

**PENGEMBANGAN BIOBRIKET BERBAHAN BAKU LIMBAH BATANG
SINGKONG, BATANG BAMBU, TEMPURUNG KELAPA, DAN
TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN PEREKAT TEPUNG TAPIOKA**

(Skripsi)

Oleh

**FAZLE MUHAMMAD
2114071040**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGEMBANGAN BIOBRIKET BERBAHAN BAKU LIMBAH BATANG
SINGKONG, BATANG BAMBU, TEMPURUNG KELAPA, DAN
TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN PEREKAT TEPUNG TAPIOKA**

Oleh

FAZLE MUHAMMAD

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**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN BIOBRIKET BERBAHAN BAKU LIMBAH BATANG SINGKONG, BATANG BAMBU, TEMPURUNG KELAPA, DAN TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN PEREKAT TEPUNG TAPIOKA

Oleh

FAZLE MUHAMMAD

Kebutuhan dan konsumsi energi fosil semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya populasi manusia mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu solusi yang potensial adalah pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan bakar, seperti limbah batang singkong, batang bambu, tempurung kelapa, dan tongkol jagung. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh komposisi bahan baku biobriket yang optimal dalam menghasilkan nilai kalor briket. Proses pembuatan meliputi pengurangan bahan baku, pengecilan ukuran, pencampuran dengan perekat, pencetakan, dan pengeringan. Parameter yang diamati terdiri dari kadar air, kerapatan, *shatter resistance index*, kekuatan tekan, nilai kalor, laju pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa briket yang dibuat memiliki karakteristik yang memenuhi Standar Nasional Indonesia, seperti kadar air yang rendah, kerapatan yang baik, kekuatan tekan yang memadai, serta nilai kalor yang cukup tinggi. Biobriket yang dihasilkan memiliki kadar air 3,37% - 4,99%, kerapatan 0,61 – 0,81 g/cm³, *shatter resistance index* 99,06% – 99,81%, kekuatan tekan 14,48 – 19,60 kg/cm², laju

pembakaran 0,3 – 0,36 gram/menit, dan nilai kalor 4343,46 – 6283,59 cal/g.

Pemanfaatan limbah pertanian menjadi biobriket ini tidak hanya berkontribusi dalam pengurangan limbah organik, tetapi juga mendukung pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan.

Kata kunci: limbah biomassa, biobriket, karakteristik briket

ABSTRACT

Development Of Bio-Briquette from Waste Cassava Stem, Bamboo Stem, Coconut Shell, And Corn Cob Using Tapioca Flour Adhesive

By

FAZLE MUHAMMAD

The increasing demand and consumption of fossil energy, in line with the growing human population, drive the development of environmentally friendly alternative energy sources. One potential solution is the utilization of biomass waste as fuel, such as cassava stem waste, bamboo stems, coconut shells, and corn cobs. This study aims to determine the optimal raw material composition for bio-briquettes to achieve a high calorific value. The production process involves carbonization of raw materials, size reduction, mixing with a binder, molding, and drying. The observed parameters include moisture content, density, shatter resistance index, compressive strength, calorific value, and burning rate. The results indicate that the produced briquettes exhibit characteristics meeting the Indonesian National Standard, such as low moisture content, good density, adequate compressive strength, and sufficiently high calorific value. The resulting bio-briquettes have moisture content ranging from 3.37% to 4.99%, density between 0.61 and 0.81 g/cm³, shatter resistance index from 99.06% to 99.81%, compressive strength of 14.48 to 19.60 kg/cm², burning rate of 0.3 to 0.36 grams per minute, and calorific value between 4343.46 and 6283.59 cal/g. The utilization of agricultural waste

into bio-briquettes not only contributes to organic waste reduction but also supports the development of sustainable renewable energy.

Keywords: *biomass waste, biobriquettes, briquette characteristics*

Judul

**: PENGEMBANGAN BIOBRIKET
BERBAHAN BAKU LIMBAH BATANG
SINGKONG, BATANG BAMBU, TEMPURUNG
KELAPA, DAN TONGKOL JAGUNG
MENGUNAKAN PEREKAT TEPUNG
TAPIOKA**

Nama Mahasiswa

: Fazole Muhammad

Nomor Pokok Mahasiswa : 2114071040

Jurusan/PS

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian



MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP. 196210101989021002

Dr. Ir. Tamrin, M.S.

NIP. 196212311987031030

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

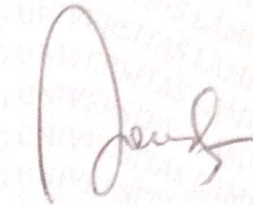
Dr. Ir. Warji S.TP., M.Si., IPM

NIP. 197801022003121001

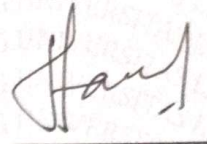
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

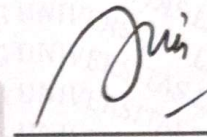
Ketua : **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**



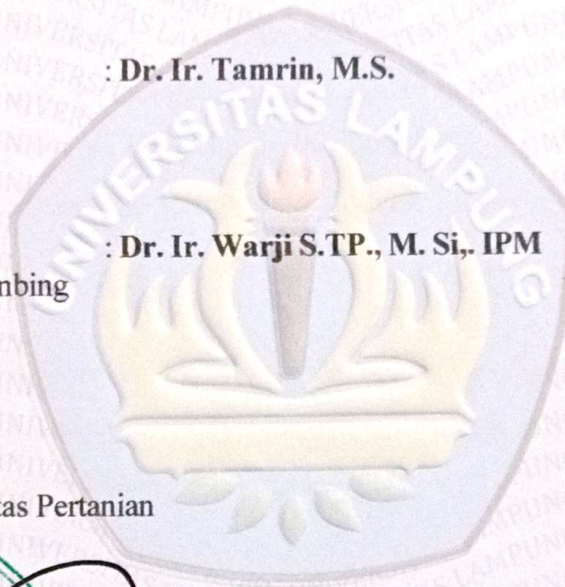
Sekretaris : **Dr. Ir. Tamrin, M.S.**



Penguji : **Dr. Ir. Warji S.TP., M. Si., IPM**



Bukan Pembimbing



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Juli 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Fazle Muhammad** dengan NPM **2114071040**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.** dan 2) **Dr. Ir. Tamrin, M.S.** 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, 15 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Fazle Muhammad
NPM. 2114071040

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada hari Jumat 1 Agustus 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Muhammad Sofyan Tajung dan Ibu Eka Yuni Saraswathy H. Penulis memulai pendidikan sekolah dasar dari SDN Gunung Sahar Selatan 01 Pagi dan lulus pada tahun 2015. Sekolah Menengah Pertama di SMP N 119 Jakarta Pusat dan lulus pada tahun 2018. Sekolah Menengah Atas di SMA N 20 Jakarta Pusat dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Dosen dalam mata kuliah Fisika Dasar pada tahun ajaran 2023/2024 dan mata kuliah Instrumentasi pada tahun ajaran 2024/2025.

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti organisasi sebagai anggota Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia.

Pada bulan Januari tahun 2024, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gunung Sari, Kecamatan Rebang Tangkas, Kabupaten Waykanan. Pada bulan Januari – Mei 2024, penulis mengikuti program Pertukaran Mahasiswa Merdeka (PMM) IV Kampus Merdeka di Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong.

Pada bulan Juni – Agustus 2024, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pengujian Standar Instrumentasi Tanaman Industri dan Penyegar (BPSI TRI) Sukabumi dengan judul kegiatan “Proses Pengolahan Kopi Fermentasi Menggunakan Kopi Excelsa (*Coffea Liberica* Var. *Dewevrei*) di Balai Pengujian Standar Instrumentasi Tanaman Industri dan Penyegar”.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamiin

Segala puji Allah SWT dengan kemurahan serta ridho-Nya, skripsi ini dapat ditulis dengan baik dan lancar hingga selesai. Dengan ini akan kupersembahkan skripsi ini kepada:

Ibunda Eka Yuni Saraswathy

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ibunda yang telah memberikan ridho serta doa tulusnya, semangat hidup, besarnya pengorbanan, berbagai dukungan yang tiada habisnya, nasehat dan petunjuknya, perhatian serta motivasinya, serta kasih sayang yang tak terhingga sehingga bisa menyelesaikan studi ini.

Bibiku Herda Yuli

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bibi yang telah memberikan kesempatan dari awal hingga dapat menyelesaikan studi serta banyak memberikan pengajaran bagaimana menjadi insan yang bijaksana, bermartabat, serta bersahaja.

Ayahanda Agung Tjahjono

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ayah sambung yang telah memunculkan sosok ayah serta selalu memberikan nasehat dan petunjuk hidup hingga dapat menyelesaikan studi ini.

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa penulis haturkan kepada Allah SWT. karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul **“Pengembangan Biobriket Berbahan Baku Limbah Batang Singkong, Batang Bambu, Tempurung Kelapa, Dan Tongkol Jagung Menggunakan Perekat Tepung Tapioka”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik (S.T.)** di Universitas Lampung.

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. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan selaku dosen pembahas yang telah memberikan nasehat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi;
4. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, nasehat, kritik dan saran, serta motivasi selama menempuh perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini;
5. Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku Pembimbing Akademik selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Pertanian dan Pembimbing Kedua yang telah

meluangkan waktu untuk memberi bimbingan, saran selama penelitian, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini;

6. Seluruh Dosen dan Tenaga Pendidik Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, dan bantuan kepada penulis;
7. PT Bukit Asam Tbk (PTBA) Unit Pabrik Briket Natar atas kerjasamanya yang telah memberikan fasilitas, bahan baku, wawasan serta pengetahuan dalam penelitian ini;
8. Bundaku Eka Yuni Saraswathy yang sangat kusayangi, kuhormati, dan kubanggakan seumur hidupku, yang selalu mendoakan, memberikan perhatian dan nasihat, selalu menyemangati, serta mendukung segala urusan baik dalam kehidupan maupun perkuliahan;
9. Adikku Nayla Puspita Sari yang sangat kukasihi, yang selalu mendoakan dan memberi perhatian selama proses perkuliahan;
10. Pamanku M. Ikhsan Hutahaeen dan M. Akhir Hutahaeen yang sangat kuhormati, kubanggakan, kuhargai, serta menjadi sosok ayah, yang selalu menjadi tempat bertukar pikiran dalam berbagai hal, memberikan dukungan, nasihat, serta selalu memotivasi untuk terus melangkah hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
11. Bibiku Herda Yuli yang sangat kuhormati, kuhargai dan kubanggakan, serta menjadi sosok ibu selama perkuliahan, yang selalu memberikan perhatian, memberikan dukungan, nasihat, serta selalu memotivasi untuk terus melangkah hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
12. Ayah Sambungku Agung Tjahjono yang sangat kuhormati, yang selalu menjadi tempat bertukar pikiran dalam berbagai hal, yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan semangat sejak awal masuk perkuliahan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
13. Sepupuku M. Farhan Hutahaeen dan Kevin Ilyas Hutahaeen yang kubanggakan, yang selalu menjadi tempat untuk tenang dan bertukar pikiran, selalu memberikan dukungan, serta memotivasi selama proses perkuliahan;

14. Saudara Moga Gilbert dan Wahyu Gusti yang menjadi sepenanggung dalam penelitian ini, yang telah memberikan banyak cerita, ilmu dan pengetahuan yang didapatkan selama proses penelitian;
15. Keluarga Teknik Pertanian 2021 yang telah memberikan semangat, dukungan, dan membantu memperlancar baik dalam perkuliahan hingga penyusunan skripsi;
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 15 Juli 2025

Penulis

Fazle Muhammad

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 Batasan Masalah.....	3
1.6 Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biobriket.....	4
2.2 Limbah Batang Singkong.....	8
2.3 Limbah Tempurung Kelapa.....	10
2.4 Limbah Batang Bambu.....	12
2.5 Limbah Tongkol Jagung	14
2.6 Perekat Tapioka	15
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Rancangan Percobaan.....	17
3.4 Prosedur Penelitian.....	20
3.5 Pengujian Karakteristik Biobriket	20
3.5.1 Kerapatan Biobriket.....	20
3.5.2 Kadar Air Biobriket	20

3.5.3	Kekuatan Tekan Biobriket	21
3.5.4	<i>Shatter Resistance Index</i> Biobriket	21
3.5.5	Nilai Kalor Briket Biobriket	22
3.5.6	Laju Pembakaran Biobriket	22
3.6	Analisis Data	23
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Biobriket	25
4.2	Kadar Air Biobriket	26
4.3	Kerapatan Biobriket	27
4.4	<i>Shatter Resistance Index</i> Biobriket	29
4.5	Kekuatan Tekan Biobriket	31
4.6	Laju Pembakaran	33
4.7	Nilai Kalor	36
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1	Kesimpulan	36
5.2	Saran	36
	DAFTAR PUSTAKA	38
	LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	<i>Teks</i>	Halaman
	<i>Lampiran</i>	
Gambar 1.	Biobriket.....	6
Gambar 2.	Limbah batang singkong	9
Gambar 3.	Limbah tempurung kelapa.....	10
Gambar 4.	Limbah tongkol jagung	15
Gambar 5.	Bagan alir prosedur penelitian.....	20
Gambar 6.	Biobriket.....	25
Gambar 7.	Grafik nilai rata-rata kadar air briket.....	26
Gambar 8	Grafik rata-rata kerapatan briket	28
Gambar 9	Grafik nilai rata-rata <i>shatter resistance index</i>	29
Gambar 10.	Grafik nilai rata-rata kekuatan tekan briket.....	31
Gambar 11.	Grafik nilai rata-rata laju pembakaran briket	31
Gambar 12.	Grafik hasil pengujian kalor briket.....	35
	<i>Lampiran</i>	
Gambar 13.	Limbah batang singkong	50
Gambar 14.	Limbah tempurung kelapa.....	50
Gambar 15.	Limbah batang bambu	51
Gambar 16.	Limbah tongkol jagung	51
Gambar 17.	Pemotongan limbah batang singkong	52
Gambar 18.	Pemotongan limbah batang bambu	52
Gambar 19.	Pengarangan limbah batang singkong.....	53
Gambar 20.	Pengarangan limbah batang bambu	53
Gambar 21.	Pengarangan limbah tempurung kelapa	54
Gambar 22.	Pengarangan limbah tongkol jagung.....	54

Gambar 23. Proses pengarangan bahan baku.....	55
Gambar 24. Hasil pengarangan batang singkong.....	55
Gambar 25. Hasil pengarangan tempurung kelapa	56
Gambar 26. Hasil pengarangan batang bambu	56
Gambar 27. Hasil pengarangan tongkol jagung.....	57
Gambar 28. Proses pengecilan ukuran ke-1 menggunakan <i>crusher mill</i>	57
Gambar 29. Proses pengecilan ukuran ke-2 menggunakan saringan.....	58
Gambar 30. Arang halus batang singkong setelah pengecilan ukuran ke-1.....	58
Gambar 31. Arang halus batang singkong setelah pengecilan ukuran ke-2.....	59
Gambar 32. Arang halus batang bambu setelah pengecilan ukuran ke-1	59
Gambar 33. Arang halus batang bambu setelah pengecilan ukuran ke-2	60
Gambar 34. Arang halus tempurung kelapa setelah pengecilan ukuran ke-1	60
Gambar 35. Arang halus tempurung kelapa setelah pengecilan ukuran ke-2	61
Gambar 36. Arang halus tongkol jagung setelah pengecilan ukuran ke-1	61
Gambar 37. Arang halus tongkol jagung setelah pengecilan ukuran ke-2	62
Gambar 38. Penimbangan bobot komposisi tiap bahan baku	62
Gambar 39. Pembuatan perekat dari tepung tapioka	63
Gambar 40. Pencampuran bahan baku dengan perekat tapioka.....	63
Gambar 41. Pencetakan briket menggunakan alat <i>screw press briquette</i>	64
Gambar 42. Pengeringan briket setelah dipotong	64
Gambar 43. Penimbangan bobot briket.....	65
Gambar 44. Pengukuran luas briket	65
Gambar 45. Pengovenan untuk perhitungan kadar air	66
Gambar 46. Pengujian <i>shatter resistance index</i>	66
Gambar 47. Pengujian kekuatan tekan briket	67
Gambar 48. Pecahan briket setelah dilakukan uji tekan	67
Gambar 49. Pengujian laju pembakaran briket di waktu malam hari	68
Gambar 50. Residu hasil uji laju pembakaran	68
Gambar 51. Hasil pengujian nilai kalor briket di laboratorium POLINELA.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
	<i>Teks</i>	
Tabel 1.	Perbandingan mutu briket berdasarkan SNI.....	7
Tabel 2.	Komposisi sifat kimia singkong (per 100 gram)	8
Tabel 3.	Karakteristik tempurung kelapa sawit.....	12
Tabel 4.	Rancangan acak lengkap (RAL) dua faktorial	18
Tabel 5.	Rendemen bahan	26
Tabel 6.	Uji BNT perlakuan T terhadap kerapatan briket	29
Tabel 7.	Uji BNT perlakuan P terhadap kekuatan tekan briket.....	32
Tabel 8.	Data nilai kalor aktual briket (cal/g)	36
	<i>Lampiran</i>	
Tabel 9.	Data kadar air briket	44
Tabel 10.	Hasil sidik ragam kadar air briket	44
Tabel 11.	Data kerapatan (g/cm ³) briket.....	45
Tabel 12.	Hasil sidik ragam kerapatan briket.....	46
Tabel 13.	Data <i>shatter resistance index</i>	46
Tabel 14.	Hasil sidik ragam <i>shatter resistance index</i>	47
Tabel 15.	Data kekuatan tekan briket (kg/cm ²).....	48
Tabel 16.	Hasil sidik ragam kekuatan tekan briket	49
Tabel 17.	Data laju pembakaran briket (g/menit).....	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan dan konsumsi energi semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya populasi manusia serta ketergantungan terhadap energi fosil. Indonesia yang saat ini terfokus pada bahan bakar minyak harus menangani produksi yang terus menurun dan beban impor minyak. Produksi minyak di Indonesia turun pada kisaran satu juta barel per hari, sementara kebutuhan mencapai 1,3 juta barel per hari. Berdasarkan rencana dasar atau “*blueprint*” Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025 hasil penyusunan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, cadangan minyak di Indonesia yang berjumlah 9 miliar barrel dengan tingkat produksi 500 juta barel per tahun, diprediksi bakal habis dalam waktu 18 tahun. Energi alternatif dapat dikembangkan sebagai pengganti dari minyak bumi, antara lain gas bumi, batu bara, dan biomassa. (Leni dkk, 2018)

Energi alternatif bisa dimanfaatkan dari limbah pertanian. Indonesia memiliki potensi besar. Provinsi Lampung menghasilkan beragam limbah pertanian, seperti batang singkong, batang bambu, tempurung kelapa, dan tongkol jagung. Berdasarkan data Dinas KPTPH Provinsi Lampung (2023), produksi ubi kayu atau singkong di Lampung mencapai 7,37 ton. Selain itu, produksi jagung mencapai 3,18 Ton. Keberadaan limbah biomassa ini hanya dibakar atau dibiarkan membusuk, menyebabkan polusi udara dan hilangnya potensi energi yang dapat dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif.

Biomassa adalah suatu limbah yang dapat dijadikan pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) yang diperoleh dari hayati karena sifatnya yang dapat diperbaharui

(Sinurat, 2011). Senyawa organik memiliki kandungan Karbon dan Hidrogen yang dapat dimanfaatkan untuk penghasil energi. Sumber energi biomassa dapat berupa tanaman, alga, limbah organik dan senyawa organik lainnya. (Arman dkk., 2017). Salah satu pemanfaatan biomassa adalah biobriket. Faktor- faktor yang mempengaruhi sifat briket arang adalah berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi dan tekanan pada saat dilakukan pencetakan. Kualitas dari biobriket ini dapat bersaing dengan energi batubara atau bahan bakar jenis arang lainnya (Elfiano dkk., 2014).

Briket merupakan suatu jenis padatan yang terbentuk dari bahan-bahan yang mengalami pengerasan menjadi padatan berpori yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Kualitas dan karakteristik briket diperoleh dari perbedaan dalam komposisi campuran antara bahan dasar utama dan bahan tambahan (Faizah dkk., 2022). Kombinasi bahan baku menjadi faktor utama untuk meningkatkan kualitas briket. Penelitian oleh Ihsan *et al.* (2019) mengungkapkan bahwa kombinasi tempurung kelapa dan bambu menghasilkan briket dengan nilai kalor sebesar 6.946,35 cal/g, lebih tinggi dibandingkan briket berbahan tunggal, karena kandungan karbon dan lignin yang saling melengkapi. Pada penelitian Saleh *et al.* (2013) menunjukkan bahwa briket berbahan tongkol jagung dengan perekat tapioka memiliki nilai kalor sebesar 5.475,95 cal/g, nilai ini mendekati standar SNI 01-6235-2000 (minimal 5.000 cal/g). Namun, briket berbahan tunggal sering kali memiliki keterbatasan, seperti nilai kalor yang belum optimal atau sifat pembakaran yang kurang stabil. Pada penelitian Rosdiana (2022), pencampuran bahan baku batang singkong dengan arang kayu menghasilkan nilai kalor sebesar 6,195 cal/g. Hal ini disebabkan oleh tingginya nilai kadar karbon terikat.

Dengan memanfaatkan limbah pertanian seperti batang singkong, batang bambu, tempurung kelapa, dan tongkol jagung sebagai bahan baku biobriket, tidak hanya mengatasi permasalahan limbah, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil, terutama batubara dan minyak bumi. Oleh karena itu, penelitian ini berlatarbelakang untuk mengembangkan Biobriket berbahan baku limbah batang singkong, bambu betung, limbah tempurung kelapa, dan limbah tongkol jagung menggunakan perekat tapioka.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana memanfaatkan campuran biomassa limbah batang singkong, limbah tempurung kelapa, batang bambu, dan limbah tongkol jagung dengan berbagai konsentrasi perekat tepung tapioka sebagai briket?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi terhadap nilai kalor dan laju pembakaran biobriket dari limbah batang singkong, limbah tempurung kelapa, batang bambu, dan limbah tongkol jagung?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengkaji pengaruh komposisi bahan baku biobriket dari limbah biomassa dan perekat tapioka terhadap karakteristik kualitas briket.
2. Memperoleh komposisi bahan baku biobriket yang optimal dalam menghasilkan nilai kalor briket.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi dan pengetahuan kepada masyarakat tentang pemanfaatan limbah pertanian menjadi produk bernilai tambah.
2. Memberikan produk alternatif sebagai biobriket dengan bahan baku dari limbah pertanian.
3. Memperluas pengembangan iptek dibidang energi baru dan terbarukan.

1.5 Hipotesis

1. Perbedaan komposisi bahan baku memberikan pengaruh terhadap karakteristik biobriket.
2. Terdapat komposisi bahan baku briket yang terbaik diantara perlakuan yang diberikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa menjadi pengalihan sumber energi dari fosil ke energi terbarukan yang sangat berpotensi. Energi ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan antara lain untuk kebutuhan rumah tangga, pengering hasil pertanian dan industri kayu, pembangkit listrik pada industri kayu dan gula (Syamsiro dan Saptoadi, 2007). Dalam kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hijau) Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral yang dimaksud energi biomassa meliputi kayu, limbah pertanian/perkebunan/hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. (Syamsiro, 2016)

Pemanfaatan energi biomassa yang dapat menjadi sumber energi alternatif ini lebih ramah lingkungan dan salah satu solusi atas permasalahan emisi karbon dari penggunaan bahan bakar energi fosil. Diperkirakan potensi biomassa per tahunnya adalah sebesar 146,7 juta ton atau setara dengan 49.810MW, hal tersebut membuat biomassa dapat dikatakan memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Sedangkan penggunaan energi nasional yang berasal dari biomassa adalah sekitar 35% dari total penggunaan energi nasional atau setara dengan 1.709MW. (Budiman, 2019)

Biomassa yang berasal dari bahan-bahan organik ini memiliki macam-macam zat kimia (molekul) yang sebagian besar mengandung atom karbon (C). Secara garis besar, biomassa tersusun dari selulosa dan lignin dengan komposisi elementer biomassa bebas abu dan bebas air kira-kira 53% massa karbon, 6% hidrogen dan 42% oksigen, serta sedikit nitrogen, fosfor dan belerang. Nilai kalor yang terkandung dengan rata-rata 3.000 – 4.000 cal/g ini sangat berpotensi untuk membangkitkan energi panas. (Hidayati dan Ekayuliana, 2022)

Kelebihan pemanfaatan biomassa ini didapat dari prinsip dasar pada biomassa. Dengan proses fotosintesis pada tanaman dari menyerap energi dari matahari, memanfaatkan air dan unsur hara dari dalam tanah serta CO₂ dari atmosfer. Saat CO₂ melepaskan kembali ke atmosfer, siklus ini akan menjadi lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan dari pembakaran minyak bumi atau gas alam. Ini berarti CO₂ yang dihasilkan tersebut tidak memiliki efek terhadap kesetimbangan CO₂ di atmosfer. (Luthfi dan Taufik, 2020)

Briket menjadi salah satu teknologi yang dapat merubah biomassa menjadi lebih praktis dan ekonomis, dapat meningkatkan karakteristik bahan bakar biomassa. Sifat fisik dan kimia ini yang membuat daya tarik dari kualitas briket, termasuk nilai kalor yang dihasilkan dapat diatur melalui karakteristik briket meliputi kepadatan, ukuran briket, kuat mampat, dan kandungan air. (Hidayati dan Ekayuliana, 2022)

Biobriket adalah suatu bahan bakar padat yang dibentuk dari hasil pencampuran limbah organik dengan perekat dan zat-zat lain sehingga mampu berguna dalam pembakaran. Biobriket yang baik harus memenuhi standar yang telah ditentukan agar dapat digunakan sesuai dengan keperluannya yaitu antara lain mencakup nilai kadar air, porositas dan nilai kalor, zat yang mudah mengaup, total karbon dan lain-lain. Penelitian yang sudah memanfaatkan limbah biomassa dari pertanian sebagai briket seperti ampas tebu, kulit ubi kayu, cangkang kelapa, sekam, jerami dan kulit durian (Dewi dkk., 2021). Penampakan atau wujud dari biobriket dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Biobriket

Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat biobriket meliputi bahan baku dan bahan perekat. Selulosa adalah bahan utama yang terdapat pada bahan baku. Semakin tinggi kandungan selulosa maka semakin baik kualitas briket, briket yang mengandung zat terbang terlalu tinggi cenderung mengeluarkan asap dan bau tidak sedap. Selain itu, penggunaan bahan perekat yang ideal agar saat merekatkan partikel – partikel zat bahan baku kompak. Briket dengan mutu yang baik adalah briket yang memiliki kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, laju pembakaran yang rendah, tetapi memiliki kerapatan, nilai kalor dan suhu api atau bara yang dihasilkan tinggi. Hal ini dikarenakan untuk mencegah polusi udara yang ditimbulkan dari asap pembakaran serta untuk memudahkan dalam penanganan ketika proses pembakaran selesai. (Kalsum, 2016)

Biobriket merupakan salah satu sumber energi bahan bakar yang dibuat dari bahan tertentu yang mudah terbakar (batubara, arang, gambut, serbuk kayu dan lain-lain) dicampur dengan bahan perekat kemudian dikempa sehingga bentuknya menjadi lebih teratur. Karakteristik briket yang baik adalah sebagai berikut:

- 1) Permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam ditangan,
- 2) Tidak berasap dan tidak berbau pada saat pembakaran,
- 3) Mempunyai kekuatan atau daya tekan tertentu sehingga tidak mudah pecah sewaktu diangkat dan dipindah-pindah,
- 4) Mempunyai suhu pembakaran tetap, dengan jangka waktu nyala yang relatif lama (6 – 7 jam),
- 5) Setelah pembakaran dan ada sisa, masih mempunyai kekuatan tekan sehingga mudah dikeluarkan dari dalam tungku atau dipindahkan ke tempat lain,

- 6) Hasil pembakaran tidak mengandung gas karbon monoksida dengan kadar tinggi, dan
- 7) Tidak berjemur apabila disimpan dalam waktu yang lama serta,
- 8) Sesuai dengan parameter uji pada SNI 01-6235-2000 (Udin dkk., 2023)

Tabel 1. Perbandingan mutu briket berdasarkan SNI

Parameter	SNI No.1/6235/2000
<i>Volatile matter</i> (%)	≤ 15
Kadar air (%)	≤ 8
Kadar abu (%)	≤ 8
Nilai kalor (cal/g)	≥ 5.000

Sumber: SNI 01-6235-2000

2.2 Limbah Batang Singkong

Singkong atau ubi kayu (*Manihot Esculentas crantz*) yang juga dikenal sebagai ketela pohon adalah pohon dari keluarga Euphorbiaceae dan merupakan tanaman tahunan dari negara tropis dan subtropics (Lidiasari, 2006). Singkong adalah salah satu komoditas pertanian jenis umbi-umbian yang banyak ditemukan di Indonesia. Hal ini disebabkan singkong mudah ditanam dan memiliki produktivitas yang tinggi, selain itu tanaman ini mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan tanaman pangan lain, diantaranya dapat tumbuh di lahan kering dan kurang subur, daya tahan terhadap penyakit relatif tinggi, masa panennya yang tidak diburu waktu sehingga dapat dijadikan lumbung hidup. Selain itu, daun dan umbi ubi kayu dapat diolah menjadi aneka makanan, baik makanan utama maupun selingan (Purnomo dan Kusuma, 2022). Singkong memiliki karakteristik sifat fisik dan kimia yang berperan penting untuk pengembangan tanaman dan mempunyai nilai ekonomi tinggi. Karakteristik sifat fisik dan kimia singkong ditentukan oleh sifat pati sebagai komponen utama dari singkong (Susilawati dkk. 2008). Komposisi kimia ubi kayu atau singkong dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi sifat kimia singkong (per 100 gram)

Komposisi	Kadar
<i>Gross Calorific Value</i> (MJ/kg)	17,58
<i>Net Calorific Value</i> (MJ/kg)	17,99
Kadar air (%)	15,54
Kadar abu (%)	6,01
Kadar bahan mudah menguap (%)	79,90
Kadar karbon terikat (%)	14,09
Karbon (C) (%)	51,12
Hidrogen (H) (%)	6,87
Nitrogen (N) (%)	0,67
Sulfur (S) (%)	< 0,1
Oksigen (O) (%)	41,34

Sumber: Pattiya *et al.* (2009)

Limbah batang singkong merupakan biomassa yang berasal dari sisa bibit panen penanaman pohon singkong. Hal ini menjadi residu pertanian yang dapat menyebabkan penumpukan saat pemanan lalu dilakukan pembakaran agar tidak menjadi sarang tikus dan organisme pengganggu tanaman lainnya yang dikhawatirkan menyerang tanaman singkong, tanaman budidaya lainnya, dan merusak unsur tanah (Suprati, 2005). Limbah batang singkong termasuk bahan yang paling mudah didapatkan dan kurang di manfaatkan oleh masyarakat sekitar. Limbah batang singkong ini sebagian kecil dipergunakan untuk penanaman kembali dan sisanya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan karbon (bahan bakar briket), karbon aktif (media penyerap), bioethanol dan menghasilkan alphaselulosa (Santy dkk., 2019).



Gambar 2. Limbah batang singkong

Produksi dari budidaya tanaman singkong berjumlah cukup besar. Dengan penggunaan sistem secara monokultur dengan jarak tanam sebesar 1 m x 1 m mampu menghasilkan batang singkong sebanyak 10.000 batang/hektar. Apabila setiap batang singkong yang tidak dimanfaatkan untuk ditanam kembali (bibit) memiliki bobot berkisar 0,3 kg, maka setiap hektar luas panen singkong menghasilkan 3 ton limbah batang singkong. Dengan demikian, hanya 10% dari tinggi batang singkong yang dimanfaatkan untuk ditanam kembali

(bibit), dan 90% sisanya merupakan limbah yang tidak dimanfaatkan (Gustam, 2018).

Batang singkong memiliki kandungan selulosa yang tinggi, sekitar 40 – 45 %. Selulosa berguna untuk mendukung struktur briket yang kokoh dan pembakaran yang stabil. Menurut Pratama *et al.* (2020), briket berbahan batang singkong menghasilkan nilai kalor sekitar 5.800 cal/g, meskipun masih di bawah briket berbahan lignin tinggi seperti tempurung kelapa. Kandungan air batang singkong (15–20%) memerlukan pengeringan awal untuk meningkatkan efisiensi karbonisasi.

2.3 Limbah Tempurung Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu komoditi perkebunan yang sangat penting dalam perekonomian nasional karena menghasilkan minyak nabati dan komoditi ekspor. Hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan, sehingga tanaman kelapa dijuluki sebagai pohon kehidupan (*tree of life*). Para petani juga mengusahakan tanaman kelapa karena merupakan tanaman sosial yang sering disebut juga sebagai (*tree of abundance*). (Prakoso dkk.,2019)



Gambar 3. Limbah tempurung kelapa

Salah satu bagian dari tanaman kelapa adalah tempurung kelapa. Pemanfaatan tempurung kelapa ini cenderung kurang dan dibuang begitu saja karena yang dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari adalah daging buah dan air kelapa yang sebagai bahan pangan. Di Indonesia menghasilkan kelapa yang cukup banyak yaitu 3 juta ton per tahun. Limbah tempurung kelapa yang dihasilkan dari hasil kelapa tersebut sekitar 360 ribu ton per tahun. Sebagian besar masyarakat memanfaatkan tempurung kelapa untuk bahan bakar secara langsung yang dapat meningkatkan polusi udara karena mengandung zat volatil yang cukup banyak. (Irsan dkk., 2018)

Limbah tempurung kelapa berpotensi sebagai bahan pembuatan biobriket karena dari karakteristik sifat fisik dan sifat kimia pada tempurung kelapa ini berpeluang meningkatkan nilai ekonomis limbah tempurung kelapa (Maryono dkk., 2013). Oleh karena itu, upaya produksi dan pemanfaatan briket bahan bakar yang memanfaatkan berbagai bahan baku limbah biomassa telah membuka peluang dan juga tantangan bagi teknologi yang ada saat ini (Pradhana *et al.*, 2018)

Limbah tempurung kelapa berwarna hitam keabuan, berbentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan yang cukup tinggi. Tempurung kelapa memiliki kandungan senyawa kimia yang banyak, yang tersusun dari lignin dan selulosa. Berikut ini adalah data karakteristik dari tempurung kelapa yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik tempurung kelapa

Komponen	Jumlah
Air (%)	25,5
Abu (%)	2,42
Silika (%)	0,92
Lignin (%)	50,03
Selulosa (%)	65,45
Densitas	0,56
Nilai kalor (cal/g)	4465

Sumber: Nurhayati dkk (2005)

Tempurung kelapa kaya akan lignin (30–35%) dan karbon (50–60%), menghasilkan briket dengan nilai kalor tinggi antara 7.000–7.500 cal/g (Susanti *et al.*, 2021). Penelitian oleh Susanti *et al.* (2021) mengungkapkan bahwa briket tempurung kelapa memiliki kadar karbon terikat hingga 78,5%, mendukung pembakaran yang lama dan efisien. Akan tetapi, tekstur keras tempurung kelapa memerlukan penggilingan halus sebelum pencampuran dengan perekat untuk memastikan kepadatan briket.

Briket arang tempurung kelapa mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar padat konvensional yang lainnya, diantaranya mampu menghasilkan panas yang tinggi, tidak beracun, tidak berasap, waktu pembakaran/nyala bara api yang lebih lama, berpotensi sebagai pengganti batu bara, dan lebih ramah lingkungan. (Iskandar dkk., 2019)

2.4 Limbah Batang Bambu

Bambu tergolong keluarga Gramineae (rumput-rumputan) disebut juga *Giant Grass* (rumput raksasa), berumpun dan terdiri dari sejumlah batang (buluh) yang tumbuh secara bertahap, dari mulai rebung, batang muda dan sudah dewasa pada umur 3-4 tahun. Batang bambu berbentuk silindris, berbuku-buku, beruas-ruas berongga, berdinding keras, pada setiap buku terdapat mata tunas atau cabang (Danaatmaja, 2006).

Bambu merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki beragam manfaat bagi kehidupan masyarakat. Bambu bersifat kosmopolit yaitu dapat bertahan hidup dalam segala cuaca, baik di daerah panas maupun dingin, didataran rendah, tebing maupun dipegunungan. Bambu dapat dimanfaatkan sebagai arang bambu. Bambu yang digunakan pada umumnya adalah jenis bambu yang memiliki daging bambu yang cukup tebal, proses pembuatan arang bambu dilakukan dengan cara memotong bambu yang masih segar terlebih dahulu dilakukan pengeringan agar bambu mudah dilakukan proses karbonisasi atau pengarangan (Arsad, 2015)

Bambu mengandung selulosa (45–50%) dan lignin (20–25%), serta memiliki kepadatan alami yang tinggi, menjadikannya bahan baku briket yang ideal (Ihsan *et al.*, 2019). Menurut Ihsan *et al.* (2019), arang bambu dapat menghasilkan nilai kalor hingga 6.500 cal/g dari bahan baku arang bambu dan tempurung kelapa. Sifat mekanis bambu juga meningkatkan kekuatan tekan briket. Karbonisasi pada bambu dilakukan pada suhu 300–400°C guna mengoptimalkan kandungan karbon. Selain itu, Krisdianto *et al* (2006) dalam Amaliyah dan Kuswarini (2012) nilai kalor arang rata-rata hasil penelitian sebesar 6602 cal/g, sedangkan nilai kalor arang hasil penelitian 6731,08 cal/g hingga 7245,23 cal/g.

2.5 Limbah Tongkol Jagung

Jagung (*Zea mays*) adalah tanaman semusim dan termasuk jenis rumputan/graminae yang mempunyai batang tunggal, meski terdapat kemungkinan munculnya cabang anakan pada beberapa genotipe dan lingkungan tertentu. Batang jagung terdiri atas buku dan ruas. Daun jagung tumbuh pada setiap buku, berhadapan satu sama lain. Bunga jantan terletak pada bagian terpisah pada satu tanaman sehingga lazim terjadi penyerbukan silang. Jagung merupakan tanaman hari pendek, jumlah daunnya ditentukan pada saat inisiasi bunga jantan, dan dikendalikan oleh genotipe, lama penyinaran, dan suhu. (Subekti dkk., 2007).

Salah satu morfologi yang terdapat pada tanaman jagung adalah tongkol jagung. Tanaman jagung menghasilkan satu atau beberapa tongkol. Menurut Koswara (1991), 30% dari berat jagung adalah tongkol jagung dan sisanya adalah biji dan kulit. Tongkol jagung adalah bagian dari tanaman jagung yang merupakan tempat melekatnya biji jagung. Tongkol muncul dari buku ruas berupa tunas yang kemudian berkembang menjadi tongkol. Pada tongkol terdapat biji jagung yang terususun rapi. Dalam satu tongkol terdapat 200 – 400 biji (Paeru dan Dewi, 2017)

Dalam kegiatan industri jagung dihasilkan limbah seperti tongkol jagung (*corn cob*). Batang jagung (*corn stover*) merupakan limbah jagung. Setelah masa produktif jagung habis maka limbah tongkol jagung yang dihasilkan cukup besar dan memiliki kandungan serat yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bio-oil. Limbah batang jagung tersebut merupakan sumber energi alternatif yang melimpah, dengan kandungan energi yang relatif besar. Limbah pertanian tersebut apabila diolah dengan perlakuan khusus akan menjadi suatu bahan bakar padat buatan yang lebih luas penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif yang disebut biobriket. (Saleh, 2013).



Gambar 4. Limbah tongkol jagung

Tongkol jagung mengandung selulosa (35–40%), hemiselulosa (30–35%), dan lignin (15–20%), dengan nilai kalor sekitar 5.500–6.771 cal/g setelah karbonisasi (Arman *et al.*, 2017). Penelitian oleh Surono (2010) menunjukkan bahwa karbonisasi pada suhu 380°C meningkatkan kandungan karbon tongkol jagung hingga 67%, mengurangi emisi CO, dan meningkatkan efisiensi pembakaran.

Didalam tongkol jagung terdapat kandungan serat yang cukup besar yaitu 29,89% dan kadar abu 5%. Kandungan abu yang semakin kecil akan menghasilkan nilai kalor yang semakin tinggi yang menyebabkan tongkol jagung mudah dibakar (Hamidi dkk., 2011). Pemanfaatan tongkol jagung untuk bahan bakar lebih besar dibandingkan dengan penggunaan limbah batang dan daun. Hal ini karena tongkol jagung juga memiliki kandungan karbon yang tinggi. (Jayanti dkk., 2020)

Energi yang terkandung dalam tongkol jagung sebesar 3.500–4.500 kal/kg atau sama dengan 14,7-18,9 MJ/kg, dengan suhu pembakaran dapat mencapai 205°C, sehingga akan menghasilkan panas yang cukup baik apabila dibakar. Karena itu, tongkol jagung memiliki potensi untuk dijadikan bahan bakar alternatif yaitu dikonversikan menjadi biobriket. (Gandhi, 2010)

2.6 Perekat Tapioka

Perekat adalah suatu bahan yang ditambahkan pada komposisi zat utama untuk memperoleh sifat-sifat tertentu, misalnya kekentalan (viskositas), ketahanan

(stabilitas) dan sebagainya. Beberapa jenis perekat yang berfungsi menaikkan viskositas adalah *Carboxy Menthyl Cellulosa* (CMC), *gypsum*, *kanji*, *gliserol*, *clay*, biji jarak dan sebagainya. Adapun penambahan perekat pada campuran biobriket adalah selain bahan yang didapat itu mudah dan terbarukan, juga bisa berfungsi untuk membantu penyulutan awal dan menarik air serta membentuk substrat yang akan disatukan atau direkatkan (Kalsum, 2016). Menambahkan bahan perekat menjadikan susunan partikel semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekan dan pembentukan briket akan semakin baik (Setiawan dan Adriodan, 2012).

Terdapat dua macam bahan perekat yang biasa digunakan dalam produksi briket, yaitu bahan perekat organik dan perekat anorganik. Bahan perekat organik ialah bahan pencampur pada pembuatan briket yang dapat merembes ke dalam permukaan dengan cara terabsorpsi sebagian ke dalam pori-pori atau celah yang ada, antara lain seperti pati (sagu dan tapioka), dekstrin, tepung beras, tar, dan molases. Sedangkan bahan perekat anorganik ialah bahan pencampur pada pembuatan briket yang berfungsi sebagai perekat antar permukaan partikel – partikel penyusun briket yang tidak reaktif (*inert*) dan berfungsi sebagai *stabilizer* selama pembakaran, antara lain seperti tanah liat (Permen ESDM, 2006).

Pati tapioka mempunyai sifat yang menguntungkan dalam pengolahan pangan, kemurnian larutannya tinggi, kekuatan gel yang baik dan daya rekat yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai bahan perekat. Komposisi kimia pati tapioka per 100 gram meliputi kadar air 9.105%, karbohidrat 88.2%, protein 1.1%, lemak 0.5%, fosfor 125mg, kalsium 84 mg, besi 1 mg (Bakhtiar, 2010).

Menurut Pari dkk. (1990), bahan perekat tapioka menghasilkan briket arang yang tidak berasap pada saat pembakaran dan bersifat tahan lama. Hambali dkk. (2008) juga menyatakan bahwa keuntungan penggunaan bahan perekat tapioka ialah bahan yang mudah diperoleh, murah, mudah aplikasinya dalam depresi air mutunya stabil, adesi ke selulosa dan substrat lainnya sangat baik, tidak larut dalam minyak dan lemak, tidak beracun, tahan terhadap panas, dan bersifat *biodegradable*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November hingga Desember 2024 di PT. Bukit Asam Tbk Unit Pengusahaan Briket Lampung, Jalan Raya Natar KM 16 No. 39 Desa Pemanggilan Natar, Lampung Selatan dan Labolatorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gergaji, golok, mesin sirkel, timbangan analitik, timbangan duduk, drum pembakaran, blower, karung, *trashbag*, kompor, ember, ayakan *tyler meinzer* II ukuran 40 mesh, *crusher mill*, panci, baskom, pengaduk, sarung tangan, *screw press briquette*, stopwatch, jangka sorong, cawan aluminium, penjepit, termokopel, anglo, desikator, gelas ukur, batu bata, batako, korek api, kawat kasa, oven, kertas label, kamera digital, laptop, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah batang singkong, limbah tempurung kelapa, limbah batang bambu, limbah tongkol jagung, briket batubara, solar, tepung tapioka, dan air.

3.3 Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan dalam penelitian ialah rancangan percobaan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktorial. Faktor percobaan ini terdiri dari dua faktor.

Faktor pertama (P) yaitu perbandingan komposisi antara limbah yang telah diarangkan serta telah diayak menggunakan *tyler meinzer* II ukuran *mesh* 40. Perlakuan pertama (P1) ialah Perbandingan komposisi antara limbah arang halus batang singkong, tempurung kelapa, batang bambu, dan tongkol jagung sebesar 30:25:25:20. Perlakuan kedua (P2) ialah Perbandingan komposisi antara limbah arang halus batang singkong, tempurung kelapa, batang bambu, dan tongkol jagung sebesar 35:20:25:20. Perlakuan ketiga (P3) ialah Perbandingan komposisi antara limbah arang halus batang singkong, tempurung kelapa, batang bambu, dan tongkol jagung sebesar 40:20:25:15.

Faktor kedua (T) yaitu perbandingan antara campuran komposisi (P) terhadap konsentrasi perekat. Konsentrasi perekat tapioka sebesar 7% (T1) dan konsentrasi perekat tapioka sebesar 10% (T2). Masing-masing kombinasi perlakuan dilakukan pengulangan (U) sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 18 sampel percobaan. Berikut merupakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktorial yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan acak lengkap (RAL) dua faktorial

Perbandingan Bahan	Konsentrasi Perekat	Ulangan		
		1	2	3
P1	T1	P1T1U1	P1T1U2	P1T1U3
	T2	P1T2U1	P1T2U2	P1T2U3
P2	T1	P2T1U1	P2T1U2	P2T1U3
	T2	P2T2U1	P2T2U2	P2T2U3
P3	T1	P3T1U1	P3T1U2	P3T1U3
	T2	P3T2U1	P3T2U2	P3T3U3

Keterangan:

P1: Perbandingan komposisi 1 (limbah arang halus batang singkong 30%, tempurung kelapa 25%, batang bambu 25%, dan tongkol jagung 20%)

P2: Perbandingan komposisi 2 (limbah arang halus batang singkong 35%, tempurung kelapa 20%, batang bambu 25%, dan tongkol jagung 20%)

P3: Perbandingan komposisi 3 (limbah arang halus batang singkong 40%, tempurung kelapa 20%, batang bambu 25%, dan tongkol jagung 15%)

T1: Konsentrasi perekat tapioka 7%

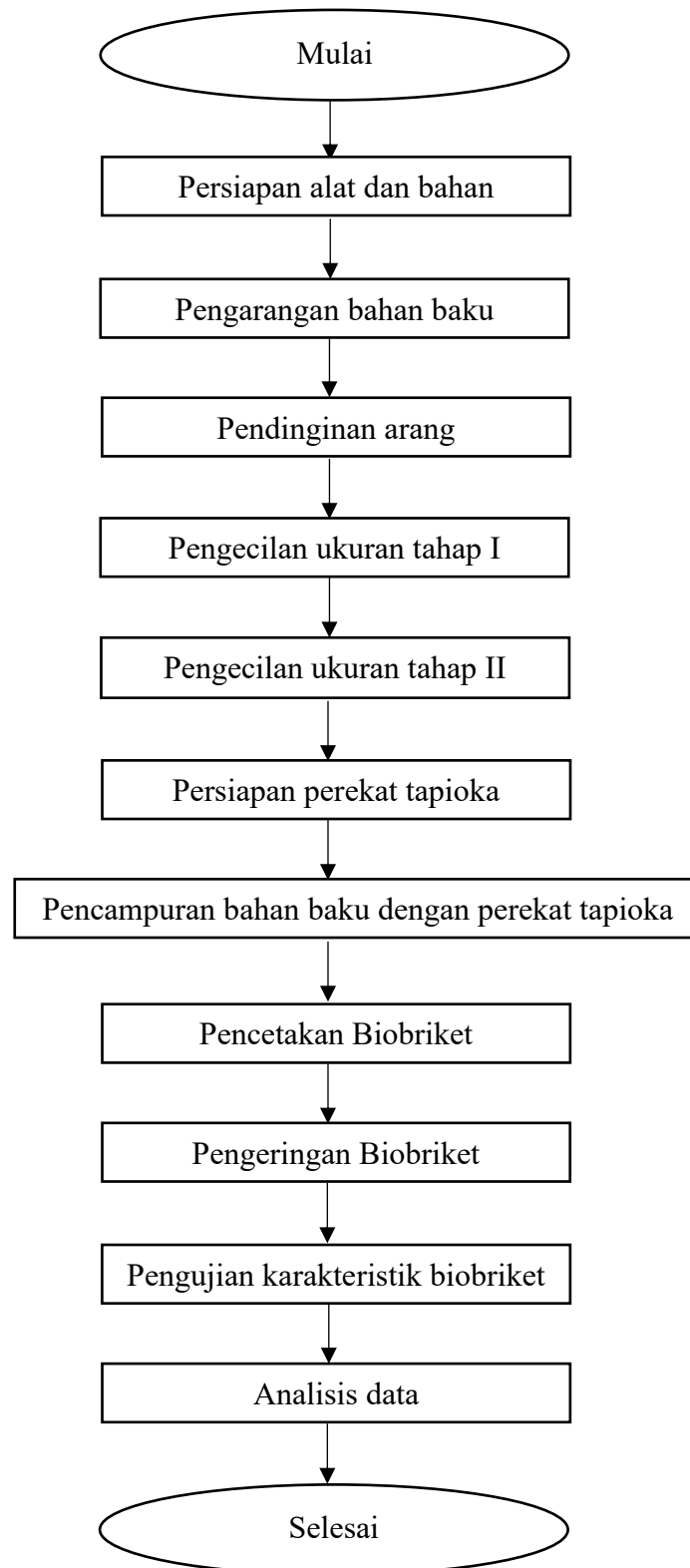
T2: Konsentrasi perekat tapioka 10%

U1: Ulangan pertama

U2: Ulangan kedua

U3: Ulangan ketiga

3.4 Prosedur Penelitian



Gambar 5. Bagan alir prosedur penelitian

3.5 Pengujian Karakteristik Biobriket

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kualitas briket agar dapat digunakan dan diperdagangkan. Karakteristik briket harus memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI 01-6235-2000 (Kalsum, 2016). Di bawah ini disampaikan penjelasan mengenai pengujian karakteristik yang berkaitan dengan biobriket. Pengujian karakteristik tersebut mencakup kadar air, kerapatan, kekuatan tekan, indeks ketahanan hancur, nilai kalor, dan laju pembakaran.

3.5.1 Kerapatan Biobriket

Kerapatan merupakan suatu perbandingan antara massa dan volume zat pada suhu dan tekanan tertentu. Kerapatan biobriket bisa ditentukan dengan cara mengukur dan menghitung massa biobriket untuk setiap satuan volume yang dihasilkan. Setiap sampel briket yang sudah dicetak ditimbang untuk mengetahui bobot beratnya, sedangkan volume ditentukan dengan cara mengukur panjang dan diameter. Berlandaskan dari penelitian Masthura (2019), kerapatan bisa dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan } (p) = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Volume } (V) = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times l \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

p = Kerapatan (g/ cm³)

m = Massa (g)

V = Volume (cm³)

l = Panjang (cm)

d = Diameter (cm)

3.5.2 Kadar Air Biobriket

Perhitungan kadar air ini dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis briket (Triono, 2006). Pengukuran kadar air dilakukan dengan cara dioven dengan suhu 105°C selama 1x24 jam hingga bobot konstan. Kadar air dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{wa-wb}{wb} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

wa = bobot sampel sebelum oven (gram)

wb = bobot sampel sesudah oven (gram)

3.5.3 Kekuatan Tekan Biobriket

Menurut Ridhuan dan Suranto (2016), kekuatan tekan briket adalah ukuran kemampuan untuk menahan atau menanggung beban tanpa mengalami kerusakan. Semakin tinggi nilai kuat tekan briket maka semakin kecil kemungkinan hancur pada saat proses pengangkutan dan penumpukan. Pengujian kekuatan tekan dilakukan dengan cara memberikan beban pada biobriket hingga mengalami retak dan pecah. Kekuatan tekan biobriket dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

P = Kekuatan tekanan (N/cm²)

F = Gaya maksimum (N)

A = Luas permukaan (cm²)

3.5.4 *Shatter Resistance Index* Biobriket

Shatter resistance index merupakan ketahanan banting yang dimiliki oleh biobriket tersebut. Semakin tinggi nilai *shatter resistance index* maka kualitas juga semakin baik. Pengujian *shatter resistace index* dapat dilakukan dengan cara menjatuhkan briket dari ketinggian 2 meter ke permukaan yang keras. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketahanan briket saat terkena benturan dengan benda keras sehingga berguna pada saat proses pengemasan, pesndistribusian, dan penyimpanan. *Shatter resistance index* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{SRI} = 100 - \left(\left(\frac{ma-mb}{ma} \right) \times 100\% \right) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

SRI = *Shatter resistance index* briket (%)

ma = Bobot awal briket (g)

mb = Bobot akhir biket (g)

3.5.5 Nilai Kalor Biobriket

Kalor merupakan besaran atau jumlah panas yang diterima atau dilepaskan oleh suatu benda. Nilai kalor bisa juga diartikan sebagai sifat bahan bakar yang menunjukkan kandungan energi dalam bahan bakar tersebut. Pengujian nilai kalor briket bertujuan untuk mengetahui besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar (Sudiro, 2014). Pada penelitian ini, pengukuran kalor diukur dengan menggunakan alat *bomb calorimeter*. Metode pengukuran kalor adalah dengan menyiapkan 6 sampel dari masing-masing perlakuan. Selanjutnya sampel ditimbang dan dimasukkan ke *vessel bomb calorimeter*. Kemudian *vessel bomb calorimeter* diisi dengan oksigen hingga tekanan mencapai 3000 kpa. Selanjutnya *vessel bomb calorimeter* dimasukkan *bomb calorimeter*, setelah itu menyalakan *bomb calorimeter* dan menginput berat sampel. Kemudian ditunggu sampai 20 menit sampai nilai kalor ditampilkan pada layar *bomb calorimeter*.

3.5.6 Laju Pembakaran Biobriket

Pengujian laju pembakaran ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan biobriket dari awal dinyalakan, kemudian membara hingga menjadi abu. Menurut Sudiro (2014) bahwa karakteristik pembakaran briket, dapat dilakukan sebagai tolak ukur untuk pembuatan bahan bakar yang efisien dalam penggunaannya. Menyiapkan beberapa sampel dan ditimbang bobot briket sebelum melakukan pengujian laju pembakaran. Selanjutnya, menyiapkan kayu yang sudah dicelupkan ke dalam minyak lampu kemudian dinyalakan apinya dan briket diletakkan di atas kawat kasa sampai briket nyala kemudian dihitung dengan stopwatch. Berdasarkan penelitian Almu dkk (2014), persamaan yang digunakan untuk mengetahui laju pembakaran adalah:

$$LP = \frac{m}{t} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

Lp = Laju pembakaran (g/menit)

m = Bobot sampel (g)

t = Waktu

3.6 Analisis Data

Data yang telah didapat nantinya akan di analisis lebih lanjut dengan menggunakan analisis Rancangan Acak Lengkap 2 Faktorial berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Analisis atau pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel dengan metode uji Anova dan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil analisis atau pengolahan data akan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik serta diuraikan secara deskriptif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Variasi komposisi bahan baku (limbah batang singkong, tempurung kelapa, batang bambu, dan tongkol jagung) serta konsentrasi perekat tapioka (7% dan 10%) berpengaruh terhadap karakteristik biobriket yaitu kadar air, kerapatan, kekuatan tekan, *shatter resistance index*, nilai kalor dan laju pembakaran.
2. Nilai kalor tertinggi sebesar 6.283,59 cal/g dari komposisi perlakuan P2T2 (35:20:25:20 dengan perekat 10%), nilai kalor ini telah melampaui standar SNI (minimal 5.000 cal/g), sehingga dapat dijadikan bahan bakar alternatif.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut pada pembuatan biobriket dengan penambahan limbah biomassa yang memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi biobriket
2. Perlu dilakukan pengujian nilai kalor arang dari masing-masing bahan sebelum dilakukan pencampuran guna mengetahui nilai kalor yang dihasilkan serta dapat menentukan komposisi yang paling baik dalam meningkatkan kualitas briket.
3. Perlu dilakukan pengembangan alat pencetak briket dengan penambahan tenaga yang besar, cetakan briket yang bervariasi, serta penambahan alat ukur tekanan.
4. Saat dilakukan pengarangan, perlu diketahui suhu pengarangan agar dapat dihitung nilai kalor secara teoritis sehingga dapat mempekirakan nilai kalor yang dihasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- Arman, M., Makhsud, A., Aladin, A., Mustafiah, M., dan Abdul, M. R. 2017. Produksi Bahan Bakar Alternatif Briket Dari Hasil Pirolisis Batubara Dan Limbah Biomassa Tongkol Jagung. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 2(2), 16.
- Arsad, E. 2015. Teknologi pengolahan dan manfaat bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 7(1), 45-52.
- Asri, S. 2013. Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran Biobriket Batang Jagung (*Zea Mays L*). Dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Makassar, 7(2).
- Bakhtiar, Y. 2010. *Penerapan Biofertilizer Coated Seed Pada Benih Tumbuh Mandiri Untuk Mendukung Reboisasi dan Reklamasi Lahan*. Balai Pengkajian Bioteknologi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Tangerang.
- Basuki, H. W. 2020. Cangkang Kemiri (*Aleurites trisperma*). *Jurnal System Scientee*, 3(4), 626-636.
- Budiman, A. 2019. *Biomassa: Anugerah dan Berkah yang Belum Terjamah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Danaatmaja, O. 2006. Bambu, tanaman tradisional yang terlupakan. *Webpage Harian umum PIKIRAN RAKYAT, Bandung*.
- Desgira, H. W. 2020. Pengaruh Variasi Perekat Terhadap Kualitas Briket Dari Serbuk Daun. *The Doctoral dissertation*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Dewi, R. K., Hudha, M. I., Darmawan, F., dan Prasetyo, D. W. 2021. Bio Briket Cangkang Aleurites Moluccana Melalui Gelombang Elektromagnetik Dengan Varian Daya Dan Durasi Waktu Karbonisasi. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 4(2), 49.

- Dinas Ketahanan Pangan, Tanaman Pangan, dan Hortikultura Provinsi Lampung. 2022. *Laporan Produksi Pertanian*. Bandar Lampung: Dinas Pertanian Provinsi Lampung.
- Elfiano, E., Subekti, P., dan Sadil, A. 2014. Analisa Proksimat Dan Nilai Kalor Pada Briket Biomassa Limbah Ampas Tebu Dan Arang Kayu. *Jurnal Aptek*, 6(1), 58
- Faizah, M., Rizky, A., Zamroni, A., dan Khasan, U. 2022. Pembuatan Briket sebagai Salah Satu Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Bonggol Jagung di Desa Tampingmojo. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 65–68.
- Feta, K. P., Nuriana, W., dan Hantarum. 2018. *Pengaruh Tekanan Terhadap Kerapatan, Kadar Air dan Laju Pembakaran pada Biobriket Limbah Kayu Sengon*. Fakultas Teknik. Universitas Merdeka Madiun.
- Gandhi, A., B. 2010. Pengaruh Variasi Jumlah campuran perekat terhadap karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung. *J. Profesional*, 8(1), 1-12.
- Gustam, A. A. R. 2018. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Alat Perajan Batang Singkong Tipe TEP-1. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., dan Haloman, A. 2008. *Teknologi Bioenergi*. Penerbit Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Hamidi, N., Wardana, I.N.G., dan Sasmito, H. 2011. Pengaruh Penambahan Tongkol Jagung Terhadap Performa Pembakaran Bahan Bakar Briket Blotong (*Filter Cake*). *Jurnal Rekayasa Mesin*. 2(2), 92-97.
- Hidayati, N., dan Ekayuliana, A. 2022. Studi Potensial Energi Biomassa dari Limbah Pertanian dan Perkebunan di Indonesia. In: *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 1, 130-135.
- Hutasoit, A., 2012. Briket Arang Dari Pelepah Salak. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Andalas. Padang.
- Ihsan, I., dan T, M. A. 2019. Pengaruh Komposisi Terhadap Karakteristik Briket Kombinasi Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Bambu. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 6(1), 89–93.
- Irsan, M., Yuliansyah, A., T., dan Purwono, S. 2018. *Hydrothermal Treatment Limbah Tempurung Kelapa Menjadi Bahan Bakar Padat*. Thesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

- Iskandar, N., Nugroho, S., dan Feliyana, M. F. 2019. Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar Mutu Sni. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 15(2).
- Jayanti, A., Adriani, A., Kristiani, M., dan Basri, A. H. H. 2020. Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Dan Getah Karet Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan Biobriket. *Agrica Ekstensia*, 14(1).
- Kaliyan, N., dan Morey, R. V. 2009. Factors Affecting Strength and Durability of Densified Biomass Products. *Journal Biomass and Bioenergy*, 33(3), 337– 359.
- Kalsum, U. 2016. Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Limbah Tongkol Jagung, Kulit Durian Dan Serbuk Gergaji Menggunakan Perekat Tapioka. *Jurnal Distilasi*, 1(1), 41-50.
- Koswara, J. 1991. *Budidaya Jagung. Jurusan Budidaya Pertanian*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Leni, R., Irnanda, A., dan Hendronursita, Y. 2018. Analisis Proksimat Pada Briket Arang Limbah Pertanian. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 3(1), 15-21.
- Li, Y. dan Liu, H. 2000. High - Pressure Densification of Wood Residues to Form An Upgraded Fuel. *Biomass and Bioenergy*, 19, 177 – 186.
- Lidiasari, E., Syafutri M. I., dan Syaiful, F. 2006. Influence of Drying Temperature Difference on Physical and Chemical Qualities of Partially Fermented Cassava Flour. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 8, 141-146
- Luthfi, P dan Taufik, P. 2020. Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology*, 5 (2).
- Mani, S., Lope, G., dan Sokhansany, S. 2004. Grinding Performance An Physical Properties Of Weat And Barley Straws, Corn Stover And Switchgrass. *Biomass & Bioenergy*, 27, 339-352
- Maryono, S. dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica*, 14 (1), 74-83.
- Masthura. 2019. Analisis Fisis Dan Laju Pembakaran Briket Biorang Dari Bahan Pelepah Pisang. *Journal of Islamic and Technology*. 5 (1): 58-66.

- Nurhayati, T., Desviana, D., dan Sofyan, K. 2005. Tempurung Kelapa Sawit (TKS) sebagai Bahan Baku Alternatif untuk Produksi Arang Terpadu dengan Pyrolegneous/Asap Cair. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 3(2), 83-88.
- Paeru, R. H. dan T. Q., Dewi. 2017. *Panduan Praktis Budidaya Jagung*. (F. A. Nurrohmah, Ed.) (I). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pattiya, A., Titiloye, J. O., dan Bridgwater, A. V. 2009. Fast Pyrolysis Of Agricultural Residues From Cassava Plantation For Bio-Oil Production. *Carbon*, 51(1), 51-59.
- Permen ESDM. 2006. *Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batu bara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batu Bara*. Jakarta.
- Pradhana, P., Mahajani, S. M., dan Arora, A. 2018. Production And Utilization Of Fuel Pellets From Biomass: A Review. *Fuel processing technology*, 181, 215-232.
- Prakoso, A., Setiado, H., dan Putri, L. A. P. 2019. Identifikasi Karakter Morfologis Dan Hubungan Kekerabatan Beberapa Genotipe Kelapa (*Cocos Nucifera* L.) Di Kabupaten Langkat Sumatera Utara. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 7(2), 361-367.
- Purnomo, D. dan Kusuma, M. P. 2022. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Singkong Di Kota Salatiga. *Journal of Economics Research and Policy Studies*, 2(1).
- Rahman. 2011. Uji Keragaan Biopellet dari Biomassa Limbah Sekam Padi (*Oryza sativa* sp.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Skripsi*. Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ridhuan, K., dan Suranto, J. 2016. Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Turbo*, 5 (1), 50-56
- Rosdiana. 2022. Kualitas Briket Arang dari Arang Batang Singkong (*Manihot Esculenta*) dan Arang Kayu Kebakaran Hutan Sekunder Berdasarkan Perbedaan Kadar Perekat Tapioka. *Skripsi*. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Ruslinda, Y., Husna. F., dan Nabila, A. 2017. Karakteristik Briket Dari Komposit Sampah Buah, Sampah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) Dan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di Rumah Tangga.

Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan, 14(1), 5-14.

Saleh, A. 2013. Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran pada Biobriket Batang Jagung (*Zea mays. L.*). *Jurnal Teknosains*, 7(1): 78-89.

Santy, K. G., Ofriana, Y. B., Iskandar, T., dan Anggraini, S. P. A. 2019. Proses Pembuatan Briket Arang dari Limbah Batang Singkong dengan Menggunakan Perekat Organik. *SENTIKUIN*, 2: 9.1-9.8.

Setiawan, A dan Adriodan, C. P. 2012. Pengaruh Komposisi Pembuatan Biobriket Dari Campuran Kulit Kacang Dan Serbuk Gergaji Terhadap Nilai Pembakaran. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(2), 9-16.

Sinurat, E. 2011. *Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete Dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Subekti, N. A., Syafruddin, R. E., dan Sunarti, S. 2007. *Morfologi Tanaman Dan Fase Pertumbuhan Jagung. Di Dalam: Jagung, Teknik Produksi Dan Pengembangan*. Jakarta (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Sudiro, S.S. 2014. Pengaruh Komposisi Dan Ukuran Serbuk Briket Yang Terbuat Dari Batubara Dan Jerami Padi Terhadap Karakteristik Pembakaran. *Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta*. 2(2): 1-18

Sudrajat, R. 1984. Pengaruh Kerapatan Kayu, Tekanan Pengempaan dan Jenis Perekat Terhadap Sifat Briket Kayu. *Jurnal PHH/FPR*. 1(1), 11-16

Sulaiman, R., Prasetyo, R., dan Wicaksono, A. 2020. Pengaruh Tekanan dan Perekat terhadap Kualitas Briket Biomassa. *Jurnal Energi Terbarukan*, 8(2), 45-52.

Suprpti, L. M. 2005. *Tepung Tapioka: Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Susanti, R., Andasuryani, dan Putri, N. 2021. Analisis Sifat Fisik Dan Kimia Briket Biomassa Campuran Tongkol Jagung Dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*, 9(1), 12–19.

Syamsiro, M. 2016. Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Padat Biomassa Dengan Proses Densifikasi Dan Torrefaksi. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, 1(1), 7-13.

- Syamsiro, M. dan Saptoadi, H. 2007. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat. In: *Seminar Nasional Teknologi*, 10(1), 7-8.
- Tanko, S., Okafor, J. O., Dim, P. E. 2022. Development and Characterization of Charcoal Briquettes From Shea Butter Seed Shell. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 58(5), 865-873
- Tirono, M. dan Sabit, A. 2011. Efek Suhu Pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (Coconut Shell Charcoal). *Jurnal Neutrino*, 3(2), 143-152
- Triono, A. 2006. Karakteristik Briket Arang Dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (*Maesopsis Eminii* Engl) Dan Sengon (*Paraserianthes Falcataria* L. Nielsen) Dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera* L). *Skripsi*. Universitas Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Udin, A. F., Nopitasari, D. F., Amelia. H. T., Meriani. T., Yani. S. N. U., dan Fitri. L. U. Pengolahan Limbah Kain Perca Menjadi Barang Tepat Guna (Briket, Kaset, Dan Tatakan Anti Panas) Desa Tembok Kidul, Kecamatan Adiwerna, Kabupaten Tegal. *Journal Of Trainig And Community Service ADPERTISI*. 3(2)
- Wahida, L. N. 2021. Karakteristik Briket Bioarang dari Campuran Limbah Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Mataram.