

**PENGEMBANGAN BRIKET BIOMASSA BERBAHAN BAKU LIMBAH
BATANG SINGKONG, LIMBAH BATANG BAMBU BETUNG, LIMBAH
TEMPURUNG KELAPA, DAN LIMBAH CANGKANG SAWIT
MENGUNAKAN PEREKAT TAPIOKA**

(Skripsi)

Oleh

**MOGA GILBERT TARAJA PAKPAHAN
2114071036**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGEMBANGAN BRIKET BIOMASSA BERBAHAN BAKU LIMBAH
BATANG SINGKONG, LIMBAH BATANG BAMBU BETUNG, LIMBAH
TEMPURUNG KELAPA, DAN LIMBAH CANGKANG SAWIT
MENGUNAKAN PEREKAT TAPIOKA**

Oleh

Moga Gilbert Taraja Pakpahan

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 BRIKET BIOMASSA BERBAHAN BAKU LIMBAH BATANG SINGKONG, LIMBAH BATANG BAMBU BETUNG, LIMBAH TEMPURUNG KELAPA, DAN LIMBAH CANGKANG SAWIT MENGGUNAKAN PEREKAT TAPIOKA

Oleh

MOGA GILBERT TARAJA PAKPAHAN

Krisis energi yang terjadi akibat ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mendorong perlunya 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 betung, tempurung kelapa, dan cangkang sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan briket biomassa berbasis limbah tersebut dengan menggunakan tepung tapioka sebagai perekat alami. Proses pembuatan meliputi pengurangan bahan baku, pengecilan ukuran, pencampuran dengan perekat, pencetakan, dan pengeringan. Briket yang dihasilkan kemudian diuji kualitasnya berdasarkan beberapa parameter fisik dan termal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa briket yang dibuat memiliki karakteristik yang memenuhi standar mutu, seperti kadar air yang rendah, kerapatan yang baik, kekuatan tekan yang memadai, serta nilai kalor yang cukup tinggi. Pemanfaatan limbah pertanian menjadi briket biomassa ini tidak hanya berkontribusi dalam pengurangan limbah organik, tetapi juga mendukung pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan.

Kata kunci: Limbah pertanian, briket biomassa energi terbarukan

ABSTRACT

Development of Biomass Briquettes from Cassava Stalk Waste, Betung Bamboo Stalk Waste, Coconut Shell Waste, and Palm Kernel Shell Waste Using Tapioca Adhesive

BY

MOGA GILBERT TARAJA PAKPAHAN

The energy crisis caused by dependence on fossil fuels has prompted the need to develop environmentally friendly alternative energy sources. One potential solution is the utilization of biomass waste as fuel, such as cassava stem waste, bamboo stem, coconut shell, and palm shell. This study aims to develop biomass briquettes based on these wastes using tapioca flour as a natural adhesive. The manufacturing process includes raw material charring, size reduction, mixing with adhesive, molding, and drying. The resulting briquettes are then tested for quality based on several physical and thermal parameters. The results of the study showed that the briquettes made have characteristics that meet quality standards, such as low water content, good density, adequate compressive strength, and high calorific value. The utilization of agricultural waste into biomass briquettes not only contributes to the reduction of organic waste, but also supports the development of sustainable renewable energy.

Keywords: Agricultural waste, renewable energy biomass briquettes

Judul Skripsi

**PENGEMBANGAN BRIKET BIOMASSA
BERBAHAN BAKU LIMBAH BATANG
SINGKONG, LIMBAH BATANG BAMBU
BETUNG, LIMBAH TEMPURUNG KELAPA,
DAN LIMBAH CANGKANG SAWIT
MENGUNAKAN PEREKAT TAPIOKA**

Nama Mahasiswa

Moga Gilbert Taraja Pakpahan

Nomor Pokok Mahasiswa

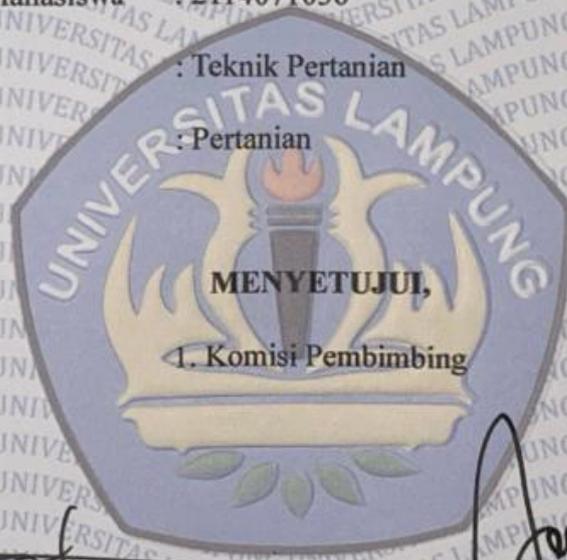
: 2114071036

Jurusan/PS

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian



Ir. Oktafri, M.Si.

Ir. Oktafri, M.Si.

NIP. 196410221989031004

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP. 196210101989021002

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

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

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

NIP. 197801022003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

Dr. Ir. Oktairi, M.Si.

Sekretaris

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

Penguji

Bukan Pembimbing

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

2. Dekan Fakultas Pertanian



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

96411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 April 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Moga Gilbert Taraja Pakpahan** NPM 2114071036 Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Ir. Oktafri, M.Si.** dan 2) **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si. IPM.** 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, 05 Mei 2025
Yang membuat pernyataan



Moga Gilbert Taraja Pakpahan
NPM. 2114071036

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Medan pada hari Selasa 29 Januari 2002. Penulis merupakan anak pertama dari enam bersaudara dari pasangan Bapak Marihot Pakpahan dan Ibu Rinawati Simatupang. Penulis memulai pendidikan sekolah dasar di SDN 173214 Pangaribuan lulus pada tahun 2014. Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Pangaribuan, lulus pada tahun 2017. Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Pangaribuan, dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Dosen dalam mata kuliah Fisika Dasar pada tahun ajaran 2024 /2025.

Selama menjadi mahasiswa penulis mengikuti organisasi, sebagai anggota Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) bidang Dana dan Usaha. Pada bulan Januari – Februari tahun 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gunung Pekuwon, Kecamatan Gunung Labuhan, Kabupaten Waykanan. Pada bulan Juni – Juli 2024 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Brigade Alat dan Mesin Pertanian Kecamatan Tegineneng, Provinsi Lampung dengan judul kegiatan “ Mempelajari Pemeliharaan dan Perawatan Alat Pemanen Padi (*Combine Harvester*) Yanmar AW70V di Brigade Alat dan Mesin Pertanian Tegineneng, Provinsi Lampung.

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Bukan kamu yang memilih Aku, tetapi Akulah yang memilih kamu. Dan Aku telah menetapkan kamu, supaya kamu pergi dan menghasilkan buah dan buahmu itu tetap.”

(Yohanes 15:16a)

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, hikmat, berkat, serta anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) ini.

Kupersembahkan skripsi ini untuk :

*Ayahku tercinta dan Mamaku tersayang
Adikku tersayang Chichi, Citra, Cindy, Marvel, Vande.*

SANWACANA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan rahma-Nya serta pertolongan anugerah-Nya melalui orang-orang yang membimbing dan mendukung dengan berbagai cara sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul **“Pengembangan Briket Biomassa Berbahan Baku Limbah Batang Singkong, Limbah Batang Bambu Betung, Limbah Tempurung Kelapa, Dan Limbah Cangkang Sawit Menggunakan Perekat Tapioka”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik (S.T.)** di Universitas Lampung.

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

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan selaku dosen pembahas yang telah memberikan nasehat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi,
4. Ir. Oktafri, M.Si. selaku pembimbing akademik dan pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, arahan, nasehat, kritik dan

saran serta motivasi selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi;

5. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si. dosen pembimbing kedua, yang telah memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman serta bantuan, baik dalam perkuliahan atau lainnya;
7. PT. Bukit Asam Tbk Unit Pengusahaan Briket Lampung yang telah memberikan fasilitas berupa tempat, alat dan bahan selama proses penelitian. Terima kasih kepada pak Novriko, bu Devi, Mbah Agus serta seluruh karyawan yang telah membantu serta memberikan banyak ilmu, nasehat, dan motivasi selama di Bukit Asam. Semoga Tuhan membalas segala kebaikan bapak dan ibu;
8. Bapakku Marihot Pakpahan dan Mamaku Rinawati Simatupang yang sangat kusayangi dan kuhormati dalam hidupku yang selalu mendoakan, memberi nasihat, dan semangat, serta mendukung segala urusan dalam proses perkuliahan. Terimakasih atas setiap perjuangan yang tidak mengenal lelah untuk mencari rezeki agar anak-anaknya bisa menempuh pendidikan yang lebih tinggi. Semoga Bapak dan Mamak diberkati oleh Tuhan Yesus, panjang umur dan sehat selalu. semoga Bapak dan Mamak mendampingi anak-anaknya sampai menjadi orang yang sukses, membanggakan Bapak dan Mamak, menjadi berkat buat orang lain, terlebih menjadi anak-anak yang takut akan Tuhan;
9. Kepada ade-ade abang Chichi, Citra, Cindy, Marvel dan Vande yang sangat saya kasihi yang selalu mendoakan dan memberikan semangat selama proses perkuliahan;
10. Terima kasih kepada Lae dan kak Jonathan, Lae dan kak Gabriel, serta Lae dan kak Yabes, yang telah menjadi orang tua saya di perantauan ini, memberikan nasihat, dukungan, dan semangat selama masa perkuliahan. Saya juga menyampaikan terima kasih yang tulus kepada para bere saya Jojo, Nia, Neta, Gabriel, Gracia, Yabes, atas kebersamaan, perhatian, serta semangat yang senantiasa kalian berikan. Kehadiran kalian menjadi penguat dalam menjalani

kehidupan sebagai perantau dan telah menjadi keluarga yang sangat berarti bagi saya di tanah rantau ini;

11. Rekan seperjuangan dalam satu penelitian ini yaitu Wahyu Gusti Harianto dan Fazle Muhammad yang telah memberikan banyak cerita; pengalaman, serta ilmu yang didapatkan serta kerjasamanya selama proses penelitian;
12. Keluarga Teknik Pertanian 2021 yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini;
13. Saudara-saudaraku Robek yang telah memberikan banyak cerita, pengalaman, serta ilmu yang didapatkan selama proses perkuliahan.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 28 April 2025

Penulis

Moga Gilbert Taraja Pakpahan

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Hipotesis	4
1.6. Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Krisis Energi.....	5
2.2. Batu bara.....	6
2.3. Energi Biomassa.....	7
2.4. Limbah Batang Singkong.....	8
2.5. Limbah Batang Bambu Betung	10
2.6. Limbah Tempurung Kelapa	13
2.9. Briket	18

III. METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1. Waktu dan Tempat	21
3.2. Alat dan Bahan	21
3.4. Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1. Persiapan Alat dan Bahan	24
3.4.2. Pengarangan.....	24
3.4.3. Pengecilan Ukuran Tahap I.....	25
3.4.4. Pengecilan Ukuran Tahap II.....	25
3.4.5 Pembuatan Perekat Tapioka	25
3.4.6. Pencampuran Perekat dengan Bahan Baku	26
3.4.7. Pencetakan Briket	27
3.4.8. Pengeringan briket	27
3.5. Pengujian Karakteristik Biobriket	27
3.5.1. Kadar Air Biobriket	27
3.5.2. Kerapatan Biobriket.....	28
3.5.3. <i>Shatter Resistance Index (SRI)</i>	28
3.5.4. Kekuatan Tekan Biobriket	29
3.5.5. Laju Pembakaran Biobriket	29
3.5.5. Nilai Kalor Biobriket	30
3.6. Analisis Data.....	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Briket Bioarang	31
4.2. Kadar Air	32
4.3. Kerapatan.....	35
4.4. <i>Shatter Resistance Index</i>	38

4.5. Kekuatan Tekan	40
4.6. Laju Pembakaran	43
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Batubara	6
2. Limbah batang singkong	9
3. Limbah batang bambu betung	11
4. Tempurung kelapa	13
5. Cangkang sawit	15
6. Tepung tapioka	17
7. Briket.....	19
8. Diagram alir penelitian.....	23
9. Briket bioarang.....	31
10. Grafik nilai rata-rata kadar air briket	32
11. Grafik rata-rata kerapatan briket	35
12. Rata-rata Shatter resistance index briket.....	38
13. Grafik rata-rata kekuatan tekan briket.....	41
14. Grafik nilai rata-rata laju pembakaran briket.....	44
15. Grafik hasil pengujian nilai kalor briket	46
16. Pemotongan limbah batang singkong	62
17. Pemotongan limbah batang bambu	62
18. Limbah batang singkong dan batang bambu.....	63
19. Limbah tempurung kelapa.....	63
20. Limbah cangkang sawit	64
21. Pengarangan limbah batang singkong.....	64
22. Pengarangan limbah batang bambu	65
23. Pengarangan limbah tempurung kelapa	65
24. Pengarangan limbah cangkang sawit	66

25. Proses pengarangan bahan baku.....	66
26. Arang batang singkong.....	67
27. Arang batang bambu	67
28. Arang tempurung kelapa	68
29. Arang cangkang sawit	68
30. Proses penggilingan arang menggunakan alat crusher mill	69
31. Pengayakan bahan dengan saringan ukuran 40 mesh	69
32. Serbuk batang singkong sebelum di ayak	70
33. Serbuk batang singkong setelah di ayak	70
34. Serbuk batang bambu sebelum di ayak.....	71
35. Serbuk batang bambu setelah di ayak	71
36. Serbuk cangkang sawit sebelum di ayak.....	72
37. Serbuk cangkang sawit setelah di ayak	72
38. Serbuk tempurung kelapa sebelum di ayak.....	73
39. Serbuk tempurung kelapa setelah di ayak.....	73
40. Penimbangan bobot komposisi bahan.....	74
41. Pembuatan perekat tepung tapioka.....	74
42. Pencampuran bahan dengan perekat	75
43. Pencetakan briket	75
44. Pemotongan briket	76
45. Pengeringan briket	76
46. Pengukuran diameter briket	77
47. Pengukuran bobot briket	77
48. Pengovenan briket.....	78
49. Pengujian shatter resistance index.	78
50. Pengujian kekuatan tekan briket	79
51. Alat uji tekan	79
52. Residu uji tekan.....	80
53. Pengukuran suhu dasar panci dengan termokopel	80
54. Residu laju pembakaran	81
55. Bomb calorimeter.....	81
56. Pembuatan drum pembakaran	82

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Harga batu bara 5 tahun terakhir	7
2. Karakteristik kimia limbah batang singkong	10
3. Karakteristik kimia limbah batang bambu	12
4. Karakteristik kimia limbah tempurung kelapa	14
5. Karakteristik kimia limbah cangkang sawit	16
6. Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial	22
7. Formulasi persentase bahan briket	26
8. Formulasi bobot adonan briket	26
9. Rendemen bahan	32
10. Anova parameter kadar air	33
11. Uji BNT perlakuan P terhadap kadar air	34
12. Uji BNT perlakuan T terhadap kadar air	34
13. Anova parameter kerapatan briket	36
14. Uji lanjut interaksi PT terhadap kerapatan briket	37
15. Anova parameter shatter resistance index briket	39
16. Uji BNT perlakuan T terhadap Shatter Resistance Index	40
17. Anova parameter kekuatan tekan briket	42
18. Uji lanjut interaksi PT terhadap kekuatan tekan briket	42
19. Data nilai kalor aktual briket (kal/g)	45
20. Data kadar air briket	57
21. Data kerapatan (g/cm^3) briket	58
22. Data kekuatan tekan briket (kg/cm^2)	59
23. Data Shatter resistance index (%) briket	60
24. Data laju pembakaran briket (g/menit)	61

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi global terus meningkat seiring dengan penambahan populasi manusia, perkembangan industri, dan pembangunan infrastruktur. Kondisi ini berbanding terbalik dengan ketersediaan energi yang semakin menipis. Di Indonesia, ketergantungan terhadap energi fosil, khususnya batu bara masih sangat tinggi. Ketergantungan ini memicu krisis energi karena permintaan energi yang terus meningkat melebihi pasokan yang tersedia. (Albertus & Zalukhu, 2019).

Dalam menghadapi permasalahan ini, pemanfaatan sumber energi alternatif menjadi solusi potensial. Limbah pertanian merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk mengatasi krisis energi. Indonesia memiliki cadangan limbah biomassa yang melimpah, terutama dari sektor pertanian, mengingat luasnya lahan pertanian dan tingginya produktivitas pertanian (Rumiyanti dkk., 2018). Salah satu contoh limbah pertanian yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah batang singkong. (Zhu dkk., 2015). Berdasarkan data dari Dinas Ketahanan Pangan dan Tanaman Pangan Hortikultura Provinsi Lampung, pada tahun 2024 produksi singkong mencapai 7,5 juta ton. Setelah panen, hanya sekitar 10% batang singkong yang dimanfaatkan untuk penanaman kembali, sementara 90% sisanya menjadi limbah (Sumada et al., 2011). Limbah batang singkong yang tidak tertangani dengan baik dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan (Asmara et al., 2019). Limbah ini perlu ditangani untuk mempersiapkan lahan bagi penanaman ulang. Saat ini, limbah batang singkong hanya ditumpuk di tepi

lahan dan kemudian dibakar. Penanganan ini berdampak negatif dan tidak memberikan manfaat ekonomi. Tumpukan limbah di tepi lahan dapat menjadi sarang hama, seperti tikus, sementara proses pembakaran mengakibatkan polusi udara.

Limbah batang singkong dapat ditingkatkan kegunaan dan nilai ekonominya dengan menjadikan limbah tersebut sebagai bahan baku pembuatan biobriket. Dengan menggunakan limbah batang singkong sebagai bahan baku untuk membuat biobriket, limbah dapat menjadi lebih bermanfaat dan menguntungkan. Membuat biobriket dari limbah akan menjadi alternatif untuk krisis energi fosil dan cara yang efisien untuk menangani limbah pertanian. Menurut Sari (2018), arang batang singkong memiliki nilai kalor 4591 kal/g. nilai kalor tersebut belum memenuhi syarat minimum nilai kalor biobriket yang ditentukan oleh SNI sebesar 5000 kal/g untuk biobriket. Oleh karena itu diperlukan campuran bahan baku lain yang memiliki potensi nilai kalor yang tinggi untuk meningkatkan kualitas briket yang dihasilkan. Limbah tempurung kelapa, batang bambu, dan cangkang sawit adalah contoh limbah biomassa dengan nilai kalor tinggi. arang limbah tempurung kelapa memiliki nilai kalor sebesar 6500-7600 kal/g (Usman 2014), arang dari limbah bambu memiliki nilai kalor sebesar 6434 kal/ g (Gunawan, 2017), dan arang cangkang kelapa sawit memiliki nilai kalor sebesar 6000 kal/gram (Rusmawan 2009). Dengan penambahan arang limbah tempurung kelapa, arang bambu, dan arang cangkang sawit, diharapkan dapat meningkatkan nilai kalor biobriket.

Selain bahan baku utama, pembuatan biobriket juga memerlukan perekat untuk mengikat partikel serbuk arang sehingga menghasilkan padatan yang utuh dan tidak mudah pecah. Dalam penelitian ini, perekat yang digunakan adalah tapioka. Tepung tapioka mengandung pati yang memiliki daya rekat tinggi dibandingkan dengan dengan jenis tepung lainnya (Amin dkk 2017). Selain itu, sebagian besar penelitian tentang briket juga menggunakan tapioka sebagai perekat utama karena efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas biobriket (Tamrin, 2016).

Dengan memanfaatkan limbah pertanian seperti batang singkong, tempurung kelapa, batang bambu, dan cangkang sawit sebagai bahan baku biobriket, tidak hanya mengatasi permasalahan limbah, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan pada batubara. Inovasi ini berpotensi menjadi solusi yang berkelanjutan dalam menghadapi krisis energi serta memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan ekonomi masyarakat.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menangani masalah limbah batang singkong, batang bambu, tempurung kelapa, dan cangkang sawit?
2. Bagaimana pengaruh komposisi bahan baku dan konsentrasi perekat tapioka terhadap nilai kalori briket biomassa.
3. Bagaimana pengaruh komposisi bahan baku dan konsentrasi perekat tapioka terhadap karakteristik briket biomassa.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari praktikum ini adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan limbah batang singkong batang bambu, tempurung kelapa, dan cangkang sawit sebagai briket biomassa.
2. Mengetahui pengaruh komposisi bahan baku dan konsentrasi perekat tapioka terhadap nilai kalori briket biomassa
3. Mengetahui pengaruh komposisi bahan baku dan konsentrasi perekat tapioka terhadap karakteristik briket biomassa

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menghasilkan produk briket biomassa yang ramah lingkungan, dapat mengurangi limbah organik, menghasilkan energi terbarukan, meningkatkan nilai ekonomi limbah, membuka peluang usaha baru, serta memberikan kontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang alternatif

1.5. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan komposisi limbah berpengaruh terhadap kandungan energi karakteristik dan briket biomassa
2. Perbandingan tepung tapioka berpengaruh terhadap kandungan energi dan karakteristik briket biomassa

1.6. Batasan Masalah

1. Bahan baku yang digunakan digunakan limbah batang singkong, batang bambu, tempurung kelapa, dan cangkang sawit.
2. Perlakuan yang digunakan yaitu perbandingan komposisi limbah batang singkong, batang bambu, tempurung kelapa, dan cangkang sawit.
3. Perekat yang digunakan adalah tepung tapioka

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Krisis Energi

Krisis energi merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia, termasuk Indonesia. Sebagai negara dengan tingkat konsumsi energi yang tinggi, Indonesia menghadapi dua isu utama terkait energi saat ini. Pertama, ketersediaan energi konvensional yang terus menurun, sementara kebutuhan energi terus meningkat. Keterbatasan ini dapat berdampak pada kenaikan harga bahan bakar serta tarif listrik. (Sartono Putro, 2017). Menurut data yang disampaikan oleh *Handbook of Energy and Economic of Indonesia*, cadangan bahan bakar fosil diperkirakan akan habis dalam 25-30 tahun mendatang. Selain itu, masalah kedua yang muncul adalah dampak lingkungan. Penggunaan minyak bumi untuk pembangkit listrik terbukti berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti residu pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap yang mempengaruhi kualitas udara dan berkontribusi terhadap pemanasan global.

Pada era industrialisasi dan transportasi saat ini, energi menjadi sumber utama untuk mendukung sektor-sektor tersebut. Energi yang digunakan saat ini sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Ketiga jenis bahan bakar ini masih menjadi penyedia energi terbesar di dunia. Bahan bakar fosil memasok sekitar 81% energi primer global dan berkontribusi terhadap 66% pembangkitan listrik dunia. Meskipun demikian, bahan bakar fosil merupakan sumber daya yang tidak terbarukan, yang pada akhirnya akan habis karena ketersediaannya yang terbatas (Ivan, 2013). Jika tidak ditemukan alternatif pengganti, ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil ini dapat mengarah pada krisis energi dalam beberapa dekade mendatang.

2.2. Batu bara

Batu bara adalah bahan bakar fosil yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terperangkap di bawah tanah dan mengalami proses penguraian di bawah tekanan serta panas tinggi selama jutaan tahun. Batu bara memiliki berbagai kegunaan yang signifikan di berbagai sektor. Penggunaan utama batu bara adalah sebagai pembangkit listrik, khususnya di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Di Indonesia, sekitar 83% dari total kebutuhan Batubara dialokasikan untuk sektor ini. Selain itu, Batubara digunakan dalam industri baja sebagai reduktor dalam produksi besi, serta sebagai bahan bakar dalam industri semen. Indonesia adalah salah satu negara penghasil dan pengekspor Batubara terbesar di dunia. Menurut informasi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), pada Juli 2021 bahwa cadangan batubara Indonesia mencapai 38,84 miliar ton. Rata-rata produksi batubara saat ini adalah sekitar 600 juta ton per tahun. artinya, cadangan Batubara di Indonesia akan habis dalam waktu sekitar 60 hingga 65 tahun jika tingkat produksi saat ini tetap dipertahankan. Menurut Aryadi (2013) menyatakan bahwa tingginya penggunaan batu bara sebagai sumber bahan bakar menyebabkan cadangannya semakin menipis, dan diperkirakan batu bara akan punah jika penggunaannya terus meningkat. Pada tahun 2024, pemanfaatan batu bara diperkirakan meningkat menjadi 181,28 juta ton, naik dari 166 juta ton pada tahun 2022, yang mencerminkan peningkatan kebutuhan dalam negeri.



Gambar 1. Batubara

Batu bara saat ini masih menjadi sumber energi utama dengan tingkat konsumsi tertinggi. Banyak negara berkembang terus mengandalkan batu bara sebagai sumber energi utama. Namun, negara-negara maju mulai beralih ke sumber energi lain. Bakar fosil yang dominan adalah minyak bumi, tetapi seiring berkurangnya cadangan dan melonjaknya harga minyak global, penggunaan batu bara meningkat secara signifikan untuk memenuhi kebutuhan energi di tingkat regional, nasional, dan internasional (Yulia dkk., 2021). Harga Briket Acuan (HBA) Batubara mengalami kenaikan yang cukup tinggi dalam 5 tahun terakhir. Kenaikan ini disebabkan oleh berbagai faktor global, salah satunya adalah faktor tingginya permintaan, dan gangguan pasokan akibat situasi tertentu. Harga batu bara dalam 5 terakhir disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Harga batu bara 5 tahun terakhir

Tahun	Harga Rata-rata (USD/Ton)
2018	98.96
2019	77.89
2020	58.17
2021	166.83
2022	350.00

Sumber: Kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral.

2.3. Energi Biomassa

Energi biomassa adalah energi yang berasal dari konversi bahan organik, seperti sisa tanaman, kayu, limbah pertanian, dan sampah organik. Energi biomassa dapat dimanfaatkan menjadi sumber daya energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, panas, atau bahan bakar cair seperti bioetanol dan biodiesel. Biomassa dianggap sebagai sumber energi terbarukan karena bahan bakunya dapat diperbaharui melalui siklus alami, misalnya dengan penanaman kembali tanaman yang digunakan. Proses konversi energi biomassa meliputi beberapa metode utama, seperti pembakaran langsung untuk menghasilkan panas, pirolisis dan gasifikasi untuk mengubah biomassa menjadi gas sintetis atau minyak, serta fermentasi anaerobik untuk menghasilkan biogas. Selain dapat mengurangi

ketergantungan pada bahan bakar fosil, energi biomassa juga berperan dalam pengelolaan limbah karena menggunakan sisa-sisa organik yang sebelumnya mungkin dibuang begitu saja. Meskipun demikian, pengelolaan penggunaan biomassa secara berkelanjutan adalah hal yang harus dijaga. (Aziz,2019). Salah satu aspek yang menonjol dari energi biomassa adalah kemampuannya untuk memanfaatkan limbah yang sering kali tidak dimanfaatkan, seperti ampas tebu, sekam padi, atau limbah kayu. Inovasi teknologi terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi proses konversi energi biomassa, sehingga diharapkan dapat berkontribusi lebih besar dalam memenuhi kebutuhan energi global yang berkelanjutan. (Patel, 2016). Salah satu hal menarik dari energi biomassa adalah pemanfaatan limbah yang sering diabaikan, seperti limbah batang singkong, limbah batang bambu, limbah tempurung kelapa, limbah sawit, ampas tebu, sekam padi, atau limbah kayu. Limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai solusi krisis energi, seperti bioenergi, pengurangan emisi karbon, dan pemanfaatan sebagai bahan bakar alternatif seperti briket dan pelet.

2.4. Limbah Batang Singkong

Singkong atau ubi kayu adalah salah satu jenis tanaman pangan yang sudah lama dikenal dan dibudidayakan oleh masyarakat di sebagian besar wilayah Indonesia. Tanaman singkong merupakan tanaman umbi-umbian yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, bahan baku industri, serta sebagai pakan ternak. (Agung, 2019). Tanaman singkong terus dikembangkan dan dibudidayakan di Indonesia karena manfaatnya yang beragam dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Pengembangan tanaman singkong adalah upaya pemerintah untuk meningkatkan kemandirian dan ketahanan pangan suatu wilayah dengan menyediakan sumber karbohidrat non-beras, memvariasikan konsumsi makanan lokal, mengembangkan industri pengolahan hasil atau agroindustri, dan menghasilkan devisa melalui ekspor. (Pusdatin 2016).

Provinsi Lampung adalah sentra penghasil singkong terbesar di Indonesia. Pada tahun 2024 Provinsi Lampung dapat memproduksi singkong singkong sekitar 7,5 juta ton. Angka tersebut menunjukkan peningkatan dibandingkan tahun 2023 yang

mencapai 7,1 juta ton dan 2022 sebesar 6,7 juta ton. Kebun singkong banyak tersebar di Kabupaten Lampung Tengah, Lampung Timur, dan Lampung Utara. Pesatnya budidaya singkong di Lampung sejalan dengan bertambahnya investor yang mendirikan pabrik berbasis bahan baku singkong, seperti pabrik tepung tapioka dan gaplek untuk pakan ternak. Varietas singkong yang banyak dibudidayakan di Lampung adalah varietas Kasetsart dari Thailand, Manggu, dan Adira. Singkong termasuk tanaman berbatang lunak atau getas (mudah patah), dengan batang bulat dan beruas yang terbentuk dari bekas pangkal tangkai daun. Tanaman singkong dapat tumbuh setinggi 1 hingga 4 meter. Singkong merupakan tanaman yang mudah dipelihara dan produktif (Salim, 2011). Produksi singkong yang sangat besar menghasilkan jumlah limbah yang cukup banyak sehingga dapat mengakibatkan beberapa hal. Salah satunya adalah masalah lingkungan, di mana limbah seperti daun, ampas, dan batang singkong, jika tidak dikelola dengan baik, dapat menumpuk dan menyebabkan pencemaran tanah serta air. (Zhu dkk. 2015)'



Gambar 2. Limbah batang singkong

Bobot limbah batang singkong dapat mencapai 50% dari bobot umbi singkong pada setiap kali panen. Namun, hingga saat ini, pemanfaatan limbah batang singkong belum dilakukan secara optimal, bahkan untuk pakan ternak, karena sifatnya yang berkayu. Di beberapa negara berkembang, limbah batang singkong telah digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, meskipun proses penyalannya lebih sulit dibandingkan dengan biomassa lainnya. Sebagai biomassa, limbah batang singkong mengandung dua komponen utama, yaitu

lignin dan selulosa. Menurut Sumada dkk. (2011), limbah batang singkong memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi, terdiri dari 56,82% α -selulosa, 21,72% lignin, 21,45% serat deterjen asam (ADF), dan panjang serat sekitar 0,05–0,5 cm. Secara umum, limbah batang singkong memiliki nilai kalor, kadar air, dan kadar bahan mudah menguap yang relatif tinggi, serta kadar karbon yang rendah. Selain itu, limbah batang tanaman singkong juga mengandung nitrogen dan belerang yang terikat relatif rendah, serta kadar abu yang sangat rendah. (Pattiya dkk., 2007). Karakteristik kimia limbah batang singkong menurut Pattiya dkk. (2007), dapat disajikan seperti Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik kimia limbah batang singkong

Komponen	Kandungan
Gross calorific value (MJ/kg)	17,58
Net calorific value (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 dkk. (2007)

2.5. Limbah Batang Bambu Betung

Bambu adalah salah satu tumbuhan yang termasuk dalam keluarga Gramineae (rumput-rumputan) dan juga disebut *Giant Grass* (rumput raksasa). Tanaman ini tumbuh berumpun dan terdiri dari beberapa batang (buluh) yang berkembang secara bertahap, mulai dari rebung, kemudian batang muda, hingga mencapai usia dewasa pada umur 4-5 tahun. Potensi pertumbuhan bambu di Indonesia cukup besar, dari 160 jenis bambu, terdapat 122 jenis bambu yang tumbuh di Indonesia

dan 88 diantara merupakan endemik Indonesia dan 65 jenis lainnya merupakan jenis bambu potensial yang dipergunakan untuk kebutuhan manusia. Sebagai hasil hutan bukan kayu, bambu sangat potensial untuk menggantikan kayu dalam industri yang berbasis bahan kayu. Hal ini salah satunya disebabkan oleh sifat bambu yang ramah lingkungan. Tanaman bambu ditanam satu kali dan dapat dipanen berkali-kali tanpa harus mencabut seluruh rumpunnya.



Gambar 3. Limbah batang bambu betung

Bambu betung (*Dendrocalamus Asper*), juga dikenal dengan nama *Bambusa Aspera Schultes*, adalah jenis tanaman bambu yang tumbuh di seluruh dunia. Bambu ini memiliki dinding yang tebal dan kokoh dengan diameter lebih dari 20 cm. Bambu betung terdiri dari dua jenis: yaitu bambu hijau dan bambu hitam. Jenis bambu ini dapat tumbuh tinggi hingga lebih dari 25 meter. Bambu jenis ini memiliki batang berwarna kuning hijau dan rumpunnya agak rapat. Jika dibandingkan dengan jenis bambu lainnya, ukurannya lebih besar dan lebih tinggi. Bambu betung ini dapat ditemukan di mana-mana dari dataran rendah hingga dataran tinggi (2000 meter) dan tumbuh dengan baik di tanah basah. Bambu ini tumbuh di seluruh Pulau Jawa, Sumatera, Sulawesi, bahkan sampai ke bagian timur Indonesia.

Pemanfaatan batang bambu pada umumnya masih terbatas sebagai bahan bangunan, alat kesenian, dan peralatan rumah tangga. Limbah batang bambu dihasilkan oleh para pengrajin bambu, dan potongan-potongan bambu tersebut tidak dapat dimanfaatkan serta tidak memiliki nilai ekonomis. Namun, limbah batang bambu dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang memiliki nilai ekonomis tinggi, yaitu dapat diolah menjadi biobriket. Bambu mengandung beberapa unsur penting, seperti karbon (C) dan hidrogen (H), yang dapat menghasilkan energi dalam bentuk panas saat bereaksi dengan oksigen dalam biomassa. Selain itu, bambu juga mengandung unsur lain, seperti hemiselulosa (73,32-83,8%), lignin (30,01-88%), abu (1,89-4,63%), dan SiO₂ (1,01-3,51%) (Fatriasari dan Hermiati, 2008). Arang bambu memiliki keunggulan dalam proses karbonisasi yang lebih mudah, kadar air yang rendah, dan tingkat kekerasan yang baik. Nilai kalor arang bambu sekitar 50% dari nilai kalor minyak bumi dengan bobot yang sama. Penelitian yang dilakukan oleh Iskandar dkk. (2015) menunjukkan bahwa nilai kalor yang dihasilkan oleh arang bambu mencapai 7.624 kkal/g, yang diperoleh dari sampel dengan tekanan hidrolis 6 kg dan ukuran partikel 35 mesh. Di sisi lain, hasil uji proksimat yang dilakukan oleh Putra dkk. (2003) menghasilkan nilai kalor sebesar 4.592,17 kkal/g. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa potensi limbah bambu dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biobriket. Karakteristik limbah batang bambu dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik kimia limbah batang bambu

Parameter	Nilai
Selulosa	42,8 - 53,6%
Lignin	19,8% - 26,6
Pentosan	1,2 -3,8
Zat ekstraktif	4,5 - 9,9
Kadar air	15,0 - 20,0
Kadar abu	1,2 - 3,8
SiO ₂	0,1 - 1,8

Sumber: Putra dkk.,(2003)

2.6. Limbah Tempurung Kelapa

Kelapa merupakan salah satu tanaman perkebunan yang tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Tanaman ini adalah yang paling banyak dibudidayakan secara ekstensif, tumbuh, dan dimanfaatkan untuk kehidupan manusia. Kelapa memiliki banyak manfaat yang cukup dikenal oleh sebagian besar masyarakat Indonesia, sebagai salah satu jenis tumbuhan dari suku aren-arenan atau *Arecaceae*. Hampir semua bagian dari tanaman ini dimanfaatkan oleh manusia, sehingga dianggap sebagai tumbuhan serbaguna (Eskak, 2015). Selain itu, tanaman kelapa memiliki umur yang panjang, yaitu dapat bertahan 60-80 tahun. Buah kelapa terdiri atas empat komponen, yaitu sabut 33%, tempurung 15%, air kelapa 22%, dan daging buah 30% (Sari dan Ariani, 2021). Berdasarkan data APCC (2018), Indonesia adalah salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia dengan total produksi sekitar 14 miliar butir per tahun. Luas areal perkebunan kelapa di Indonesia mencapai 3,5 juta hektare, dan 98% di antaranya dikelola oleh perkebunan rakyat. Pada tahun 2017, luas areal perkebunan kelapa Indonesia tercatat sebesar 3,59 juta hektare (Karouw dkk., 2019). Kebutuhan kelapa setiap tahun sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Indonesia merupakan negara pengekspor kelapa dan produk olahannya terbesar kedua setelah Filipina. Menurut Badan Pusat Statistik (2019), produktivitas kelapa dalam di Provinsi Lampung cukup tinggi, didukung oleh potensi alam yang ada.



Gambar 4. Tempurung kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian yang keras dari buah kelapa yang memisahkan antara daging buah dengan sabut kelapa. Sifat keras yang dimiliki

tempurung kelapa disebabkan oleh kandungan silikat (SiO_2) yang tinggi. 15-19% dari berat total kelapa merupakan bagian tempurung. Selain itu, tempurung kelapa juga kaya akan lignin, dan kandungan methoxyl di dalamnya hampir sama dengan yang ada pada kayu (Pulungkun, 1999). Tempurung kelapa termasuk jenis biomassa yang memiliki nilai kalor cukup tinggi bila dibandingkan dengan biomassa lain. Arang tempurung kelapa memiliki nilai kalor sekitar 6500-7600 kal/g. Oleh karena itu, tempurung kelapa menjadi salah satu bahan baku yang baik dalam pembuatan briket. Beberapa jenis tempurung kelapa yang sering digunakan dalam pembuatan briket adalah tempurung kelapa kering, tempurung kelapa tua, dan tempurung kelapa segar yang dijemur. tempurung kelapa kering memiliki kandungan air yang rendah, sehingga sangat cocok untuk proses pembakaran dan menghasilkan briket dengan kepadatan serta daya bakar yang baik. Tempurung kelapa tua, karena lebih keras dan tebal, mampu menghasilkan lebih banyak karbon, menjadikannya ideal untuk briket yang lebih tahan lama. Sementara itu, tempurung kelapa segar yang dijemur secara alami juga sering dimanfaatkan, karena pengeringan tersebut menurunkan kadar air dan mempermudah proses karbonisasi. (Dewi, 2018). Komposisi kimia yang biasanya terdapat dalam tempurung kelapa disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik kimia limbah tempurung kelapa

Komposisi	Persentase (%)
Lignin	29,40
Pentosan	27,70
Selulosa	26,60
Air	8,00
Solvent ekstraktif	4,20
Uronat anhidrat	3,50
Abu	0,60
Nitrogen	0,10

Sumber: Rusdianto (2011)

2.7. Limbah Cangkang Sawit

Kelapa sawit merupakan tanaman yang dimanfaatkan dalam industri sebagai bahan baku untuk menghasilkan minyak goreng, minyak industri, dan bahan bakar (Hazra et al., 2011). Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dengan penyebaran di daerah Aceh, pantai timur Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Potensi industri kelapa sawit di Indonesia yang berkembang dengan sangat cepat, menjadikannya sebagai produsen minyak kelapa sawit mentah (CPO) terbesar di dunia. Selain menghasilkan CPO, industri kelapa sawit juga menghasilkan limbah biomassa yang melimpah dan sering dibiarkan menumpuk dan tidak bisa di pungkiri banyak terdapat limbah dari hasil pengolahan kelapa sawit itu sendiri, khususnya adalah limbah padatnya karena masih belum banyak upaya yang dilakukan untuk pemanfaatan limbah ini kembali khususnya cangkang sawit itu sendiri . Dalam setiap satu ton Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit yang diolah, dihasilkan limbah serat (fiber) sebesar 13%, limbah cangkang sebesar 6,5%, dan limbah tandan kosong sebesar 23% (Departemen Pertanian, 2006). Menurut Yanti dan Hutasuhut (2020), limbah dari perkebunan kelapa sawit mencapai sekitar 20 juta ton pada tahun 2019. Meskipun limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, penggunaannya masih belum ramah lingkungan karena proses pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan asap dan debu. Produksi satu ton Tandan Buah Segar (TBS) (Abnisa et al., 2013).



Gambar 5. Cangkang sawit

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat dari pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari total produksi

minyak. Cangkang ini merupakan bagian terdalam dari buah kelapa sawit, dengan tekstur keras dan tidak dapat diolah menjadi minyak, sehingga hanya menjadi limbah pabrik. Cangkang kelapa sawit memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, yaitu dengan mengolahnya menjadi briket arang aktif. Briket ini diproduksi melalui proses karbonisasi pada suhu 550°C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan melalui proses ini memenuhi Standar Industri Indonesia (SII), kecuali pada kadar abu. Tingkat keaktifan arang cukup tinggi, ditunjukkan oleh daya serap iod sebesar 28,9% (Andriati Amir, 2003). Limbah cangkang ini merupakan bagian terdalam pada buah kelapa sawit dan memiliki tekstur yang keran oleh sebab itu dalam pengolahan buah kelapa sawit cangkang ini tidak bisa diolah menjadi minyak dan hanya menjadi limbah atau buangan pabrik, dan cangkang kelapa sawit ini juga mempunyai kandungan yang baik untuk di manfaatkan sebagai bahan bakar dan bisa untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut agar mempermudah penggunaannya dan lebih efektif yaitu dengan mengolahnya menjadi briket arang sebagai bahan bakar alternatif. Karakteristik termokimia limbah cangkang sawit disajikan pada Tabel 5

Tabel 5. Karakteristik kimia limbah cangkang sawit

Properti	Nilai (Uji 1)	Nilai (Uji 2)
Kadar Air (%)	11,89	12,20
Kadar Abu (%)	3,87	2,98
Bahan Bakar (%)	85,76	84,82
Karbon (%)	50,83	50,81
Hidrogen (%)	5,81	5,71
Oksigen (%)	41,54	41,28
Nitrogen (%)	0,65	0,53
Sulfur (%)	0,00	0,00
Nilai Kalor (MJ/Kg)	20,89	20,43

Sumber: when-Tien Tsai (2019)

2.8. Perekat Tapioka

Tepung tapioka merupakan hasil ekstraksi umbi ketela pohon yang diolah menjadi tepung, sering digunakan sebagai bahan dalam pembuatan kue dan berbagai masakan. Tepung tapioka dimanfaatkan sebagai perekat karena kandungan pati berupa karbohidrat pada umbi ketela pohon yang berfungsi sebagai cadangan makanan. Jika digunakan sebagai perekat, tapioka memiliki daya rekat yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis tepung lainnya. (Nuwa 2018).



Gambar 6. Tepung tapioka

Tepung tapioka merupakan produk yang dihasilkan dari umbi ketela pohon (*Manihot esculenta*), yang mengandung karbohidrat dalam bentuk pati. Kandungan pati pada tepung tapioka memiliki sifat mengental dan membentuk gel ketika dipanaskan dalam air, sehingga menjadi pilihan utama sebagai bahan perekat alami dalam berbagai aplikasi, termasuk pembuatan briket. (Suryani, 2018). Menurut Pari dkk (1990), briket arang yang menggunakan tapioka sebagai perekat lebih tahan lama saat proses pembakaran, serta tidak memiliki asap. Hal tersebut juga sejalan dengan pendapat Hambadi (2008) yang menyatakan bahwa penggunaan tapioka sebagai perekat briket arang memiliki beberapa keuntungan yaitu bahan yang mudah diperoleh, tahan terhadap panas, mutu stabil, tidak beracun bersifat biodegradable, serta harga yang murah.

Penggunaan tapioka sebagai perekat briket dipilih karena memiliki daya rekat yang tinggi, yang dapat memberikan kekuatan mekanis pada briket. Ketika dipanaskan, pati dalam tepung tapioka mengalami gelatinisasi, di mana rantai

molekulnya menyerap air dan membentuk gel yang berfungsi mengikat partikel briket bersama-sama (Hidayat, 2020). Penggunaan tepung tapioka sebagai perekat juga ramah lingkungan, karena berasal dari sumber terbarukan dan tidak menghasilkan emisi berbahaya saat pembakaran briket (Pratama, 2019). Penelitian menunjukkan bahwa briket dengan perekat tepung tapioka memiliki nilai kalor yang baik serta kekuatan tekan yang memadai, sehingga cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif (Sari et al., 2021). Selain itu, penggunaan tepung tapioka sebagai perekat dalam briket arang atau biomassa memungkinkan pemanfaatan limbah organik yang lebih efektif, sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil (Nugroho, 2017).

2.9. Briket

Briket merupakan bahan bakar padat yang dihasilkan melalui proses pemadatan material organik, seperti arang, serbuk gergaji, sekam padi, serabut kelapa, limbah biomassa, atau bahan lain yang dapat terbakar. Briket sering dijadikan alternatif bahan bakar ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah biomassa dan memiliki emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil, seperti batu bara (Suryani, 2018). Proses pembuatan briket melibatkan beberapa tahapan, yakni pengecilan ukuran bahan baku, pencampuran dengan perekat, pemadatan, dan pengeringan. Perekat digunakan untuk mengikat partikel bahan baku agar briket memiliki kekuatan mekanis yang baik, tidak mudah hancur, dan mampu menghasilkan panas yang stabil saat dibakar (Yuniati & Nugroho, 2019). Salah satu perekat alami yang umum digunakan adalah tepung tapioka, karena daya rekatnya tinggi dan sifatnya ramah lingkungan.



Gambar 7. Briket

Briket biomassa memiliki nilai kalor yang bervariasi tergantung jenis bahan baku yang digunakan. Misalnya, briket dari serbuk gergaji dan arang memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, sehingga efektif digunakan sebagai bahan bakar industri kecil maupun rumah tangga (Setyawan & Pratama, 2020). Selain itu, briket juga berperan dalam mengurangi limbah biomassa yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Rahmawati et al., 2021). Briket memiliki beberapa keunggulan, terutama dalam aspek lingkungan. Pembakaran briket lebih bersih dibandingkan bahan bakar tradisional, seperti kayu bakar atau batu bara. Briket menghasilkan lebih sedikit asap dan abu, serta memiliki waktu bakar yang lebih lama, sehingga menjadi pilihan yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Hidayat, 2017). Selain itu, pemanfaatan briket juga mendukung upaya pengurangan penggunaan bahan bakar fosil dan memberikan kontribusi positif dalam penggunaan energi terbarukan. Briket merupakan solusi energi yang ekonomis, ramah lingkungan, dan efisien. Penggunaan briket sebagai bahan bakar tidak hanya mendukung pengurangan limbah biomassa, tetapi juga mendorong pemanfaatan sumber daya yang berkelanjutan. Berdasarkan bahan baku produksinya, briket dapat dibedakan menjadi 3 jenis briket, yaitu:

- a. Briket Batubara, adalah jenis briket yang menggunakan bahan baku partikel batubara, baik dengan perekat maupun tanpa perekat (binder). Menurut Vachlepi dan suwardin (2013), gas buang hasil pembakaran Batubara mengandung senyawa sulfur yang berpotensi merusak lingkungan.
- b. Briket bio-batubara, adalah jenis briket yang dibuat dari campuran partikel Batubara dan biomassa seperti serbuk gergaji, tempurung kelapa, sekam padi,

atau limbah organik lainnya. briket ini dibuat untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas berbahaya seperti sulfur.

- c. Briket biomassa, adalah bahan bakar padat yang berasal dari sisa-sisa bahan organik (biomassa) yang telah mengalami pemampatan dengan tekanan tertentu (Hambali dkk., 2008). Keuntungan menggunakan bio-briket adalah gas buang dari proses pembakarannya relatif lebih aman dibandingkan dengan briket Batubara. Selain itu, gas buang dari pembakaran bio-briket tidak mengandung senyawa sulfur yang dapat membahayakan lingkungan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024 sampai Januari 2025 di PT. Bukit Asam Tbk Unit Pengusahaan Briket Lampung, Jalan Raya Natar KM 16 No. 39 Desa Pemanggilan Natar, Lampung Selatan dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gergaji, golok, timbangan analitik, timbangan duduk, drum pembakaran, karung, trashbag, kompor, ember, ayakan ukuran 40 mesh, crusher mill, blower, pipa, panci, baskom, pengaduk, sarung tangan, screw press briquett, stopwatch, jangka sorong, cawan aluminium, penjepit, desikator, gelas ukur, batu bata, batako, korek api, kawat kasa, oven, kertas label, kamera digital, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah batang singkong, limbah tempurung kelapa, limbah batang bambu, limbah cangkang sawit, minyak tanah, tepung tapioka, dan air.

3.3. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ialah rancangan percobaan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor percobaan ini terdiri dari dua faktor. Faktor pertama (P) yaitu perbandingan komposisi antara limbah. Dan faktor kedua (T) adalah ialah konsentrasi perekat tapioka sebesar. Masing-masing kombinasi perlakuan dilakukan pengulangan (U) sebanyak tiga kali sehingga

diperoleh 18 sampel percobaan. Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktorial yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Rancangan Acak Lengkap (RAL) 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	P3T2U3

Keterangan:

P1: Perbandingan komposisi 1 (limbah batang singkong 25%, batang bambu 25%, limbah tempurung kelapa 25%, dan limbah cangkang sawit 25%)

P2 : Perbandingan komposisi 1 (limbah batang singkong 30%, batang bambu 25%, limbah tempurung kelapa 25%, dan limbah cangkang sawit 20%)

P3 : Perbandingan komposisi 1 (limbah batang singkong 35%, batang bambu 30%, limbah tempurung kelapa 25%, dan limbah cangkang sawit 10%)

T1 : Konsentrasi perekat tapioka 7%

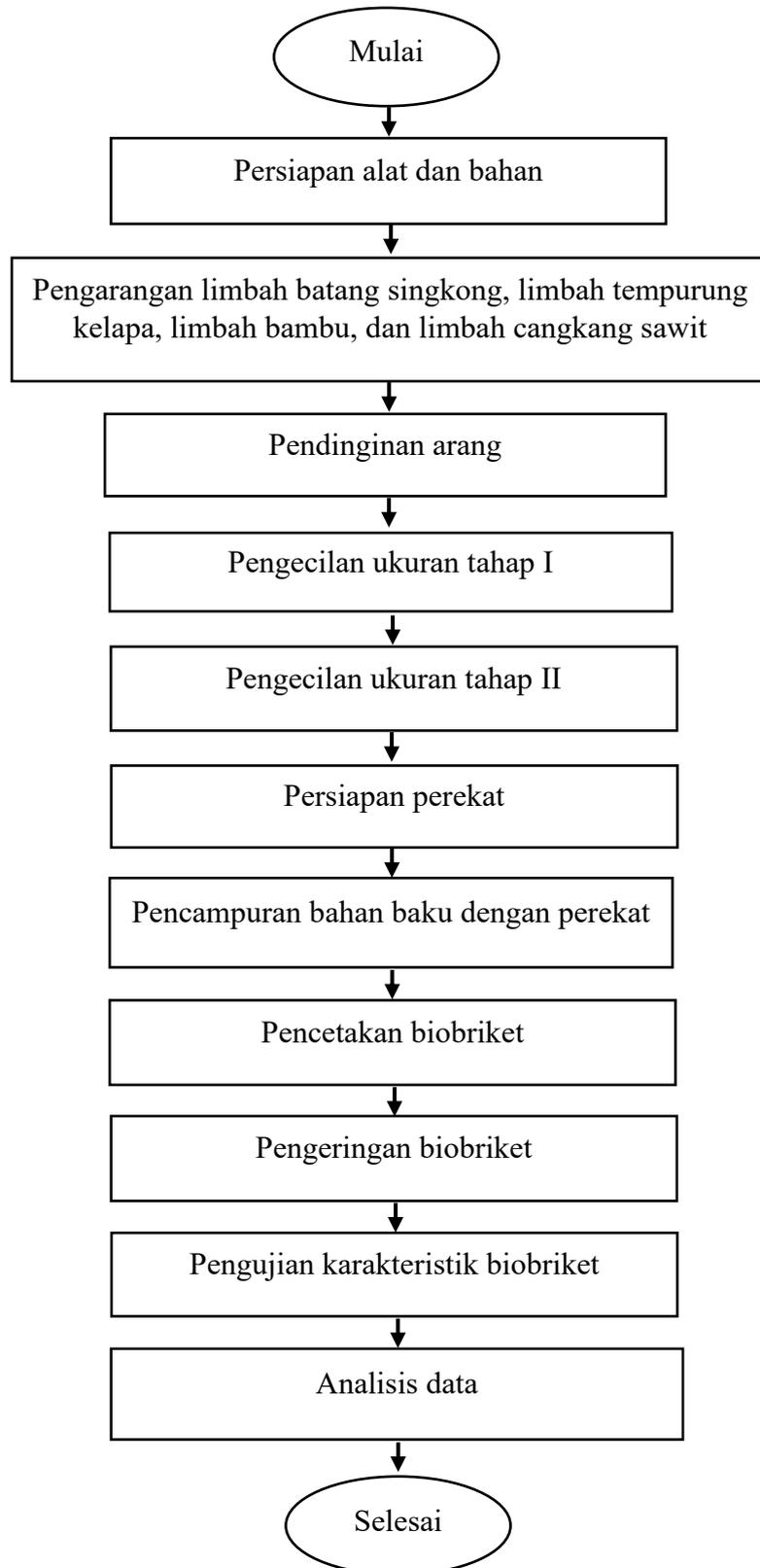
T2 : Konsentrasi perekat tapioka 10%

U1 : Ulangan pertama (1)

U2 : Ulangan kedua (2)

U3 : Ulangan ketiga (3)

3.4. Prosedur Penelitian



Gambar 8. Diagram alir penelitian

3.4.1. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum penelitian dilaksanakan, alat dan bahan penelitian harus dipersiapkan. Alat yang digunakan gergaji, golok, timbangan analitik, timbangan duduk, drum pembakaran, karung, trashbag, kompor, ember, ayakan ukuran 40 mesh, *crusher mill*, *blower*, pipa, panci, baskom, pengaduk, sarung tangan, *screw press briquet*, *bomb calorimeter*, *stopwatch*, jangka sorong, cawan aluminium, penjepit, termokopel, anglo, desikator, gelas ukur, batu bata, batako, korek api, kawat kasa, oven, kertas label, kamera digital, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah batang singkong, limbah batang bambu, limbah tempurung kelapa, limbah cangkang sawit, tepung tapioka, dan air. limbah batang singkong diperoleh dari kebun warga di Tegineneng. Limbah batang bambu diperoleh dari samping PT. Bukit Asam Tbk Unit Pengusahaan Briket Kecamatan Natar, Lampung. dengan jenis bambu betung. Limbah tempurung kelapa diperoleh dari pengusaha kopra di pasar tempel sukarama. Limbah cangkang sawit diperoleh dari PTPN7 Unit Bekri Lampung Tengah. Limbah batang singkong dan batang bambu dikecilkan ukurannya menjadi 10-15 cm. Pengecilan ukuran ini dilakukan untuk mempersempit rongga pembakaran di dalam drum, sehingga proses pengarangan lebih sempurna.

3.4.2. Pengarangan

Proses pengarangan (karbonasi) merupakan proses perubahan bahan baku menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang. (Ridhuan 2016). Pengarangan bahan baku dilakukan secara manual dengan menggunakan drum. Batang singkong, batang bambu betung, tempurung kelapa, dan cangkang sawit yang telah diperkecil ukurannya dimasukkan ke dalam drum hingga drum penuh. Setelah itu, drum yang sudah berisi bahan ditutup rapat dengan menggunakan tutup drum kemudian dilapisi dengan tanah liat supaya tidak ada rongga udara di dalam drum, sehingga menghentikan kobaran api. Proses pembakaran dilakukan selama 8-9 jam tergantung bahan yang dibakar. Setelah proses pembakaran, drum dibiarkan hingga keesokan harinya agar arang di dalamnya dingin, sehingga tidak perlu didinginkan lagi setelah dikeluarkan dari

drum. Proses pengarangan bahan baku ini dilakukan secara terpisah untuk setiap jenis bahan baku.

3.4.3. Pengecilan Ukuran Tahap I

Pengecilan ukuran arang batang singkong, arang batang bambu, arang tempurung kelapa, dan arang cangkang sawit dilakukan dengan menggunakan mesin *crusher mill*. Mesin *crusher mill* dihidupkan kemudian dimasukkan arang batang singkong batang bambu, tempurung kelapa, dan cangkang sawit secara bergantian hingga habis. Arang akan dicacah di dalam alat tersebut dengan kecepatan 1500rpm dengan ukuran ayakan 3 mesh. serbuk arang akan jatuh melalui bawah alat *crusher mill*, dibagian bawah tersebut sudah diberi karung untuk menampung arang yang sudah menjadi serbuk.

3.4.4. Pengecilan Ukuran Tahap II

Setelah pengecilan ukuran tahap I, dilanjutkan dengan pengecilan ukuran tahap II. Arang batang singkong, batang bambu, tempurung kelapa, dan cangkang sawit disaring menggunakan saringan ukuran 40 *mesh*. Seluruh bahan baku yang telah disaring dimasukkan ke dalam karung atau *trash bag*.

3.4.5 Pembuatan Perekat Tapioka

Perekat merupakan komponen penting dalam pembuatan produk biobriket karena berfungsi untuk merekatkan partikel-partikel arang pada saat proses pembuatan biobriket sehingga mudah dibentuk. (Mulyadi et al., 2013). Bahan baku untuk membuat perekat dalam penelitian ini ialah T1 dan T2. Pada perekat T1, tepung tapioka sebanyak 7% dari total bobot bahan, sedangkan T2, tepung tapioka sebanyak 10% dari total bobot bahan. Masing-masing perekat dicampur dengan air dengan perbandingan 1:10. Proses pembuatan perekatnya yaitu dengan mencampurkan tepung tapioka dan air yang diletakkan di atas panci. Kemudian dipanaskan di atas kompor yang menyala, sambil diaduk dengan menggunakan sendok sampai merata, mengental, dan berwarna bening. Serbuk arang batang

singkong dan bambu dicampur dengan beberapa variasi komposisi bahan baku utama dalam produksi briket.

3.4.6. Pencampuran Perekat dengan Bahan Baku

Komposisi bahan baku yang sudah diayak dicampur dengan perekat tapioka yang telah dibuat dengan variasi konsentrasi perekat tapioka sebesar 7% (T1) dan 10% (T2). Pencampuran bahan baku dan perekat dilakukan dengan manual yaitu menggunakan alat pengaduk kayu, pengadukan dilakukan diember sampai bahan adonan briket homogen, proses pengadukan berlangsung sekitar 10 menit.

Formulasi persentase dan bobot bahan baku briket disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7. Formulasi persentase bahan briket

Perbandingan Bahan	Konsentrasi Perekat	Persentase Bahan Baku					Jumlah (%)
		Batang singkong (%)	Batang bambu (%)	Tempurung Kelapa(%)	Cangkang sawit(%)	Perekat(%)	
P1	T1	25	25	25	25	7%	100
	T2	25	25	25	25	10%	100
P2	T1	30	25	25	20	7%	100
	T2	30	25	25	20	10%	100
P3	T1	35	30	25	10	7%	100
	T2	35	30	25	10	10%	100

Tabel 8. Formulasi bobot adonan briket

Perbandingan Bahan	Konsentrasi Perekat	Bobot Bahan Baku (g)					Jumlah (gram)
		Batang singkong (g)	Batang bambu (g)	Tempurung Kelapa (g)	Cangkang sawit (g)	Perekat (g)	
P1	T1	125	125	125	125	35	535
	T2	125	125	125	125	50	550
P2	T1	150	125	125	100	35	535
	T2	150	125	125	100	50	550
P3	T1	175	150	125	50	35	535
	T2	175	150	125	50	50	550

3.4.7. Pencetakan Briket

Bahan baku yang sudah membentuk adonan briket dan sudah homogen kemudian akan dicetak dengan menggunakan alat *screw press briquette*. Pencetakan dilakukan agar biobriket yang dibuat memiliki bentuk dan ukuran yang seragam. (Putri dan Andasuryani, 2017). Adonan briket yang siap untuk dicetak dimasukkan ke lubang umpan mesin *screw press briquette*. Selanjutnya mesin akan berputar terus pada porosnya. Bahan dihomogenkan sampai berbentuk gumpalan. kemudian bahan dicetak, bersamaan dengan itu adonan briket terkempa dan terdorong keluar menuju ruang pencetakan briket dengan memadat. Mesin *screw press briquette* akan membentuk adonan briket menjadi berbentuk silinder.

3.4.8. Pengerinan briket

Briket yang sudah dicetak dikeringkan di bawah sinar matahari ataupun dibawah suhu ruang. Briket yang baru dicetak masih banyak mengandung air sehingga perlu dikeringkan. Proses pengeringan ini sangat diperlukan agar tidak mengganggu besarnya nilai kalor dan laju pembakaran briket. Tujuan dilakukannya proses pengeringan ini untuk menghilangkan kadar air dalam briket dan untuk mendapatkan kadar air dibawah 8%. Pengeringan briket ini dijemur di bawah suhu ruang (25-30°C) selama 12-14 hari.

3.5. Pengujian Karakteristik Biobriket

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

3.5.1. Kadar Air Biobriket

Perhitungan kadar air biobriket 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 pada persamaan 1.

$$\text{Kadar Air} = \frac{w_a - w_b}{w_a} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: w_a = bobot sampel sebelum oven (gram)

w_b = bobot sampel sesudah oven (gram)

3.5.2. Kerapatan Biobriket

Kerapatan adalah perbandingan antara massa dan volume suatu zat atau benda. Kerapatan biobriket dapat ditentukan dengan cara mengukur dan menghitung massa biobriket untuk setiap satuan volume yang dihasilkan. Setiap sampel biobriket yang telah dicetak ditimbang untuk mengetahui beratnya, sedangkan volume ditentukan dengan mengukur panjang dan diameter. Berdasarkan penelitian dari Masthura (2019), kerapatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.

$$\text{Kerapatan } (p) = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Volume } (V) = \frac{\pi}{4} d^2 l \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: p = kerapatan (g/cm^3)

m = Massa (g)

V = Volume biobriket (cm^3)

l = Panjang (cm)

d = Diameter (cm)

$\pi = 3,14$

3.5.3. Shatter Resistance Index (SRI)

Pengujian indeks ketahanan pecah dapat menggambarkan kekuatan briket saat jatuh dari angkutan transportasi (truk) ke permukaan tanah. Pengujian indeks ketahanan pecah dilakukan dengan menjatuhkan briket yang telah diketahui beratnya dari ketinggian 2 meter ke permukaan yang keras. Indeks ketahanan pecah briket dapat dihitung dengan persamaan 4.

$$SRI = 100 - \left(\frac{Ma - Mb}{Ma} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan: SRI = Shatter resistance index briket (%)

Ma = Bobot awal briket (g)

Mb = Bobot akhir biket (g)

3.5.4. Kekuatan Tekan Biobriket

Kekuatan tekan briket adalah ukuran kemampuan biobriket untuk menahan atau menanggung beban tanpa mengalami kerusakan (Ridhuan, 2016). Semakin tinggi nilai kuat tekan biobriket, semakin kecil kemungkinan biobriket tersebut hancur saat proses pengangkutan dan penumpukan. Pengujian kekuatan tekan dilakukan dengan memberikan beban pada biobriket hingga biobriket mengalami retak dan pecah. Kekuatan tekan biobriket dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan: P = Kekuatan tekanan (N/cm²)

F = Gaya maksimum (N)

A = Luas permukaan (cm²)

3.5.5. Laju Pembakaran Biobriket

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui kecepatan pembakaran biobriket dari saat dinyalakan, kemudian membara hingga menjadi abu. Menurut Sudiro (2014), karakteristik pembakaran briket dapat dijadikan tolak ukur untuk menghasilkan bahan bakar yang efisien dalam penggunaannya. Beberapa sampel disiapkan, dan berat briket ditimbang sebelum pengujian laju pembakaran dilakukan. Selanjutnya, Untuk mempercepat penyebaran bara pada briket, celupkan sebatang kayu yang ke dalam minyak lampu, dan nyalakan apinya, lalu briket ditempatkan di atas kawat kasa. Setelah briket menyala, catat lama waktu pembakaran dengan stopwatch hingga bara briket padam. (Almu dkk., 2014). Laju pembakaran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6.

$$Lp = \frac{M}{t} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan: L_p = Laju pembakaran (g/menit)

M = Bobot sampel (g)

t = Waktu

3.5.5. Nilai Kalor Biobriket

Kalor adalah besaran atau jumlah panas yang diterima atau dilepaskan oleh suatu benda. Nilai kalor dapat 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 dilayar *bomb calorimeter*.

3.6. Analisis Data

Data yang telah diperoleh nantinya akan di analisis dengan menggunakan analisis Rancangan Acak Lengkap 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. Limbah batang singkong, batang bambu betung, tempurung kelapa, dan cangkang sawit dapat dimanfaatkan serta ditingkatkan nilai ekonominya dengan mengolahnya menjadi bahan baku briket biomassa yang ramah lingkungan.
2. Nilai kalor tertinggi diperoleh pada perlakuan P2T1 yaitu 7.998,88 kal/g. Nilai kalor pada penelitian ini telah memenuhi SNI dan permen ESDM sehingga sangat layak dijadikan sebagai bahan bakar alternatif pengganti batubara.
3. Komposisi bahan baku dan konsentrasi perekat tapioka berpengaruh terhadap karakteristik briket biomassa yaitu kadar air, kerapatan, kekuatan tekan, kekuatan tekan, dan laju pembakaran.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut pada pembuatan briket bioarang dengan penambahan limbah pertanian yang memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi briket biomassa.
2. Perlu dilakukan pengujian nilai kalor arang dari masing-masing bahan secara terpisah sebelum dilakukan pencampuran. Tujuannya untuk mengetahui nilai kalor tiap bahan serta menentukan komposisi yang paling baik dalam meningkatkan kualitas briket
3. Perbandingan perekat tapioka dan air menggunakan rasio 1:11.

4. Diperlukan penambahan pisau atau alat pemotong pada mesin pencetak briket, agar briket yang dihasilkan dapat terpotong secara langsung dengan ukuran yang seragam, sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas briket.

DAFTAR PUSTAKA

- Abnisa, F., Arami-Niya, A., Wan Daud, W. M. A., Sahu, J. N., & Noor, I. M. (2013). Utilization of oil palm tree residues to produce bio-oil and bio-char via pyrolysis. *Energy Conversion and Management*, 76, 1073–1082.
- Albertus, F., & Zalukhu. 2019. Dampak dan pengaruh pertambangan Batubara terhadap masyarakat dan lingkungan di Kalimantan Timur. *Jurnal Legalitas*. 4(1): 42-56.
- Arbi, Y., & Irsad, M. (2018). Pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit menjadi briket arang sebagai bahan bakar alternatif. *CIVED*, 5(4).
- Artiningsi, N. (2022) Pengolahan Limbah Kelapa Sawit Menjadi Briket Mendukung dan Mengurangi Beban Lingkungan. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(2), 10-16.
- Asmara, S., Kuncoro, S., & Zulkarnain, I. 2019. Pelatihan penanganan limbah batang singkong menggunakan mesin perajang batang singkong (rabakong) di Desa Tanjung Bulan, Kecamatan Kasui , Way Kanan. *Jurnal Sakai Sambayan*, 3 (2): 68-74.
- Aziz, M., (2019). "Biomass energy conversion for electricity and fuels: A comprehensive review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 98, 254-268.
- Data, P. (2016) *Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan Ubi Kayu*. Jakarta Kementerian Pertanian.
- Departemen Pertanian. (2006). *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Jakarta.

- Desgira, H. W. (2020). Pengaruh variasi perekat terhadap kualitas Briket dari serbuk daun teh (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara).
- Dewi, I.F. 2019. Pembuatan Briket Biocoal dari Tiga Varietas Limbah Batang Singkong dengan Campuran Dua Ukuran Partikel Batubara. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. 83 hlm.
- Elly, K. (2008). Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknik*, 8(2), 96-103
- Eren, B. M., Nigar, T., Korhar.K.G. 2019. The impact of financial development and economic growth on renewable energy consumption. *Science of the Total Environment*. Vol. 663 Page 189-197
- Eskak, E. 2015. Identifikasi pola laminasi tempurung kelapa. *Jurnal Dinamika Kerajinan dan Batik*. 32 (2): 107-116.
- Fatriasari, W., dan Hermiati, E. 2008. Analisis morfologi serat dan sifat fisiskimia pada enam jenis bambu sebagai bahan baku pulp dan kertas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. 2 : 67-72.
- Hazra, F.; & Sari, N. .2011 “ Biomassa Tempurung Buah Nyamplung (*Callophyllium Spp*), Untuk Pembuatan Briket Arang Sebagai Bahan bakar Alternatif. *Jurnal Sains Terapan*
- Hidayat, A. (2017). "Potensi Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan." *Jurnal Teknologi Energi*, 12(2), 45-52.
- Hidayat, A. (2020). "Penggunaan Tepung Tapioka sebagai Perekat dalam Pembuatan Briket." *Jurnal Energi Terbarukan*, 15(2), 45-52
- Husin, A.A. Limbah untuk Bahan Bangunan. Jakarta
- Hutasoit, A., 2012. Briket Arang Dari Pelepah Salak. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Andalas. Padang

- Iskandar, T., & Poerwanto, H. 2015. Identifikasi nilai kalor dan waktu nyala hasil kombinasi ukuran partikel dan kuat tekan pada bio-briket dari bambu. *Jurnal Teknik Kimia*. 9 (2): 33-37.
- 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
- Karow, S., Santoso, B., & Maskromo, I. 2019. Teknologi pengolahan minyak kelapa dan hasil ikutannya. *Jurnal Litbang Pertanian*. 38 (2): 86-95.
- Kusyanto, K., Rahim, M., Subakir, M. Y., Rahayu, I. E., & Fitriyana, F. (2022). Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah Dan Bambu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biobriket Dengan Metode Karbonisasi. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(4), 1031-1039.
- Masthura. 2019. Analisis fisis dan laju pembakaran briket biorang dari bahan pelepah pisang. *Journal of Islamic and Technology*. 5 (1): 58-66.
- Mustain, A., Sindhuwati, C., Wibowo, A. A., Estelita, A. S., & Rohmah, N. L. (2021). Pembuatan Briket Campuran Arang Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(2), 100-106.
- Mutiara, E., Hamzah, F., & Dewi, Y. K. (2024). Karakteristik Arang Kulit Buah Kakao dan Arang Batang Bambu Terhadap Mutu Briket. *Jurnal Agroindustri Halal*, 10(1), 13-22.
- Nugroho, B. (2017). "Pemanfaatan Limbah Organik untuk Pembuatan Briket dengan Perekat Tapioka." *Jurnal Biomassa*, 9(1), 22-30.
- Nuwa, N., & Prihanika, P. (2018). Tepung Tapioka Sebagai Perekat Dalam Pembuatan Arang Briket: Tapioca Flour as in Adhesive Making of Bricket. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 34-38.
- Patel, M., Zhang, X., & Kumar, A. (2016). "Techno-economic and life cycle assessment of lignocellulosic biomass thermochemical conversion

- technologies: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1486-1499
- Pattiya, A., Titiloye, O.J., & Bridgwater, A. V. 2007. Fast pyrolysis of agricultural residues from cassava plantation for bio-oil production. *Asian Journal on Energy and Environment*. 8 (2) : 496-502.
- Pratama, D. (2019). "Efisiensi Briket dengan Perikat Tepung Tapioka dalam Penggunaan Sehari-hari." *Jurnal Sumber Daya Energi*, 12(3), 89-95.
- Putra, H.P., Hakim, L., Yebi, Y., & Dianty, A.K. 2013. Studi kualitas briket dari tandan kosong kelapa sawit dengan perikat limbah nasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 5 (1):. 27-35.
- Putro, S. (2016) Analisis Kebutuhan Energi Proses Penggilingan Kedelai Dengan Penggerak Mesin Diesel Dan Motor Listrik Pada Industri Tahu. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 17(1).
- Rahma, N. (2021). Dampak Pertambangan Batu Bara Pada Kesehatan Lingkungan: A Systematic Review. *Health Safety Environment Journal*, 2(2).
- Rahmawati, D. R. (2023). *Pengembangan Biobriket Berbahan Baku Campuran Limbah Batang Singkong, Limbah Tempurung Kelapa Dan Limbah Bambu* (Doctoral dissertation, Universitas Lampung).
- Rhaharjo, A. C. (2019). Pemanfaatan Limbah Batang Singkong Dengan Penambahan Batubara Sebagai Briket Menggunakan Perikat Tapioka.
- Riseanggara, R. R. (2008). Optimasi Kadar Perikat pada Briket Limbh Biomassa. Perpustakaan Institit Pertanian Bogor. Bogor
- Rumiyanti, L., Irnanda, A., & Hendronursito, Y. 2018. Analisis proksimat pada briket arang limbah pertanian. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 3(1): 15- 22.
- Sari, D.R & Ariani, f. (2021). Pengolahan tempurung kelapa menjadi arang dan asap cair dengan metode semi-batch pyrolisis. *Jurnal Teknologi Separasi*. 7 (2): 367-373.

- Setyawan, R., & Pratama, D. (2020). "Analisis Nilai Kalor Briket dari Berbagai Jenis Limbah Biomassa." *Jurnal Energi Terbarukan*, 15(3), 89-97.
- 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
- Sulaiman, R., Prasetyo, R., & Wicaksono, A. (2020). *Pengaruh Tekanan dan Perekat terhadap Kualitas Briket Biomassa*. *Jurnal Energi Terbarukan*, 8(2), 45-52..
- Sumada, K., Tamara, E.P., & Alqani, F. (2011). kajian proses isolasi a-selulosa dari limbah batang tanaman manihot *esculenta crantz*. yang efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. 5 (2) : 434-438
- Suryani, R. (2018). "Briket sebagai Solusi Energi Terbarukan dari Limbah Biomassa." *Jurnal Pertanian dan Kehutanan*, 10(4), 121-128.
- Widnyana, K. (2012). Bambu dengan berbagai manfaatnya. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 8(1), 1-10.
- Yanti, R.N., & Hutasuhut, I. L. (2020). Potensi limbah padat perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 15(2), 1–11.
- Yuniati, R., & Nugroho, B. (2019). "Penggunaan Tepung Tapioka sebagai Perekat dalam Pembuatan Briket Biomassa." *Jurnal Teknologi Energi dan Lingkungan*, 14(2), 55-63.
- Zanella, K., Goncalves, J. L., & Taranto, O. P. (2016). Charcoal briquette production using orange bagasse and corn starch. *Chemical Engineering Transactions*, 49, 313-318.
- Zhou, C., & Wang, Y. (2020). Recent progress in the conversion of biomass wastes into functional materials for value-added applications. *Science and Technology of Advanced Materials*, 21(1), 787-804