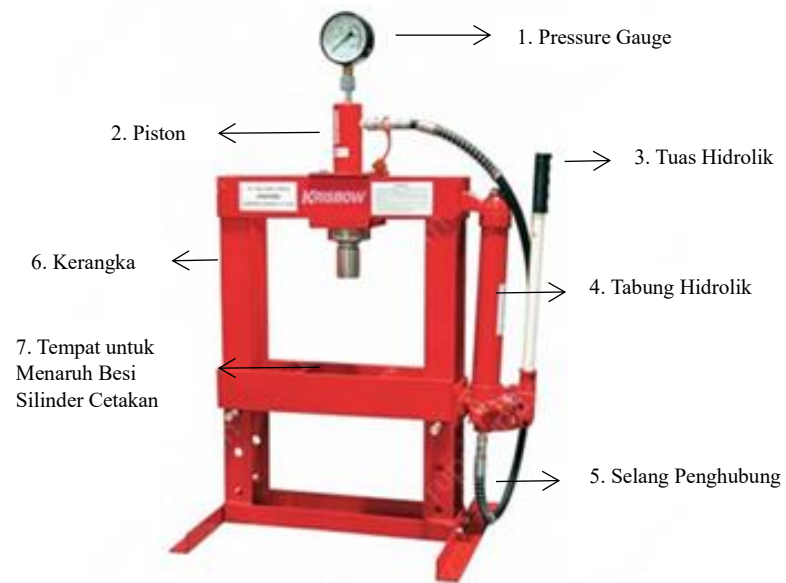
Penelitian ini menggunakan tiga jenis bahan ampas teh (Gambar 4) yaitu teh celup, teh tubruk, teh siram dan serbuk gergaji kayu yang di Kota Bandar Lampung. setelah semua bahan terkumpul, selanjutnya yaitu tahap pengeringan untuk menghasilkan biopellet yang berkualitas dimana harus dibuat dengan bahan yang memiliki kadar air yang rendah bahkan kering. Pada tahap pengeringan ampas teh dan serbuk gergaji menggunakan terpal sebagai alas penjemuran dibawah panas sinar matahari sampai bahan tersebut kering. Pengeringan dilakukan secara hati-hati, ketika ampas teh dan serbuk gergaji sudah kering dan diangkut kedalam ruangan harus ditutupi dengan terpal yang kedap udara yang bertujuan untuk tetap mempertahankan kadar airnya.

3.4.2 Pencampuran Bahan

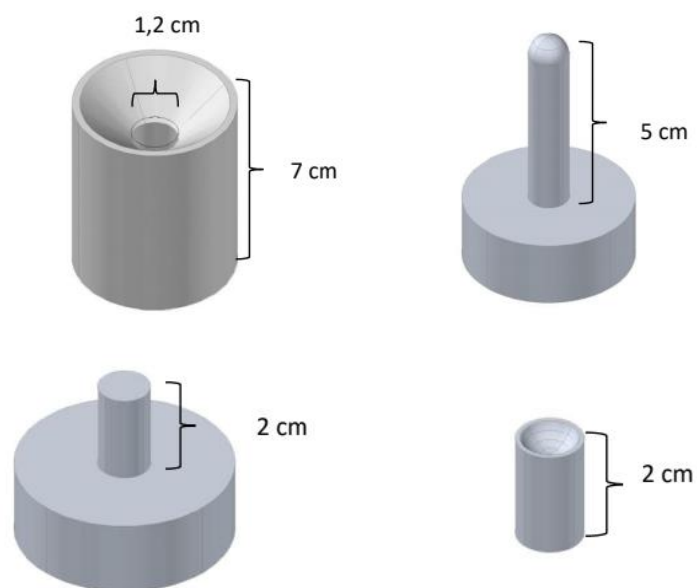
Pencampuran dilakukan dengan menggunakan dua jenis bahan, yaitu bahan A berupa jenis ampas teh yang terdiri dari teh celup, teh tubruk dan teh siram, serta bahan B berupa serbuk gergaji. Setelah itu, kedua bahan dicampurkan dengan variasi rasio campuran serbuk gergaji sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Proses pencampuran dilakukan menggunakan blender hingga diperoleh campuran yang merata.

3.4.3 Pencetakan Biopellet

Pencetakan biopellet dilakukan di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian (LDAMP) jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung dengan menggunakan alat press hidrolik (Gambar 6) dengan prinsip kerja menggunakan Teknik densifikasi atau pengepressan menggunakan tekanan tinggi yaitu 3 ton yang setara dengan 166,5 Mpa untuk dapat tercetak menjadi pelet berdiameter 1,2-1,5 cm dengan Panjang besi silinder pencetakan yaitu 10 cm (Gambar 7). Pada pencetakan biopellet terdapat 3 taraf variasi jenis ampas teh dan taraf rasio campuran bahan yang akan memberikan hasil yang berbeda tiap variasi jenis teh dan rasio campurannya. Selanjutnya dilakukan pengujian kadar air, kadar abu, nilai kalor, dan durability pelet untuk melihat perbedaan karakteristik dan kualitas dari setiap perlakuannya.



Gambar 6. Alat pencetak pelet press hidrolik



Gambar 7. Sketsa silinder cetakan biopellet

3.4.4 Pengujian Karakteristik Biopellet Ampas Teh

3.4.4.1 Uji Kadar Air

Kadar air merupakan presentase kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan. Pada biopellet, kadar air sangat berpengaruh terhadap banyaknya jumlah asap yang dihasilkan, daya tahan penyimpanan, dan penyalaan biopellet saat dijadikan bahan bakar. Pengujian kadar air biopellet adalah dengan cara memasukkan cawan porselin ke dalam oven pada suhu 105 °C selama 30 menit, kemudian cawan porselin di dinginkan di dalam desikator. Lalu selanjutnya menimbang bobot kosongnya (C) dan dicatat. Selanjutnya menimbang satu sampel biopellet ke dalam cawan porselin yang sudah diketahui bobotnya (P) dan memanaskan sampel ke dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Kemudian cawan yang berisikan sampel diangkat, lalu di dinginkan ke dalam desikator dan ditimbang bobotnya hingga menghasilkan selisih massa (Q).

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

Keterangan :

C = Bobot kosong cawan porselin (g)

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

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

3.4.4.2 Uji Kadar Abu

Pada bahan bakar alternatif pelet, nilai kadar abu sangat mempengaruhi efisiensi pembakaran dan banyaknya abu yang dihasilkan. Karena jika jumlah abu yang dihasilkan sangat banyak, maka akan sulit untuk mendapatkan efisiensi pembakaran yang tinggi. Proses pengujian kadar abu dilakukan dengan cara memanaskan cawan porselin ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama waktu 30 menit, setelah itu di didinginkan ke dalam desikator, lalu ditimbang bobot kosong cawan porselin (C). Setelah menimbang satu sampel biopellet yang diletakkan kedalam cawan porselin yang bobotnya telah diketahui (P), selanjutnya cawan porselin yang berisi sampel biopellet dipanaskan ke dalam tanur dengan suhu 550 °C selama waktu 2 jam. Setelah itu cawan dipindahkan dari tanur ke dalam desikator

untuk didinginkan selama 2 jam. Setelah itu ditimbang hingga didapat selisih massa (Q). Nilai kadar abu dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Kadar Abu = \frac{Q-C}{P-C} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

C = Bobot kosong cawan porselin (g)

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

Q = Bobot cawan + abu (g)

3.4.4.3 Uji Volatile Matter

Kadar Volatile Matter (zat mudah menguap atau zat terbang) dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengukur banyaknya asap yang dihasilkan pada saat pembakaran. Pengujian ini dilakukan dengan cara menimbang berat kosong cawan, kemudian dimasukkan sebanyak kurang lebih 1 gram sampel ke dalam cawan. Setelah ditimbang sampel dimasukkan ke dalam tannur pada suhu 950° C selama 7 menit. Setelah itu sampel didinginkan di dalam desikator selama waktu 10-15 menit lalu ditimbang beratnya. Berikut rumus untuk menghitung kadar zat terbang :

$$Kadar Zat Terbang (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

W1 = Berat awal sampel (sebelum dipanaskan)

W2 = Berat sampel (setelah dipanaskan)

3.4.4.4 Uji Massa Jenis

Uji berat jenis dilakukan dengan cara mengambil 1 batang pelet kemudian ditimbang dan diukur volumenya dengan memasukkan ke dalam wadah (gelas ukur). Selanjutnya diambil satu batang pelet kemudian diukur diameter (D), Panjang (L), dan berat (W) nya guna mengetahui perbandingan antara berat dan volume bahan bakar padat. Massa jenis (densitas) memiliki pengaruh terhadap nilai kalor bahan bakar padat, dimana semakin besar nilai densitas nya maka akan semakin meningkat nilai kalornya. Tekanan saat pengempaan pelet sangat

mempengaruhi besar dan kecilnya nilai densitas, ukuran dan kehomogenan penyusun bahan bakar padat itu sendiri. Nilai densitas dapat diketahui dengan dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Massa Jenis (g/mm}^3\text{)} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} \dots\dots\dots(4)$$

3.4.4.5 Fineness Modulus

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 :

$$FM = \frac{\sum C_i}{100} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

FM = Fineness Modulus / Modulus Kehalusan

C_i = persentase kumulatif yang tertahan pada setiap ayakan

3.4.4.6 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 :

$$GMD \text{ Total} = \exp\left(\frac{\sum(w_i \ln D_i)}{\sum w_i}\right) \dots\dots\dots(6)$$

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

3.4.4.7 Uji Nilai Kalor Bahan

Nilai kalor merupakan salah satu indikator parameter dalam menentukan kualitas bakar biopellet. Semakin tinggi nilai kalor suatu bahan, maka semakin bagus dan berkualitas biopellet yang dihasilkan. Nilai kalor bahan diukur dengan menggunakan Bomb kalorimeter merk PARR Type 1341.

3.4.4.8 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-AMT507. 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

3.4.4.9 Uji Durability

Pengujian ketahanan getar dilakukan untuk mengetahui persentase jumlah pelet yang masih utuh ketika telah dilakukan perlakuan fisik dengan bantuan alat mekanik Meinzer II Sieve Shaker. Sebelum melakukan uji ketahanan getar, pelet ditimbang terlebih dahulu guna mengetahui bobot awal nya. 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 nilai ketahanan getar dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ketahanan Getar} = \left(\frac{m_b}{m_a} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

m_a = Massa pelet awal (g)

m_b = Massa pelet utuh setelah pengujian (g)

3.4.4.10 Fixed Carbon

Uji Fixed Carbon adalah pengukuran jumlah karbon padat yang tersisa dalam suatu bahan setelah air (kelembapan), zat terbang (volatile matter), dan abu dikeluarkan. Fixed carbon adalah bagian dari bahan yang tidak menguap saat dipanaskan, dan menjadi sumber utama panas saat bahan tersebut dibakar. Berikut rumus untuk mengetahui nilai fixed carbon :

$$\text{Fixed Carbon (\%)} = 100\% - (\text{Moisture} + \text{Volatile Matter} + \text{Ash}) \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

Moisture = Kadar air (rata-rata)

Volatile Matter = nilai volatile (rata-rata)

Ash = kadar Abu (rata-rata)

3.4.4.11 Uji Higroskopisitas

Uji higroskopis merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan atau umur simpan pelet ampas kopi 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. Berikut rumus untuk menghitung higroskopisitas:

$$DSA = \frac{(m_t - m_0)}{m_0} \times 100\% \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

DSA = Daya serap air/higroskopis

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

M_t = Bobot hari ke-n

3.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang telah diperoleh dari parameter pengujian. Sampel 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 Exel.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang telah di dapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jenis ampas teh berbeda nyata atau berpengaruh signifikan pada sebagian dari karakteristik Biopellet yang dihasilkan yaitu kadar air pelet, massa jenis curah pelet, warna pelet (L^* , a^* , b^* , E^*), dan higroskopis. Sedangkan pada karakteristik seperti massa jenis satuan pelet, nilai kalori pelet dan *durability* tidak berbeda nyata.
2. Variasi penambahan serbuk gergaji (0%, 10%, 20%,30%, 40%) berbeda nyata atau menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap sebagian karakteristik biopellet yaitu kadar air pelet, massa jenis satuan pelet, massa jenis curah pelet, higroskopis dan uji warna pelet namun hanya dibagian warna L^* , b^* dan E^* tetapi pada bagian warna a^* tidak berpengaruh nyata. Sementara itu, pada karakteristik seperti nilai kalori pelet dan *durability* tidak berpengaruh nyata.
3. Pengaruh interaksi antara jenis teh dan penambahan serbuk gergaji juga menunjukkan berpengaruh nyata atau signifikan pada beberapa karakteristik biopellet saja yaitu kadar air pelet, massa jenis curah pelet, uji warna (L^* dan E^*) dan higroskopisitas. Sedangkan pada karakteristik seperti massa jenis fisik pelet, uji warna (a^* dan b^*), nilai kalori pelet dan uji getar tidak berpengaruh nyata atau menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan.
4. Kombinasi terbaik dalam menghasilkan biopellet dari ampas teh terdapat pada penambahan serbuk gergaji sebesar 10% dan 30%, karena pada kadar tersebut biopellet memiliki kerapatan yang maksimal dengan nilai 0.955 Kg/L dan 0.938 Kg/L.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini yaitu perlu dilakukan pengujian keberlanjutan dari penggunaan biopellet khususnya pada kinerja dari biopellet sebagai alat pembakar dan juga kualitas fisik biopellet selama proses penyimpanan. Hal ini perlu dilakukan agar dapat mengetahui apakah biopellet yang dihasilkan sudah memenuhi standar dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjarsari, I. R. D. (2022). Rekayasa budidaya dan penanganan pascapanen untuk meningkatkan kualitas teh Indonesia sebagai minuman fungsional kaya antioksidan. *Kultivasi*, 21(2). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36027>
- Argiz, c., menéndez, e., moragues, a., & sanjuán, m. Á. (2014). Recent advances in coal bottom ash use as a new common portland cement constituent. *Structural engineering international*, 24(4), 503–508. <https://doi.org/10.2749/101686613x13768348400518>
- Ariwidyanata, R., Wibisono, Y., & Ahmad, A. M. (2019). Karakteristik fisik briket dari campuran serbuk teh danserbuk kayu trembesi (samanea saman) dengan perekattepung tapioka. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem* 7(3):245-252, 7(3), 245–252. <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jkptb.2019.007.03.04>
- Attiaoui, I., Toumi, H., Bilel, A., & Gaegouri, I. (2017). Causality links among renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth in Africa: Evidence from a panel ARDL-PMG approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 24. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8850-7>
- Bajpai, S., & Jain, A. (2010). Removal of copper(II) from aqueous solution using spent tea leaves (STL) as a potential sorbent. *Water SA*, 36, 221–228.
- Brunerová, A., Roubík, H., Brožek, M., Haryanto, A., Hasanudin, U., Iryani, D., & Herak, D. (2020). Valorization of bio-briquette fuel by using spent coffee ground as an external additive. *Energies*, 13, 54. <https://doi.org/10.3390/en13010054>
- Chusniyah, D. A., Pratiwi, R., Benyamin, B., Akbar, R., Sugiarti, L., & Abidin, M. (2022). Studi efektivitas briket biomassa berbahan limbah rumah tangga.

Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia, 4, 36–43.
<https://doi.org/10.25105/jamin.v4i1.10250>

Fatriani, F., Sunardi, S., & Arfianti, A. (2018). Kadar air, kerapatan, dan kadar abu wood pellet serbuk gergaji kayu galam (*melaleuca cajuputi roxb*) dan kayu akasia (*acacia mangium wild*). *Enviroscienteeae*, 14(1), 77.
<https://doi.org/10.20527/es.v14i1.4897>

Fikriyah, y. U., & nasution, r. S. (2022). Analisis kadar air dan kadar abu pada teh hitam yang dijual di pasaran dengan menggunakan metode gravimetri. *AMINA*, 3(2), 50–54. <https://doi.org/10.22373/amina.v3i2.2000>

Gianyar, i., nurchayati, n., & padang, y. (2012). Pengaruh persentase arang tempurung kemiri terhadap nilai kalor briket campuran biomassa ampas kelapa—arang tempurung kemiri. *Dinamika teknik mesin*, 2.
<https://doi.org/10.29303/d.v2i2.96>

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>

Hasibuan, A. M. (2022). *Pengaruh ampas teh dan pupuk urea terhadap pertumbuhan serta produksi tanaman mint (mentha piperita l.) Pada tanah pmk* [other, universitas islam riau]. <https://repository.uir.ac.id/17316/>

Imran, A. nurul islamia. (2016). *Pemanfaatan ampas teh (camelia sinensis) sebagai tambahan media tanam pada pertumbuhan tanaman cabai besar (capsicum annum l.) Secara hidroponik* [S1]. Jurusan biologi, Fakultas sains dan teknologi, Universitas Uin Alauddin Makassar.

Irfan, M., Prasmatiwi, F. E., & Adawiyah, R. (2023). Analisis preferensi, pola konsumsi dan permintaan teh celup konsumen rumah tangga di pasar modern kota bandar lampung. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 10(3), 1717. <https://doi.org/10.25157/jimag.v10i3.8989>

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>

- Ismail, R. I., Khor, C. Y., & Mohamed, A. R. (2023). Pelletization temperature and pressure effects on the mechanical properties of khaya senegalensis biomass energy pellets. *Sustainability*, 15(9), 7501. <https://doi.org/10.3390/su15097501>
- jajo66. (2008, October 15). Degradasi komponen lignoselulosa. *Jajo66's Weblog*. <https://jajo66.wordpress.com/2008/10/15/degradasi-komponen-lignoselulosa/>
- Larsson, S. H., & Rudolfsson, M. (2012). Temperature control in energy grass pellet production – Effects on process stability and pellet quality. *Applied Energy*, 97, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.086>
- Liu, Z., vonBargen, R., Kendrick, A., Wheeler, K., Leão, A., Sankaranarayanan, K., Dean, D., Kane, S., Hossain, E., Bottazzi, M., Hotez, P., Jones, K., & McCall, L.-I. (2023). Localized cardiac small molecule trajectories and persistent chemical sequelae in experimental Chagas disease. *Nature Communications*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42247-w>
- Luthfiyanti, R., Iwansyah, A. C., Pamungkas, N. Y., & Triyono, A. (2020). Penurunan mutu senyawa antioksidan dan kadar air terhadap masa simpan permen hisap ekstrak daun ciplukan (*physalis angulata* linn.). *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.26578/jrti.v14i1.5343>
- Maharani, F., Muhammad, M., Jalaluddin, J., Kurniawan, E., & Ginting, Z. (2022). Pembuatan briket dari arang serbuk gergaji kayu dengan perekat tepung singkong sebagai bahan bakar alternatif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i2.9458>
- Mahata, M. E., Lubis, H. S., Ohnuma, T., & Rizal, Y. (2022). The effect of natural pellet binders and dosage to produce pellet made of miana plant (*plectranthus scutellarioides*, (L.) R. Br.) As poultry feedstuffs. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10(9). <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.9.1945.1952>
- 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>
- Mustamu, S., Hermawan, D., & Pari, G. (2018a). 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>

- Mustamu, S., Hermawan, D., & Pari, G. (2018b). Karakteristik biopelet 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>
- Muthalib, R. A., N., W., & Dianita, R. (2020). Kualitas fisik biskuit konsentrat mengandung indigofera dengan jenis dan konsentrasi bahan perekat berbeda. *Pastura*, 9(2), 82. <https://doi.org/10.24843/Pastura.2020.v09.i02.p06>
- Ningrum, K. (2010). *Efektivitas air kelapa dan ampas teh terhadap pertumbuhan tanaman mahkota dewa (phaleria macrocarpa) pada media tanam yang berbeda* [S1, Universitas Muhammadiyah Surakarta]. <https://eprints.ums.ac.id/8515/>
- Nuhardin, I. (2018). Kualitas limbah serbuk gergaji untuk arang yang diperoleh dengan metode pirolisis lambat. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7. <https://doi.org/10.24127/trb.v7i2.810>
- Nur Aainaa, H., Haruna Ahmed, O., & Ab Majid, N. M. (2018). Effects of clinoptilolite zeolite on phosphorus dynamics and yield of Zea Mays L. cultivated on an acid soil. *PLOS ONE*, 13(9), e0204401. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204401>
- Nurchayani, E. P. (2005). *Utilitas ampas teh yang difermentasi dengan a. Niger di dalam rumen (utility of tea waste fermented with a. Niger in the rumen)* [masters, program pasca sarjana universitas diponegoro]. <Http://eprints.undip.ac.id/14713/>
- Nurwidayati, A., Sulastri, P. A., Ardiyati, D., & Aktawan, A. (2019). Gasifikasi biomassa serbuk gergaji kayu mahoni (swietenia mahagoni) untuk menghasilkan bahan bakar gas sebagai sumber energi terbarukan. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), 67. <https://doi.org/10.26555/chemica.v5i2.13046>
- Pamungkas, S. S. T. (2018). Pemanfaatan limbah kardus dan pupuk organik cair sebagai campuran media tanam pertumbuhan jamur tiram putih (Pleurotus ostreatus). *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2(1), 61–66. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v2i1.76>
- Prasetyo, A., Crisdion, S., & Sihabuddin, M. (2023). Revitalitas PLTS dan pengaplikasian lampu penerangan jalan umum solar cell menuju dusun terisolir di desa sidodadi, kecamatan ngantang. *Jurnal KARINOV*, 6, 66. <https://doi.org/10.17977/um045v6i2p66-71>

- Ruchjana, B. N., Falah, A. N., Rusyaman, E., & Hamid, N. (2019). Prediksi nilai fixed carbon sebagai variabel dalam kualitas batubara dengan metoda ordinary point kriging menggunakan aplikasi r. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 14(2), 127–141. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v14i2.244>
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy policy*, 37, 4021–4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
- Saha, B. (2003). Hemicellulose bioconversion. *Journal of industrial microbiology & biotechnology*, 30, 279–291. <https://doi.org/10.1007/s10295-003-0049-x>
- Saptoadi, H. (2006). *The best biobriquette dimension and its particle size*.
- Sari, P. N., & Aminah, S. (2020). Pemanfaatan serbuk gergaji sebagai bahan baku briket. *Media Eksakta*, 16(2), 98–104. <https://doi.org/10.22487/me.v16i2.740>
- Sarker, T. R., Nanda, S., Meda, V., & Dalai, A. K. (2023). Densification of waste biomass for manufacturing solid biofuel pellets: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(1), 231–264. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01510-0>
- Sasana, h., & ghozali, i. (2017). International journal of energy economics and policy the impact of fossil and renewable energy consumption on the economic growth in brazil, russia, india, china and south africa. *International journal of energy economics and policy*, 7, 1–7.
- Setiowati, R., & Tirono, M. (2014a). 2636-7804-1-Sm. *Jurnal Neutrino*, 7, 23–31.
- Setiowati, R., & Tirono, M. (2014b). Pengaruh variasi tekanan pengepresan dan komposisi bahan terhadap sifat fisis briket arang. *Jurnal Neutrino*, 7, 23. <https://doi.org/10.18860/neu.v7i1.2636>
- Silva, P., Cerqueira, P., & Ogbe, W. (2018). Determinants of renewable energy growth in sub-saharan africa: evidence from panel ARDL. *Energy*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.068>
- Sokanandi, A., Pari, G., Setiawan, D., & Saepuloh, S. (2014). Komponen kimia sepuluh jenis kayu kurang dikenal: kemungkinan penggunaan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32, 209–220. <https://doi.org/10.20886/jphh.2014.32.3.209-220>

- Sokhansanj, S., Mani, S., Bi, X., Zaini, P., & Tabil, L. (2005a, January 1). *Binderless pelletization of biomass*. Biomass. <https://doi.org/10.13031/2013.19922>
- Sokhansanj, S., Mani, S., Bi, X., Zaini, P., & Tabil, L. (2005b, January 1). *Binderless pelletization of biomass*. Biomass. <https://doi.org/10.13031/2013.19922>
- Stasiak, M., Molenda, M., Bańda, M., Wiącek, J., Parafiniuk, P., & Gondek, E. (2017). Mechanical and combustion properties of sawdust—Straw pellets blended in different proportions. *Fuel Processing Technology*, 156, 366–375. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.09.021>
- Subroto, S. (2017). Karakteristik pembakaran biobriket campuran batubara, ampas tebu dan jerami. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 7(2). <https://doi.org/10.23917/mesin.v7i2.3085>
- Sucahyo, L., Dyah, & Zavira, S. (2024). Formulasi biopellet dengan campuran limbah tongkol jagung dan kayu sengon sebagai bahan bakar padat terbarukan: biopellet formulation with a mixture of corn cob waste and sengon wood as renewable solid fuel. *Jurnal agroekoteknologi dan agribisnis*, 8(1), 33–49. <https://doi.org/10.51852/jaa.v8i1.770>
- Sugiyono, A. (2015, January 1). *Permasalahan dan kebijakan energi saat ini*.
- Tumuluru, J. S., Sokhansanj, S., Lim, J., Bi, X., Lau, A., Melin, S., Oveisi, E., & Sowlati, T. (2010). Quality of wood pellets produced in british columbia for export. *Applied engineering in agriculture*, 26. <https://doi.org/10.13031/2013.35902>
- Ulfa, D., Lusyiani, L., & A.R. Thamrin, G. (2021). Kualitas biopellet limbah sekam padi (*oryza sativa*) sebagai salah satu solusi dalam menghadapi krisis energi. *Jurnal Hutan Tropis*, 9(2), 412. <https://doi.org/10.20527/jht.v9i2.11293>
- Wahyuni, T., Anissah, U., & Zulkarnain, R. (2010). *Pemanfaatan hasil samping biji nyamplung menjadi biopellet sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah di kawasan pesisir*.
- Yudiartono, Anindhita, F., Sugiyono, A., Abdul Wahid, L. O., & Adiarso. (2018). *Outlook energi indonesia 2018: energi berkelanjutan untuk transportasi darat*.
- Zuraida, S., & Pratiwi, S. (2020). Analisis fisik dan mekanik pada pengembangan panel komposit limbah serbuk kayu. *Journal Of Applied Science (Japps)*, 2(1), 061–066. <https://doi.org/10.36870/Japps.V2i1.162>