

**PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS KOPI DAN KULIT KOPI
MENJADI BIOBRIKET SEBAGAI ALTERNATIF ENERGI**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Melengkapi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (S.T)
pada Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun oleh
NUR LAILA KHOIRUN NISA'
NIM. H95218060

Dosen Pembimbing
Ir. Shinfy Wazna Auvaria, S.T., M.T
Yusrianti, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Laila Khoirun Nisa'
Nim : H95218060
Program Studi : Teknik Lingkungan
Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiasi dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **"PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS KOPI DAN KULIT KOPI MENJADI BIOBRIKET SEBAGAI ALTERNATIF ENERGI"**. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 14 Juli 2023

Yang menyatakan

A yellow rectangular stamp with a red border. It contains the text "METERAN HATI TENANG" and a unique code "EAAJX426403605". A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

(Nur Laila Khoirun Nisa')
NIM.H95218060

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING SIDANG TUGAS AKHIR

Nama : NUR LAILA KHOIRUN NISA'
NIM : H95218060
Judul Tugas Akhir : PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS KOPI DAN
KULIT KOPI MENJADI BIOBRIKET SEBAGAI
ALTERNATIF ENERGI

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 26 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Ir. Shinfli Wazna Auyaria, MT
NIP. 198603282013032001

Yusrianti, MT
NIP. 198210222014032001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

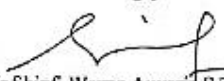
Dokumen Tugas Akhir oleh:

Nama : Nur Laila Khoirun Nisa'
NIM : H95218060
Judul : Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi menjadi Biobriket sebagai Alternatif Energi

Dokumen Tugas Akhir ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji
di Surabaya, 3 Juli 2023

Mengesahkan, Dewan Penguji,

Penguji I


Ir. Shifli Wazma Auvaris, S.T., M.T.
NIP. 198603282015032001

Penguji II


Yusranti, M.T.
NIP. 198210222014032001

Penguji III


Dedy Supravogi, M.KL
NIP. 198512112014031002

Penguji IV


Dyah Ratri Nurmaningsih, S.T., M.T
NIP. 198503222014032003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sunan Ampel Surabaya

Hamdani, M.Pd.
NIP. 19807312000031002



LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax. 031-8413360
E-Mail: perpustakaan@uin-sby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : NUR LAILA KHOIRUN NISA'
NIM : H95218060
Fakultas/Jurusan : SAINT DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : h95218060@uin-sby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS KOPI DAN KULIT KOPI MENJADI

BIOBRIKET SEBAGAI ALTERNATIF ENERGI

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 13 Juli 2023

Penulis

(NUR LAILA KHOIRUN N.)

ABSTRAK

PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS KOPI DAN KULIT KOPI MENJADI BIOBRIKET SEBAGAI ALTERNATIF ENERGI

Peningkatan konsumsi kopi di masyarakat dan jumlah kedai kopi berdampak pada timbunan limbah ampas kopi yang dihasilkan. Kulit kopi yang menjadi hasil samping proses pengolahan kopi masih belum banyak dieksplorasi manfaatnya. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah ampas kopi dan kulit kopi menjadi biobriket sebagai alternatif energi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi optimal biobriket, karakteristik pembakaran biobriket, dan analisis ekonomi biobriket campuran limbah ampas kopi dan kulit kopi. Penelitian ini menggunakan 3 variasi komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi yaitu 25%:75%, 50%:50%, dan 75%:25%, dan tepung tapioka sebagai perekat dengan konsentrasi 10%. Bahan yang digunakan adalah arang dari ampas kopi yang mengalami pirolisis pada suhu 200°C dan arang dari kulit biji kopi yang mengalami pirolisis pada suhu 250°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimal biobriket sesuai SNI 01-6235:2000 = Briket Arang Kayu dan SNI 1683:2021 Arang Kayu adalah Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25% dengan hasil uji kadar air 9,35%, kadar abu 5,89%, kadar zat mudah menguap 5,93%, kadar karbon terikat 78,82%, dan nilai kalor 5287,92 kal/gr. Hasil pengujian laju pembakaran biobriket paling lama yakni 0,1063 gr/menit dan emisi Karbon monoksida (CO) paling rendah sebesar 387 ppm pada komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25%. Analisis ekonomi menunjukkan HPP biobriket sebesar Rp7.612,00 per kg dengan nilai efisiensi sebesar 0,476 (Rp/kal). Sedangkan analisis kelayakan finansial menghasilkan BEP produksi mencapai 3.791 unit dan BEP penjualan Rp45.494.501, NPV sebesar Rp5.447.221.352,33 dengan PP selama 2 tahun 7 bulan, dan nilai IRR adalah 12%.

Kata kunci: biomassa, biobriket, limbah ampas kopi, limbah kulit kopi, energi alternatif

ABSTRACT

UTILIZATION OF SPENT COFFEE GROUNDS AND COFFEE HUSKS AS BIO BRIQUETTES FOR ENERGY ALTERNATIVE

The increase in coffee consumption in the community and the number of coffee shops has an impact on the generation of spent coffee grounds. Coffee husk, which is a by-product of the coffee processing process, has not been widely explored for its benefits. This study processed spent coffee grounds and coffee husk into bio briquettes as an energy alternative. This study aimed to determine the optimal composition of bio briquettes, the combustion characteristics of bio briquettes, and the economic analysis of bio briquettes mixed with spent coffee grounds and coffee husk. This research used 3 variations of Spent Coffee Grounds: Coffee Husk, namely 25%: 75%, 50%: 50%, and 75%: 25%, and tapioca starch as an adhesive with a concentration of 10%. The materials used were charcoal from coffee grounds pyrolyzed at 200°C and charcoal from coffee bean husks pyrolyzed at 250°C. The results showed that the optimal composition of bio briquettes according to SNI 01-6235: 2000 = Wood Charcoal Briquettes and SNI 1683: 2021 Wood Charcoal is Spent Coffee Grounds: Coffee Husks = 75%: 25% with the test results of moisture content of 9.35%, ash content of 5.89%, volatile matter content of 5.93%, fixed carbon content of 78.82%, and calorific value of 5287.92 cal/gr. The test results of the longest burning rate of bio briquettes are 0.1063 gr/min and the lowest carbon monoxide (CO) emissions of 387 ppm in the composition of Spent Coffee Grounds: Coffee Husk = 75%: 25%. The economic analysis shows that the COGS of bio briquettes is Rp7,612.00 per kg with an efficiency value of 0.476 (Rp/cal). While the financial feasibility analysis resulted in production BEP reaching 3,791 units and sales BEP of Rp45,494,501, NPV of Rp5,447,221,352.33 with PP for 2 years 7 months, and IRR value is 12%.

Keywords: biomass, bio briquettes, spent coffee grounds, coffee husk, alternative energy

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR RUMUS	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tanaman Kopi	7
2.2 Produk Sampingan Pengolahan Kopi.....	8
2.2.1 Limbah Ampas Kopi.....	10

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Analisis Proksimat dan Ultimat dari Bubuk Kopi sebelum Diseduh dan Limbah Ampas Kopi Kering	11
Tabel 2. 2 Hasil Analisis Proksimat dan Ultimat Kulit Kopi.....	12
Tabel 2. 3 Tabel Perbandingan Analisis Kandungan dalam Briket Biomassa.....	20
Tabel 2. 4 Hasil Analisis Proksimat Tepung Tapioka.....	22
Tabel 2. 5 Spesifikasi Persyaratan Mutu Briket Arang Kayu	26
Tabel 2. 6 Spesifikasi Persyaratan Mutu Arang Kayu	26
Tabel 2. 7 Referensi Penelitian Terdahulu	35
Tabel 3. 1 Tabel Rincian Alat Penelitian	42
Tabel 3. 2 Komposisi Campuran Briket dan Kode Sampel	51
Tabel 3. 3 Rincian Komposisi Massa Tiap Sampel Briket Diameter 5cm.....	52
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kadar Air Bioriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi.....	84
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Abu Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi.....	88
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi.....	91
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi.....	94
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Nilai Kalor Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi.....	97
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Laju Pembakaran Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi	100
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Emisi Karbon Monoksida (CO) Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi	103
Tabel 4. 8 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Standar Kualitas Mutu Briket	106
Tabel 4. 9 Asumsi Teknis	108
Tabel 4. 10 Kecamatan dengan Produktivitas Kopi Tertinggi di Kabupaten Blitar	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman Kopi	8
Gambar 2. 2 Struktur Biji Kopi.....	9
Gambar 2. 3 Diagram Alur Proses Pengolahan Kopi dan Hasil Samping.....	9
Gambar 2. 4 Alat Pencetak Briket dengan Tekanan Piston	14
Gambar 2. 5 Pencetak Briket dengan Ekstruder Sekrup	15
Gambar 2. 6 Alat Pembuat Briket dengan Tekanan Hidrolik	16
Gambar 2. 7 Alat Cetak Briket dengan Tekanan Rol.....	16
Gambar 3. 1 Kerangka Pikir Penelitian.....	39
Gambar 3. 2 Lab Oven OG560	42
Gambar 3. 3 Muffle Furnace M110	42
Gambar 3. 4 Carbolite ELF 1100C <i>Chamber Furnace</i>	42
Gambar 3. 5 <i>Oxygen Bomb Calorimeter LBC-C20</i>	43
Gambar 3. 6 Crucible Gooch volume 25 ml	43
Gambar 3. 7 Laboratory Porcelain Mortar and Pestle 220 ml	43
Gambar 3. 8 Ayakan 60 mesh (<i>250 μm</i>)	43
Gambar 3. 9 <i>Analytical Balance M204T/00</i>	44
Gambar 3. 10 Cawan Petri ukuran 100/20	44
Gambar 3. 11 <i>Hotplate Stirrer</i>	44
Gambar 3. 12 Batang Pengaduk.....	45
Gambar 3. 13 Sendok.....	45
Gambar 3. 14 Gelas Ukur volume 100ml	45
Gambar 3. 15 Gelas Beker volume 300ml	46
Gambar 3. 16 Cetakan Briket Silinder (<i>stainless steel</i>)	46
Gambar 3. 17 Alat Tekan Berbahan Kayu	47
Gambar 3. 18 Electronic digital pocket scale 200gr	47
Gambar 3. 19 Wadah Plastik.....	47
Gambar 3. 20 Pemantik Api (<i>Torch</i>)	48
Gambar 3. 21 Kaki Tiga dan Plat Kawat	48

DAFTAR RUMUS

Rumus 3. 1 Kadar Air	68
Rumus 3. 2 Kadar Abu.....	70
Rumus 3. 3 Kadar Zat Mudah Menguap.....	72
Rumus 3. 4 Karbon Terikat.....	72
Rumus 3. 5 Laju Pembakaran	78
Rumus 3. 6 Harga Pokok Produksi	79
Rumus 3. 7 Break Even Point	79
Rumus 3. 8 Net Present Value	80
Rumus 3. 9 Payback Periode.....	80
Rumus 3. 10 Internal Rate of Return	81

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Spesifikasi Mesin Pembuatan Biobriket untuk Perhitungan <i>Feasibility Study</i>	133
Lampiran 2 Aliran Kas (<i>Cash Flow</i>) Tahun Pertama hingga Tahun Kelima	135
Lampiran 3 Aliran Kas (<i>Cash Flow</i>) Tahun Keenam hingga Tahun Kesepuluh	136
Lampiran 4 Surat Keterangan Bukti Penelitian	137



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan komoditas dagang agrikultur utama dunia dengan tingkat konsumsi harian secara global mencapai 2,25 juta cangkir (Campos-vega *et al.*, 2015) dan termasuk komoditas unggulan perkebunan yang berkontribusi terhadap perekonomian Indonesia (Fithriyyah, Wulandari dan Sendjaja, 2020). Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan tingkat produksi kopi Indonesia pada Tahun 2021 mencapai 774,6 ribu ton, meningkat 2,75% dibandingkan Tahun 2020 dan menjadi hasil tertinggi dalam jangka waktu 10 tahun terakhir, sehingga menempatkan Indonesia di posisi ke-4 dunia (Mahmudan, 2022).

Menurut laporan yang dirilis Global Agricultural Information Network (2022), Konsumsi kopi Indonesia pada periode 2022/2023 diprediksi mencapai 4,8 juta kantong, meningkat 50.000 kantong dibanding Tahun 2021 akibat dari pulihnya permintaan gerai kopi dan mobilitas konsumen yang berangsur kembali normal setelah pandemi COVID-19. Tren peningkatan konsumsi kopi ditandai dengan menjamurnya bisnis *coffee shop*. Pertumbuhan jumlah kafe berbasis kopi (*coffee shop*) menurut prediksi dari Asosiasi Pengusaha Kafe dan Restoran Indonesia (Apkrindo) Jawa Timur akan meningkat 16% hingga 18% akibat pengaruh perubahan gaya hidup masyarakat di perkotaan (Widiarti, 2019).

Peningkatan produksi skala industri dan konsumsi kopi di *coffee shop* akan berdampak pada timbulan limbah yang dihasilkan. Selama proses pengolahan kopi, dihasilkan produk sampingan berupa *pulp*, kulit kopi, dan ampas kopi bekas (Tsai, 2017). Karmee (2018) mengestimasi bahwa 1 ton biji kopi hijau dapat menghasilkan 650 kg limbah ampas kopi. Jejak karbon yang mewakili biji kopi ke gelas menghasilkan 59,12 g CO₂eq setiap gelas kopi. Selain dari timbulan limbah gelas plastik kopi, residu padat yakni ampas kopi

juga akan mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan konsumsi (Mayson dan Williams, 2021). Namun sayangnya, berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan mengenai pengelolaan limbah ampas kopi pada *coffee shop*, ditemukan bahwa 70% kedai kopi belum mengelola ampas kopi bekas penyeduhan yang dihasilkan. Padahal, limbah ampas kopi yang dibuang langsung ke tempat sampah dan berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dapat terdegradasi secara anaerobik dan menghasilkan gas metana (Franca dan Oliveira, 2022) serta berpotensi menyumbang emisi sebesar 524,7 kg CO₂ eq dari 256.800 ton limbah ampas kopi (Schmidt Rivera *et al.*, 2020). Sementara itu, estimasi produksi limbah kulit kopi diperkirakan mencapai 9,4 juta ton/tahun. Hal tersebut dapat menyebabkan permasalahan lingkungan khususnya bagi negara-negara produksi kopi dunia (Achaby *et al.*, 2019). Salah satu dampak lingkungan dari limbah kulit kopi adalah meningkatkan tingkat keasaman tanah (Tolessa, 2022).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa salah satu solusi efektif untuk mengatasi limbah biomassa adalah dengan pembuatan biobriket. Limbah biomassa memiliki nilai kalor yang relatif tinggi jika dibuat menjadi briket (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021). Kandungan dalam limbah ampas kopi yakni hemiselulosa, lignin, dan protein telah diteliti untuk pemulihan nilai termasuk manfaatnya untuk memproduksi arang briket (Kim, Park dan Hong, 2022). Kulit kopi mengandung nilai kalor tinggi, kadar air rendah, dan kadar sulfur rendah (Budiawan, Susilo dan Hendrawan., 2014). Penelitian menunjukkan briket kopi mempunyai sifat pembakaran mirip dengan kayu bakar (Tsfaye, Workie dan Kumar, 2022), menghasilkan panas yang lebih besar, waktu pembakaran yang singkat, dan lebih rendah emisi (Kim, Park dan Hong, 2022) sehingga dapat digunakan sebagai alternatif energi. Berdasarkan penelitian Khusna dan Susanto (2015) nilai kalor arang kopi sebesar 6779 kal/g, lebih tinggi dari kalori batubara *low-rank* yang menjadi bahan bakar operasional PT Santos Jaya Abadi sebesar 5141 kal/g. Kualitas briket ampas kopi yang dibuat oleh Joshua dan Endah (2020) memiliki nilai kalor 5026 kkal/kg, laju pembakaran 1,99 g/menit dan massa

jenis yakni 0,51 g/cm³. Sedangkan dari penelitian Setyawan & Ulfa (2019) menghasilkan briket dengan komposisi campuran dari bahan baku 75% kulit kopi dan 25% tempurung kelapa menghasilkan nilai kalor sebesar 6152,4 kal/gr.

Pengolahan limbah ampas kopi dan kulit kopi menjadi biobriket merupakan implementasi dari konsep *waste to energy* dan dapat mendukung program transisi energi berkelanjutan yang saat ini menjadi salah satu isu prioritas dalam Presidensi G20 Indonesia 2022. Urgensi transisi energi sangat tinggi karena berperan dalam upaya pengendalian perubahan iklim. Selain itu, pembuatan briket dari biomassa dapat mendukung percepatan capaian target bauran Energi Baru Terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 yang merupakan target Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dalam Peraturan Presiden No 22 Tahun 2017.

Pendekatan *waste to energy* dapat memberikan solusi rantai pasokan dan secara bersamaan menangani 3 masalah utama untuk mencapai sistem ekonomi sirkular pada produksi dan konsumsi yakni pengelolaan sampah, kebutuhan energi, dan emisi gas rumah kaca (GRK) (Pan *et al.*, 2015). Aplikasi terbaru dari ekonomi sirkular memperlihatkan pemulihan nilai dari limbah ampas kopi sebagai sumber energi, hal ini adalah momentum dalam strategi pengelolaan sampah berkelanjutan (Mayson dan Williams, 2021). Firman Allah SWT dalam Surat Al-An'am ayat 165, berbunyi

وَهُوَ الَّذِي جَعَلَكُمْ خَلَائِفَ الْأَرْضِ وَرَفَعَ بَعْضَكُمْ فَوْقَ بَعْضٍ دَرَجَاتٍ لِّيَبْلُوَكُمْ فِي مَا آتَاكُمْ ۚ إِنَّ رَبَّكَ سَرِيعُ

الْعِقَابِ وَإِنَّهُ لَغَفُورٌ رَّحِيمٌ

Terjemahan:

“Dan Dialah yang menjadikan kamu penguasa-penguasa (khalifah) di bumi dan Dia meninggikan sebahagian kamu atas sebahagian (yang lain) beberapa derajat, untuk mengujimu tentang apa yang diberikan-Nya kepadamu. Sesungguhnya Tuhanmu akan cepat siksaan-Nya dan sesungguhnya Dia Maha Pengampun Maha Penyayang (Q.S Al-An'am (6): 165)

Berdasarkan ayat diatas, manusia mendapat amanah dari Allah SWT menjadi *khalifah* yakni representasi Tuhan sekaligus pemimpin di muka bumi. Bentuk relasi antara manusia dengan lingkungan telah disebutkan pada beberapa ayat Al-Qur'an maupun Hadist. Bentuk hubungan keimanan dapat dimaknai sebagai berikut (1) alam merupakan media manusia agar dapat lebih bertafakur terhadap kekuasaan serta kebesaran Allah SWT, (2) hubungan pemanfaatan alam secara berkelanjutan karena tujuan penciptaan alam semesta agar manusia mampu memenuhi berbagai kebutuhan hidupnya, dan (3) hubungan pemeliharaan bagi seluruh makhluk khususnya manusia yang diwajibkan untuk memelihara alam demi mewujudkan hidup yang persisten. Pemeliharaan alam merupakan bentuk implementasi pengabdian dan penghambaan manusia kepada Allah SWT serta menjadi merepresentasikan peran Tuhan di bumi (Asaad, 2011). Salah satu implementasi upaya pemeliharaan kelestarian lingkungan yang dapat dilakukan saat ini adalah dengan pemanfaatan limbah ampas kopi dan kulit kopi menjadi biobriket untuk bahan bakar alternatif.

Berdasarkan uraian diatas, maka diperlukan studi penelitian mengenai pemanfaatan limbah ampas kopi dan kulit kopi untuk dijadikan briket sebagai alternatif energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu program transisi energi yang sedang diupayakan pemerintah. Selain itu dapat memberikan rekomendasi pilihan bahan bakar alternatif bagi masyarakat yang bekerja pada industri rumahan atau Usaha Mikro Kecil Menengah.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini mengacu pada uraian latar belakang yang telah dijabarkan diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana komposisi optimal antara limbah ampas kopi dan kulit kopi untuk menghasilkan biobriket kualitas terbaik sesuai SNI 01-6235-2000 ditinjau dari parameter kadar air, kadar abu, zat mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan nilai kalor?

2. Bagaimana laju pembakaran dan kadar emisi Karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dari pembakaran biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi?
3. Berapa analisis ekonomi dan tingkat efisiensi biaya produksi biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi dibandingkan dengan kayu bakar dan LPG?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis komposisi optimal antara limbah ampas kopi dan kulit kopi untuk menghasilkan biobriket kualitas terbaik sesuai SNI ditinjau dari parameter kadar air, kadar abu, zat mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan nilai kalor.
2. Mengetahui laju pembakaran dan kadar emisi Karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dari pembakaran biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi.
3. Menganalisis secara ekonomi tingkat efisiensi biaya produksi biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi dibandingkan dengan kayu bakar dan LPG.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin didapatkan dari hasil penelitian ini untuk beberapa kalangan yakni sebagai berikut:

- a. Bagi Akademisi
 1. Memberikan rekomendasi terkait penerapan *waste to energy* dengan pengolahan limbah ampas kopi
 2. Memberikan rekomendasi pembuatan biobriket berbahan limbah ampas kopi dan kulit kopi sebagai alternatif energi.
- b. Bagi Masyarakat

Memberikan rekomendasi pilihan alternatif bahan bakar yang bersih, terjangkau dan rendah emisi

c. Bagi Pemerintah

Memberikan usulan konsep pengelolaan limbah ampas kopi dari kedai kopi untuk pembuatan briket agar mewujudkan konsep ekonomi sirkular

d. Bagi Sektor Industri

Memberi usulan peluang bisnis untuk pembuatan biobriket menggunakan limbah ampas kopi dan kulit kopi

1.5 Batasan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini mencakup batasan sebagai berikut:

1. Parameter kualitas biobriket yang diuji meliputi kadar air, kadar abu, zat mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan nilai kalor, laju pembakaran dan kadar emisi CO
2. Pembuatan biobriket menggunakan variasi komposisi limbah ampas kopi dan kulit kopi
3. Limbah ampas kopi yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini berasal dari kedai kopi di Surabaya (Jalan MERR)
4. Limbah kulit kopi yang digunakan menggunakan limbah kulit kopi robusta dari Perkebunan Kopi Kecamatan Wlingi, Kabupaten Blitar
5. Standar parameter nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan *volatile matter* mengacu pada syarat dalam SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu
6. Standar parameter karbon terikat (*fixed carbon*) biobriket mengacu pada ketentuan SNI 1683:2021 Arang Kayu
7. Jenis bahan bakar yang akan dijadikan perbandingan analisis ekonomi dengan biobriket ini adalah kayu bakar dan LPG
8. Analisis ekonomi biobriket terkait efisiensi bahan bakar didasarkan pada perhitungan HPP
9. Analisis kelayakan finansial dalam pembuatan biobriket meliputi perhitungan BEP, NPV, IRR, dan PP

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kopi

Kopi atau nama latinnya *Coffea sp.* adalah salah satu dari komoditas ekspor utama dari Negara Indonesia (PSP3-LPPM-IPB, 2018). Luas lahan perkebunan tanaman kopi di Indonesia mencapai 1,2 juta hektare dengan pembagian persentase 96% adalah perkebunan milik rakyat dan 4% sisanya adalah milik pemerintah (PTP Nusantara) dan perkebunan swasta. Berdasarkan data laporan Statistik Kopi Indonesia 2020 yang disusun oleh Badan Pusat Statistik menyatakan bahwa produksi kopi nasional tahun 2020 mencapai 762 ribu ton. Produksi kopi yang didasarkan status perusahaan untuk tiap lahan kopi diantaranya 757,3 ribu ton dari perkebunan milik rakyat, 3,7 ribu ton dari perkebunan besar, dan 1,4 ribu ton dari perkebunan besar milik swasta (BPS, 2021).

Klasifikasi tanaman kopi menurut tingkatan taksonomi dijabarkan sebagai berikut (ITIS, 2011):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Viridiplantae
Infrakingdom	: Streptophyta
Superdivision	: Embryophyta
Division	: Tracheophyta
Subdivision	: Spermatophyta
Class	: Magnoliopsida
Superorder	: Asteranae
Order	: Gentianales
Family	: Rubiaceae
Genus	: <i>Coffea</i> L.
Species	: <i>Coffea arabica</i> L. (kopi arabica) <i>Coffea canephora</i> (kopi robusta) <i>Coffea liberica</i> (kopi liberika)

Berikut adalah gambar tanaman biji kopi:



Gambar 2. 1 Tanaman Kopi
Sumber: nationalgeographic.grid.id

Tanaman kopi di Indonesia pada awalnya diperkenalkan oleh VOC pada zaman Belanda dan didatangkan langsung dari Benua Afrika. Jenis kopi yang ditanam pertama kali yakni *Arabica* pada Tahun 1696. Namun, bibit kopi yang ditanam terserang penyakit daun sehingga merusak tanaman kopi. Pada Tahun 1699, bibit kopi didatangkan kembali. Setelah dilakukan penanaman, ditemukan bahwa kopi jenis *Arabica* dapat tahan dari penyakit daun saat bibitnya ditanam di area dataran tinggi yang memiliki ketinggian lebih dari 1000 mdpl. Hal itu menyebabkan penurunan produksi kopi. Pada Tahun 1975, jenis kopi *Liberika* didatangkan ke Indonesia karena dinilai dapat lebih tahan dari penyakit daun. Jenis kopi ini pada akhirnya tidak ditanam lagi oleh masyarakat karena rasanya yang terlalu masam dan mudah terserang penyakit. Kopi jenis *Robusta* didatangkan pada Tahun 1900. Kopi *Robusta* memiliki ketahanan yang sangat baik dari penyakit karat daun dan mudah ditanam. Kopi *Arabica* dan *Robusta* pada umumnya ditanam pada ketinggian masing-masing diatas 1000 mdpl dan 100-600 mdpl (Subandi, 2011)

2.2 Produk Sampingan Pengolahan Kopi

Salah satu proses penting dari produksi kopi adalah proses penyangraian karena dalam tahap ini aroma dan cita rasa khas dari kopi akan terbentuk akibat proses pemanasan. Perubahan kimiawi yang signifikan terjadi akibat proses penyangraian kopi yang dipengaruhi oleh waktu dan suhu (Khusna dan Susanto, 2015). Berikut adalah gambaran struktur biji kopi:

Kulit kopi, kulit dan ampas kopi yang terdiri hampir 45% dari biji (ceri) merupakan produk sampingan utama dari agroindustri kopi dan dapat menjadi bahan yang berharga untuk beberapa tujuan misalnya ekstraksi kafein dan polifenol. Sedangkan produk sampingan lainnya seperti mucilage (lendir) dan perkamen masih jarang diteliti. Namun bahan tersebut dapat menjadi sumber potensial dari bahan-bahan. *Pulp* kopi mudah untuk difermentasi dengan ragi atau dimetabolisme dengan bakteri asam laktat yang menghasilkan minuman mengandung alkohol dan cuka. Kemudian *silver skin* kopi panggang telah dipelajari agar dapat digunakan untuk bahan makanan kaya serat yang mengandung antioksidan (Campos-vega *et al.*, 2015). Bahan baku yang akan digunakan untuk pembuatan biobriket dalam penelitian ini adalah kulit kopi hasil samping produksi dari perkebunan kopi dan limbah ampas kopi yang diambil dari kedai kopi.

2.2.1 Limbah Ampas Kopi

Residu kopi atau biasa disebut limbah ampas kopi pasti dihasilkan dari proses produksi kopi yang larut selama proses penyeduhan (ekstraksi), di mana kopi yang dipanggang dan digiling akan melalui proses ekstraksi di pabrik pembuat kopi instan maupun di kedai kopi (Tsai, 2017). Limbah ampas kopi mempunyai massa mencapai 50% dari total massa input bahan baku kopi, menunjukkan sumber daya hayati yang signifikan karena adanya kandungan senyawa organik yang banyak meliputi selulosa, hemiselulosa, lignin, asam lemak, dan polisakarida lainnya (Campos-vega *et al.*, 2015). Menurut Barresteros *et al.*, (2014) dalam Karmee (2018) persentase kandungan kimiawi dalam 100 gram ampas kopi yang dianalisis terdiri dari hemiselulosa (42%), lignin (25%), protein (18%), selulosa (13%), dan lemak (2%).

Limbah ampas kopi mengandung hidrokarbon yang menjadi kandungan penting sebagai bahan baku pembuatan energi alternatif (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ahnam (2019), kandungan air dalam limbah ampas kopi lebih dari 40% dan harus dilakukan pengeringan untuk menurunkan kadar air hingga dibawah 10% sebelum proses pembriketan. Berikut adalah hasil uji analisis proksimat dan ultimat dari bubuk kopi sebelum diseduh dan limbah ampas kopi kering:

	Analisis Proksimat (%)				Analisis Ultimat (%)					Nilai Kalor (kal/gr)
	Kadar Air	Volatile Matter	Kadar Abu	Fixed Carbon	C	H	N	O	S	
Bubuk Kopi (sebelum diseduh)	2,10	74,85	0,55	17,21	48,48	6,33	0,42	44,21	0,01	-
Limbah Ampas Kopi Kering	11,69	70,03	2,06	16,22	53,05	7,19	1,45	36,20	0,05	4474
Ampas Kopi Campuran	3,76	80,39	2,81	16,80	57,90	7,73	3,7	27,72	0,14	5720

2.2.2 Limbah Kulit Kopi

Selama ini, pemanfaatan limbah kulit kopi dari hasil produksi yang dilakukan oleh pabrik pengolahan kopi hanya digunakan sebagai pupuk, campuran pakan ternak, dan biogas. Mengacu pada penelitian yang dilakukan Zulhamdani dan Suryaningsih (2021), penambahan kulit kopi (cangkang kopi) pada pembuatan briket dapat menaikkan nilai kerapatan briket. Sudarsono dan Warmadewanthi (2010) juga menyatakan bahwa limbah kulit kopi dengan kondisi kering dapat meningkatkan nilai kalor sehingga akan menghasilkan briket dengan kualitas yang baik. .

11

komponen anorganik yang berasal dari abu. Secara umum, karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan sulfur (S) terlibat dalam menentukan persentase massa berdasarkan keadaan kering dan bebas abu. Unsur-unsur organik ini berkontribusi pada komposisi bahan mudah menguap dan karbon terikat dalam biomassa atau biochar (Tsai, 2017). Hasil analisis proksimat dan ultimat kulit kopi disajikan pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Hasil Analisis Proksimat dan Ultimat Kulit Kopi

	Analisis Proksimat (%)				Analisis Ultimat (%)					Nilai Kalor (kal/gr)
	Kadar Air	Volatile Matter	Kadar Abu	Fixed Carbon	C	H	N	O	S	
Kulit Kopi	7,92	71,63	3,54	16,9	46,83	4,81	0,45	47,86	0,05	4019,93

Sumber: (Aprita, 2016; Amertet, Mitiku dan Belete, 2021)

2.3 Biomassa

Di Indonesia, energi terbarukan dari biomassa menjadi sumber energi terpenting ketiga yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi panas dan listrik (Fajfrlíková, Brunerová dan Roubík, 2020). Biomassa biasanya mengacu pada bahan organik apapun (organisme hidup dan residunya) baik yang berasal dari mikroba, tumbuhan termasuk alga, dan hewan. Berdasarkan definisi Kerangka Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC), biomassa termasuk produk (tanaman pangan dan tanaman energi), produk sampingan, residu, dan limbah pertanian (misalnya ampas tebu, batang jagung, jerami, dan daun pemangkasan dari pohon buah-buahan), kehutanan (contohnya kayu dan serbuk gergaji), ternak (misalnya kotoran unggas, babi, dan sapi), dan industri terkait, serta bahan organik dan *biodegradable* yang berasal dari limbah industri dan non-industri perkotaan misalnya sisa pengolahan makanan, lumpur limbah, kertas bekas, dan lainnya (Tsai, 2017).

Prinsip dasar dalam pemanfaatan biomassa yaitu tanaman menggunakan energi matahari melalui proses fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik untuk penguatan jaringan dan pembentukan bunga, daun dan buah. Proses ini melibatkan penyerapan air dan nutrisi dari tanah serta CO₂ dari atmosfer. Pada proses pengubahan biomassa menjadi energi, CO₂ akan diemisikan ke atmosfer. Namun, siklus CO₂ yang terjadi lebih singkat dibandingkan dari pembakaran minyak bumi atau gas alam sehingga CO₂ yang dihasilkan tidak akan berdampak signifikan pada keseimbangan CO₂ di

atmosfer. Keuntungan ini digunakan untuk mewujudkan pengembangan energi yang berkelanjutan (Parinduri dan Parinduri, 2020)

Tahapan yang penting saat proses konversi biomassa menjadi bio produk berbasis lignin dan selulosa yakni fraksionisasi/pra perlakuan, hidrolisis, fermentasi, dan peningkatan mutu. Selulosa adalah kandungan biopolimer terbesar dengan kandungan melimpah yang dapat meningkatkan pengembangan turunan selulosa misalnya energi terbarukan, sumber material baru, serta bahan kimia lainnya. Sedangkan kandungan terbesar kedua dalam biomassa adalah lignin yang merupakan hasil samping dari proses fraksionisasi biomassa yang potensial untuk menjadi sumber biomaterial terjangkau (Fatriasari, 2022).

Menurut Mulyana et al., (2017) mengubah biomassa menjadi beberapa jenis bahan bakar seperti biofuel padat (briket, pelet), biofuel cair (etanol, biodiesel, metanol, dll), atau biofuel gas (metana, hidrogen, dll) akan membuat penggunaan atau pemanfaatannya lebih efektif sekaligus mengurangi dampak negatif bagi lingkungan.

2.4 Briket

Briket adalah bahan bakar yang konversi energinya melalui pembakaran langsung dan digunakan untuk pemanasan, memasak, untuk kegiatan domestik atau industri, dan paling baik digunakan dalam tungku pembakaran karena struktur fisiknya (Marreiro *et al.*, 2021). Briket yang berkualitas baik memiliki karakteristik diantaranya adalah tekstur halus, kuat atau tidak mudah pecah, aman bagi manusia dan lingkungan, serta sifat penyalaan yang baik ditandai dengan mudah menyala, waktu nyala api yang lama, menghasilkan sedikit asap, tidak menghasilkan jelaga, dan mempunyai nilai kalor yang tinggi (Pratama, Suwandi dan Qurthobi, 2021).

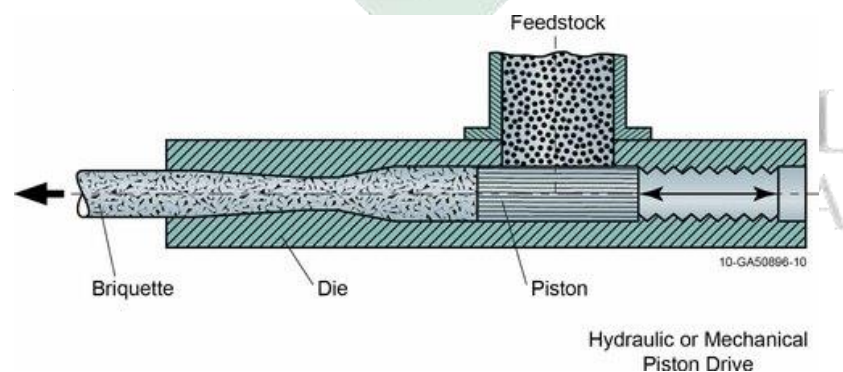
2.4.1 Proses Pembriketan

Pembriketan adalah teknologi yang biasanya digunakan untuk memadatkan atau mengompaksi bahan mudah terbakar yang mudah hancur menjadi komposit padat dengan ukuran dan bentuk yang berbeda dengan cara memberi tekanan bahan perekat yang sesuai (Kumar *et al.*, 2020). Proses ini

dapat dilakukan secara manual (tangan kosong) atau secara mekanis (menggunakan alat). Prinsip pemadatan adalah mengeluarkan udara yang terdapat dalam partikel bahan untuk menghindari hasil briket yang berongga atau rapuh (Ngusale, Luo, dan Kiplagat, 2014)

Beberapa teknik yang digunakan untuk pembuatan briket salah satunya adalah kompresi tekanan rendah dengan campuran bahan pengikat (Vivek *et al.*, 2019). Teknologi pembuatan briket bertekanan rendah dapat memberi alternatif dari teknologi bertekanan tinggi dan sedang banyak dilakukan penelitian di Asia dan Afrika. Teknologi tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama dari desinfikasi bahan baku menjadi briket menggunakan piston atau sekrup untuk pengepresan. Namun, perbedaannya adalah mesin briket itu sendiri. Alat briket bertekanan rendah beroperasi dengan tingkat tekanan yang lebih rendah (<5 MPa) dibandingkan dengan tekanan tinggi (>15 MPa). Maka dari itu, dibutuhkan bahan perekat tambahan untuk meningkatkan kualitas briket (Fajfrlíková, Brunerová, dan Roubík, 2020).

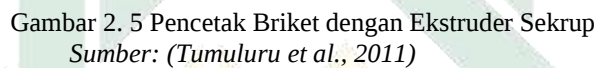
Saat ini terdapat beberapa macam teknologi yang dapat digunakan untuk mencetak briket, diantaranya yaitu (Dinesha, Kumar, dan Rosen, 2018):
a. Tekanan piston (*piston press*)



Gambar 2. 4 Alat Pencetak Briket dengan Tekanan Piston
Sumber: (Tumuluru *et al.*, 2011)

Teknologi tekanan piston ini merupakan perangkat pencetak briket yang paling sederhana sehingga banyak digunakan. Bagian perangkat ini terdiri dari piston (ram) dan *press dies* (alat untuk menekan). Bahan baku biomassa akan dimasukkan ke dalam ruang dan piston yang bergerak maju-mundur digunakan untuk memampatkan biomassa dengan tekanan tinggi terhadap *press dies*. Saat bahan baku melewati *press dies*, briket akan terbentuk.

b. Tekanan sekrup (*screw press*)



, dan membutuhkan daya tinggi untuk menggerakkan mesin (Din
r, dan Rosen, 2018).

Penggunaan teknologi tekanan hidrolik akan mengkonversi energi listrik pada motor menjadi energi mekanik menggunakan sistem oli hidrolik bertekanan tinggi. Bahan baku biomassa dimasukkan ke bagian berbentuk kerucut (*hopper*) dan terkompresi karena adanya tekanan oli hidrolik. Keuntungan utama alat ini adalah dapat beroperasi dengan memuaskan ketika kadar air bahan baku cukup tinggi. Sedangkan keterbatasannya adalah rawan kebocoran oli dan gerakan ram yang lebih lambat dibanding sistem lainnya (Dinesha, Kumar, dan Rosen, 2018).



The diagram illustrates a closed-loop recycling process for fine particles. It begins with a hopper labeled "Powder to Feeder" at the top, which feeds material into a central vertical chute. This chute leads to a pair of rotating rollers, indicated by curved arrows and the label "Rotation". Between the rollers, an "Agglomerated Sheet" is formed. This sheet then passes through a "Crusher" unit, depicted with a starburst symbol indicating the crushing action. Following the crusher, the material goes through a "Screener" unit, shown as a horizontal bar with three vertical lines. The output of the screener is a large curved arrow pointing to the right, labeled "Agglomerates of Accepted Size to Packaging". A feedback loop is shown on the left side, with an arrow pointing upwards labeled "Fine Particles Recycled", indicating that the rejected material is returned to the start of the process.

10-GA50774-20

Gambar 2. 7 Alat Cetak Briket dengan Tekanan Rol
Sumber: (Tumuluru et al., 2011)

Metode pencetakan atau pemadatan briket memiliki perbedaan yang didasarkan pada penggunaan panas yang dibagi menjadi dua, yakni:

1. *Cold Pressing Method*

Metode ini dilakukan dengan cara mencampurkan bahan mentah dengan perekat kemudian mencetaknya menjadi briket (Joshua dan Endah, 2020). Saat pencetakan briket tidak menggunakan pemanasan.

2. *Hot Pressing Method*

Pencetakan briket dilakukan dengan cara menggunakan mesin pencetak mekanis set filamen panas 1200-watt dengan termostat pada tingkat pemanasan 50°C. Tingkat suhu ini dinilai ideal untuk memproduksi briket dengan kepadatan yang diinginkan (Joshua dan Endah, 2020)

2.4.2 Faktor yang Memengaruhi Kualitas Briket

Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi kualitas hasil briket, diantaranya adalah sebagai berikut:

a) Komposisi Bahan Baku

Biomassa sebagian besar terbentuk dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin termasuk zat ekstraktif yakni lemak, resin, dan abu. Pemahaman mengenai kandungan kimia dalam bahan baku akan berguna untuk mengetahui pemadatan bahan baku selama desinfikasi briket (Kpalo, Zainuddin, dan Manaf, 2020).

b) Ukuran Partikel dan Bentuk Briket

Ukuran partikel bahan bakar padat adalah salah satu karakteristik paling penting dalam pembuatan briket (Kang *et al.*, 2017). Perbedaan bentuk dapat mengakibatkan ruang udara yang berbeda dalam briket yang memungkinkan sirkulasi udara (Kabok *et al.*, 2018). Kehalusan partikel briket berdampak pada laju pembakaran yang lambat sehingga waktu pembakaran briket akan semakin lama (Affandi, Suryaningsih, dan Nurhilal, 2018).

c) Tekanan Kompaksi

Biomassa dapat dipadatkan dengan kompaksi tekanan tinggi atau rendah. Pada umumnya jenis bahan baku, kadar air, ukuran partikel, dan bentuk menentukan jenis tekanan yang akan diaplikasikan. Densifikasi tekanan rendah membutuhkan bahan perekat tambahan untuk

mengaktifkan ikatan antar partikel agar lebih kuat. Sedangkan desinfikasi tekanan tinggi dapat menggunakan bahan pengikat atau perekat alami seperti pati, protein, lignin, dan pektin yang juga terkandung dalam bahan biomassa untuk mengikat antar partikel (Kpalo, Zainuddin, dan Manaf, 2020).

d) Suhu

Suhu dapat memengaruhi bahan baku biomassa dan mesin cetakan briket sebelum dan selama proses pembuatan briket (Kpalo, Zainuddin, dan Manaf, 2020). Semakin tinggi suhu yang digunakan selama proses pengarangan bahan baku dapat menyebabkan reduksi massa semakin tinggi sehingga hanya menghasilkan sedikit *charcoal* (Pratiwi, 2020).

2.4.3 Bentuk Briket

Briket dapat dibuat dalam bermacam bentuk misalnya balok, kubus, bulat telur, silinder, tetrahedral, bantal, dan rasional (Rahman *et al.*, 1989). Berikut ini adalah uraian dari beberapa bentuk briket:

a. Bentuk Silinder

Bentuk silinder memiliki keunggulan yakni lebih mudah dalam proses pencetakan briket dan umum di pasaran (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021). Berdasarkan studi yang dilakukan Rahman *et al.*, (1989), kuat tekan permukaan briket berbentuk silinder akan meningkat seiring dengan berkurangnya panjang atau penurunan rasio L/D (panjang:diameter) briket. Briket berbentuk silinder memiliki keunggulan yaitu nilai laju pembakaran lebih rendah dibandingkan briket berbentuk balok dengan volume yang sama (Ritzada, Yulianti, dan Gunadnya, 2021). Hal tersebut disebabkan karena ruang udara briket berbentuk silinder jumlahnya lebih sedikit jika dibandingkan briket yang dicetak dalam bentuk segitiga dan bulat (Kabok *et al.*, 2018).

b. Bentuk Kubus

Briket berbentuk kubus (kotak) merupakan bentuk yang paling banyak diproduksi secara konvensional saat ini karena paling banyak diminati di pasaran khususnya ekspor (Haryati dan Amir, 2021).

c. Bentuk Oval atau Bulat Telur

Briket berbentuk oval dan bantal memiliki kekuatan terutama dari kompresi titik karena adanya kontak titik yang terlibat (Rahman *et al.*, 1989)

2.4.4 Keunggulan Briket

Penggunaan briket memiliki beberapa keunggulan dibanding bahan bakar padat lainnya, diantaranya adalah sebagai berikut (Kaur *et al.*, 2017):

- a. Mudah dalam penanganan dan pengangkutan, ukuran yang *compact*, dan dapat dibuat dengan berbagai tipe dan ukuran
- b. Kadar abu yang terbatas dibawah 10% dibandingkan batu bara yang kadarnya mencapai 25 – 40% yang mengakibatkan masalah pembuangan abu pada boiler
- c. Kandungan Sulfur dioksida yang rendah dibandingkan batu bara
- d. Mudah terbakar karena mempunyai titik pembakaran yang rendah
- e. Tidak menghasilkan efek korosi pada alat *boiler* dan perawatan mudah
- f. Bahan bakar bersih dan murah untuk menghasilkan energi
- g. Tidak menghasilkan gas buang sehingga tidak berdampak buruk bagi kesehatan manusia
- h. Tidak menghasilkan abu terbang selama proses pembakaran
- i. Briket memiliki efisiensi pembakaran yang berkualitas tinggi

Berikut adalah keunggulan briket dibandingkan arang kayu menurut Haddis et al., (2014) dalam Tesfaye et al., (2022):

- a. Asap pembakaran yang dihasilkan relatif sedikit
- b. Pelepasan panas lebih cepat dan nilai panas yang lebih besar
- c. Saat dibandingkan dengan biaya pembelian arang kayu, biaya produksi lebih rendah
- d. Mengurangi dampak deforestasi
- e. Periode pembakaran lebih lama (2-3 jam)

Selain itu, briket dapat menghasilkan intensitas panas yang lebih tinggi, kebersihan dan kenyamanan dalam penggunaannya serta relatif efisien dalam penyimpanan dan pengangkutan dibandingkan kayu bakar. Pembuatan

Pencampuran bahan baku dalam proses pembuatan biobriket merupakan upaya untuk mengatasi karakteristik alami biomassa diantaranya kepadatan rendah, kelembaban tinggi, ukuran dan bentuk yang tidak teratur dan lainnya (Marreiro *et al.*, 2021)

2.5 Bahan Perekat

Bahan baku biomassa biasanya akan dicampur menggunakan bahan perekat agar meningkatkan daya rekat campuran briket sebelum dicetak menggunakan alat pencetak briket (Dinesha, Kumar, dan Rosen, 2018). Komposisi bahan perekat dapat memengaruhi kadar air dalam briket, semakin banyak penggunaan bahan perekat, jumlah air yang dibutuhkan untuk pelarutan juga semakin banyak. Briket tanpa perekat rawan hancur saat dikeluarkan dari cetakan (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021). Kualitas perekatan briket ditentukan oleh komposisi perekat yang tepat, pengadukan (*mixing*) yang merata, dan komposisi pencampurannya (Khusna dan Susanto, 2015). Bahan perekat dapat dibuat dari bahan organik maupun anorganik.

2.5.1 Organik

Bahan perekat organik yakni bahan campuran pada pembuatan briket yang memiliki absorpsi atau kemampuan menyerap dalam permukaan sebagian masuk ke pori-pori atau celah contohnya larutan kanji dan molases (KESDM, 2006). Berikut adalah beberapa jenis perekat organik:

a. Tepung Tapioka

Tepung tapioka disebut juga tepung kanji, dibuat dari bahan dasar singkong memiliki kandungan 28% amilosa dan 72% amilopektin (Indrawijaya, Mursida dan Danini, 2019). Penggunaan larutan tepung tapioka sebagai bahan perekat sangat tepat untuk produksi briket yang terbuat dari limbah ampas kopi. Penambahan bahan perekat dapat meningkatkan nilai kalor (tidak terlalu signifikan) walaupun juga meningkatkan kadar abu (Joshua dan Endah, 2020). Penggunaan tepung tapioka sebagai perekat didasarkan pada beberapa pertimbangan diantaranya relatif mudah ditemukan, harga yang murah, dan mudah digunakan hanya dicampur dengan air kemudian dipanaskan sambil

diaduk untuk mencegah penggumpalan (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021). Berikut adalah hasil analisis proksimat tepung tapioka:

Tabel 2. 4 Hasil Analisis Proksimat Tepung Tapioka

Analisis Proksimat	Nilai
Tepung Tapioka	
Kadar Air (%)	13,1
Kadar Abu (%)	0,15
Kadar Zat mudah menguap (%)	83,6
Kadar Karbon Terikat (%)	3,16
Nilai Kalor (kal/gr)	250

Sumber: (Aprita, 2016)

b. Molase

Molase merupakan produk hasil samping dari proses pengolahan gula. Molase berfase cair dengan kadar air mencapai 15-25%, biasanya berwarna coklat kehitaman dan rasanya manis. Kandungan yang terdapat dalam molase diantaranya adalah 3,1% protein kasar, 60% serat, 0,9% lemak kasar, dan 11,9% abu (Nurhilal dan Suryaningsih, 2018). Perekatan briket menggunakan molase menghasilkan waktu yang lebih cepat dibanding dengan briket yang direkatkan dengan pati karena kandungan *volatile matter* yang lebih mudah menguap (Kabok *et al.*, 2018). Molase dapat meningkatkan kekuatan dan kepadatan briket (Munjeri *et al.*, 2016). Berdasarkan penelitian Tesfaye, Workie dan Kumar (2022), penggunaan molases sebagai perekat memiliki kelemahan yakni bau yang tidak sedap saat awal pembakaran.

c. Tepung Terigu

Berdasarkan penelitian Kusmartono, Situmorang dan Yuniwati, (2021), penggunaan tepung terigu sebagai campuran briket akan menambah kadar air karena sifat higroskopis yang dimiliki sehingga mudah menyerap air di sekitar.

d. Getah Pinus

Kadar air dalam briket yang menggunakan bahan perekat dari getah pinus relatif lebih sedikit dibandingkan penggunaan tepung tapioka sebagai perekat karena terdapat sifat hidrofobik getah pinus. Namun asap pembakaran briket yang dihasilkan relatif lebih banyak

dengan bau yang cukup menyengat serta kadar abu yang dihasilkan juga lebih banyak karena adanya mineral lebih banyak dibanding tepung tapioka (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021).

2.5.2 Anorganik

Bahan perekat anorganik merupakan bahan campuran pembuatan briket yang berguna sebagai perekat antar partikel bahan baku briket yang tidak reaktif (*inert*) serta berfungsi sebagai *stabilizer* selama proses pembakaran (KESDM, 2006). Perekat anorganik merupakan jenis perekat yang mampu menjaga kekokohan briket selama pembakaran sehingga briket tersebut akan memiliki daya tahan yang lebih lama. Selain itu, perekat anorganik juga mempunyai daya rekat yang lebih kuat dibandingkan perekat organik, meskipun harganya lebih tinggi dan menghasilkan jumlah abu yang lebih banyak. Jenis perekat anorganik diantaranya lempung, semen, dan natrium silikat (Vegatama dan Sarungu, 2022).

a. Clay atau Lempung

Perekat anorganik untuk briket berbahan lempung digunakan untuk mengikat air dan membentuk struktur yang padat serta digunakan untuk perekat bahan baku. Kandungan dalam lumpur juga dapat meningkatkan nilai kalor dan nilai optimal briket (Windya, Wilopo dan Anggara, 2018).

b. Natrium Silikat

Natrium silikat (Na_2SiO_3) mempunyai karakteristik fisik yakni kekuatan ikatan yang tinggi. Sedangkan sifat kimianya diantaranya adalah tidak tahan air, tahan asam dengan baik, stabilitas termal yang baik, dan kurang tahan alkali (Zhang, Sun dan Xu, 2018)

2.6 Teknologi Konversi Biomassa dengan Panas (Termokimia)

Konversi biomassa secara termokimia yakni penggunaan teknologi yang memerlukan adanya perlakuan termal atau pemanasan yang dapat menyebabkan reaksi kimia agar menghasilkan bahan bakar (Parinduri dan Parinduri, 2020). Proses pembuatan briket dengan pemanasan atau pembakaran dibagi menjadi 3 metode yakni karbonisasi, pirolisis, dan torefaksi.

2.6.1 Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pembakaran yang tidak sempurna karena suplai oksigen yang rendah yang mengakibatkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbondioksida. Suhu yang digunakan dalam proses ini antara 150°C – 3000°C . Energi panas selama proses berlangsung akan mengubah oksidasi yang menyebabkan molekul karbon kompleks terurai menjadi karbon atau arang serta terjadi penguapan *volatile matter* dalam bahan baku (Khusna dan Susanto, 2015). Berdasarkan studi yang dilakukan Ramadhani & Utama (2021), suhu karbonisasi yang tinggi dapat berpengaruh terhadap dekomposisi massa yang lebih banyak dan penurunan *yield*.

2.6.2 Pirolisis

Pirolisis dapat disebut juga *thermal degradation* atau *devolatization* yakni tahapan awal pembakaran yang terjadi dalam ruangan tanpa adanya udara masuk dengan suhu pembakaran sekitar 200 - 600°C (Aprita, 2016). Hasil dari pirolisis berupa arang (*char*), tar (*pyrolytic oil*), dan sedikit gas yakni Hidrogen (H_2), Karbon monoksida (CO), Karbon dioksida (CO_2), Metana (CH_4), serta Air (H_2O). Pada proses pirolisis, ikatan biomassa dan polimer akan terurai menjadi molekul-molekul berstruktur dan berukuran lebih sederhana (Kusmartono, Situmorang dan Yuniwati, 2021).

Pirolisis dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat pemanasannya yakni proses lambat dan cepat. Pada pirolisis lambat, waktu tinggal uap yang terlepas di zona pirolisis berlangsung selama beberapa menit atau lebih. Selain itu, biomassa dipanaskan secara perlahan misalnya tingkat pemanasan kurang dari $50^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ dalam kondisi tanpa oksigen hingga mencapai suhu yang relatif rendah yakni 400 - 600°C . Proses ini biasanya digunakan untuk produksi arang. Pada pirolisis cepat, waktu tinggal uap di zona proses berlangsung selama beberapa detik atau lebih singkat (kurang dari $0,1$ detik). Biomassa dipanaskan lebih cepat dengan tingkat pemanasan lebih dari

100°C/menit bahkan 10.000°C/menit dalam kondisi tanpa oksigen hingga mencapai suhu yang relatif tinggi mencapai 450-700°C. Pirolisis cepat digunakan untuk menghasilkan lebih banyak bio oil dan gas yang tidak terkondensasi (Basu (2013) dalam Tsai, 2017)).

2.6.3 Torefaksi

Torefaksi merupakan teknologi atau metode pemanasan biomassa tanpa adanya suplai oksigen dan biasanya dilakukan pada rentang suhu 200-300°C. Proses ini menyebabkan pengurangan kandungan air dan hilangnya serat pada struktur biomassa. Proses torefaksi umumnya hanya berlangsung selama selama 30-90 menit, meskipun ada beberapa penelitian dilakukan dengan suhu yang lebih tinggi membutuhkan waktu yang lebih singkat. Biomassa yang mengalami torefaksi akan berubah warna menjadi coklat bahkan coklat gelap tergantung pada tujuan pengaplikasiannya, bahkan warnanya bisa sama seperti arang. Proses torefaksi ini dianggap sangat efektif pada proses pembakaran dan gasifikasi lainnya bahkan dapat meningkatkan kualitas bahan bakar jika dikombinasikan dengan proses pengempaan atau desinfikasi (Bergman *et al.*, 2005). Beberapa keuntungan proses torefaksi adalah penurunan kadar air, pengurangan asap yang dihasilkan, dan peningkatan nilai panas (Aprita, 2016)

2.7 Parameter Kualitas Briket

Kualitas briket akan diuji berdasarkan uji analisis proksimat. Analisis proksimat merupakan analisis standar yang digunakan untuk mengukur beberapa karakteristik fisik utama briket yang memengaruhi pembakarannya (Sunardi, Djudana dan Mandra, 2019). Analisis proksimat pembuatan briket terdiri dari lima komponen utama meliputi persentase kadar air (fase cair), zat mudah menguap atau *volatile matter* (fase gas), dan karbon tetap atau *fixed carbon* (fase padat), persentase material limbah anorganik (abu), dan nilai kalor untuk penggunaan energi biomassa (Kebede, Berhe dan Zergaw, 2022). Spesifikasi kualitas briket didasarkan pada persyaratan mutu (BSN SNI, 2000) seperti berikut:

Tabel 2. 5 Spesifikasi Persyaratan Mutu Briket Arang Kayu

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Nilai Kalor (<i>Calorific Value</i>)	kal/gr	Minimum 5000
2	Kadar Air (<i>Total Moisture</i>)	%	Maksimum 8
3	Kadar Abu (<i>Ash Content</i>)	%	Maksimum 8
4	Kadar Zat Menguap (<i>Volatile Matter</i>)	%	Maksimum 15

Sumber: SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu

Dalam SNI 01-6235-2000 tidak disebutkan secara spesifik kriteria syarat untuk parameter kadar karbon terikat. Maka dari itu, standar parameter karbon terikat mengacu pada SNI 1683:2021 Arang kayu. Berikut adalah ketentuannya:

Tabel 2. 6 Spesifikasi Persyaratan Mutu Arang Kayu

No	Karakteristik	Satuan	Mutu	
			Pertama	Kedua
1	Kadar Air (<i>Total Moisture</i>)	%	≤ 8	≤ 10
2	Kadar Abu (<i>Ash Content</i>)	%	≤ 4	≤ 4
3	Kadar Zat Menguap (<i>Volatile Matter</i>)	%	10-17	10-17
4	Kadar Karbon Terikat ^a (<i>Fixed Carbon</i>)	%	≥ 79	≥ 79
5	Nilai Kalor (<i>Calorific Value</i>)	Kal/gr	6500	6000-6500

^aDihitung berdasarkan berat kering oven

^aDihitung berdasarkan berat kering oven

Sumber: SNI 01-6235-2021: Briket Arang Kayu

2.7.1 Kadar Air (Moisture Content)

Kadar air yakni ukuran banyaknya air dalam bahan bakar. Pengukurannya dapat dilakukan dengan cara mengambil sampel briket yang telah ditimbang dan dikeringkan pada oven dengan suhu 105°C sampai diperoleh konsistensi massa sampel yang diinginkan. Perubahan massa kemudian dapat digunakan untuk menentukan persentase kadar air dalam sampel (Sunardi, Djudana dan Mandra, 2019). Kadar air akan memengaruhi nilai kalor briket karena semakin kecil kadar air dalam briket, semakin besar nilai kalor yang dihasilkan (Setyawan dan Ulfa, 2019). Selain itu, rendahnya kadar air dalam briket akan mengakibatkan daya pembakaran semakin meningkat (Budiawan, Susilo dan Hendrawan., 2014). Hal itu dikarenakan air tidak memiliki nilai kalor (Kristanto dan Wijaya, 2018). Penentuan kadar air berguna untuk mengetahui sifat higroskopis briket arang (Budiawan,

Susilo dan Hendrawan., 2014). Setelah proses penyeduhan kopi, kadar air dalam limbah ampas kopi mencapai lebih dari 55% (Kang *et al.*, 2017)

2.7.2 Kadar Abu (*Ash Content*)

Kadar abu merupakan ukuran berbagai bahan dan kandungan anorganik dalam briket. Besaran kadar abu briket menunjukkan seberapa banyak bagian briket yang tersisa akibat proses pembakaran. Semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan setelah pembakaran menunjukkan rendahnya kualitas briket (Budiawan, Susilo dan Hendrawan., 2014). Berdasarkan penelitian Budiawan *et al.*, (2014) menunjukkan bahwa kadar kulit kopi yang tinggi dalam komposisi dapat menurunkan kadar abu karena adanya kandungan organik yang tinggi maka akan lebih mudah terikat selama pembakaran sehingga menyisakan sedikit abu.

2.7.3 Zat Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Volatile matter atau kadar zat yang hilang pada suhu 950⁰C yakni zat yang mudah menguap akibat hasil penguraian (dekomposisi) senyawa tetapi masih tetap berada dalam briket selain kadar air, abu, dan karbon. Kadar *volatile matter* berbanding lurus dengan banyaknya asap yang dihasilkan (Budiawan, Susilo dan Hendrawan., 2014). Kadar *volatile matter* memengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api (Sunardi, Djudana dan Mdanra, 2019). Kadar *volatile matter* yang tinggi akan berdampak pada waktu nyala briket yang lebih cepat karena briket mudah terbakar dan menyala (Artati, Sarwono dan Noriyanti, 2013).

2.7.4 Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Kadar *fixed carbon* yakni kadar karbon yang dihasilkan dari reaksi selulosa dan hemiselulosa saat pembakaran dan nilainya dapat dipengaruhi oleh temperatur saat karbonisasi (Budiawan, Susilo dan Hendrawan., 2014). Persentase karbon terikat (*fixed carbon*) pada briket dipengaruhi oleh kadar air, abu, dan zat menguap (Qanitah *et al.*, 2023). Kadar karbon terikat berpengaruh terhadap nilai kalor briket, semakin tinggi kadar karbon maka nilai kalor briket akan tinggi (Artati, Sarwono dan Noriyanti, 2013). Dalam SNI 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu, tidak disebutkan secara

spesifik mengenai kriteria standar kadar karbon terikat. Parameter karbon terikat akan mengacu pada ketentuan dalam SNI 1683:2021 Arang Kayu yang memiliki nilai sebesar $\geq 79\%$.

2.7.5 Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Besaran nilai kalor mewakili jumlah energi yang dilepaskan setiap satuan massa briket saat terbakar sepenuhnya, ini juga termasuk parameter penting dalam pemilihan bahan baku. Nilai kalor memengaruhi kinerja panas dan daya saing penjualan briket di pasaran (Dinesha, Kumar dan Rosen, 2018). Nilai kalor akan sangat menentukan kualitas briket untuk menjadi bahan bakar alternatif. Semakin tinggi nilai kalor, kualitas briket akan semakin baik. Nilai kalor yang tinggi juga akan menghemat penggunaan briket agar lebih efisien. Pengujiannya menggunakan *bomb calorimeter* untuk mengetahui besarnya energi bruto yang terdapat dalam briket (Setyawan dan Ulfa, 2019).

2.8 Karakteristik Pembakaran

Dalam penelitian pembuatan biobriket ini juga diamati karakteristik pembakaran diantaranya laju pembakaran biobriket dan kadar emisi Karbon monoksida (CO) yang dihasilkan selama pembakaran.

2.8.1 Laju Pembakaran (*Combustion Rate*)

Analisis laju pembakaran bertujuan untuk mengetahui kelayakan biobriket campuran limbah ampas kopi dan kulit kopi sebagai alternatif bahan bakar (Setyawan dan Ulfa, 2019). Laju pembakaran briket dapat dipengaruhi oleh faktor densitas atau kerapatan massa briket. Laju pembakaran semakin cepat jika ukuran butiran briket semakin kasar karena waktu pembakaran yang dibutuhkan briket hingga berubah menjadi abu juga cepat (Affandi, Suryaningsih dan Nurhilal, 2018). Berdasarkan penelitian Ritzada, Yulianti dan Gunadnya (2021), komposisi bahan baku dan bentuk briket mempengaruhi laju pembakaran. Nilai laju pembakaran yang rendah menunjukkan bahwa kualitas briket semakin baik karena pembakaran briket akan awet dan tahan lama (Zulhamdani dan Suryaningsih, 2021).

2.8.2 Kadar Emisi Karbon monoksida (*CO Emission*)

Emisi Karbon monoksida (CO) dapat terbentuk akibat pembakaran briket yang kurang sempurna. Semakin rendah kadar emisi CO yang dihasilkan, maka kualitas briket akan semakin baik (Sari, Nurhilal dan Suryaningsih, 2018). Kadar CO akan diuji untuk mengetahui besarnya emisi yang dikeluarkan selama proses pembakaran briket. Hasil uji emisi kadar CO akan dibandingkan dengan standar emisi menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No 047 Tahun 2006 mengenai Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara. Batas maksimum standar emisi Karbon monoksida (CO) adalah 726 mg/Nm³ atau 581 ppm (KESDM, 2006).

2.9 Analisis Ekonomi

Pembuatan briket dengan biaya yang rendah serta kemudahan pembuatan dapat digunakan masyarakat sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan penggunaan kayu bakar atau arang baik untuk skala domestik (rumah tangga) ataupun industri serta dapat mengatasi tingginya permintaan produk sampingan minyak bumi sebagai bahan bakar (Vivek *et al.*, 2019). Pembuatan briket membutuhkan pembiayaan dan diperlukan analisis evaluasi kelayakan ekonomi karena produk ini akan dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bakar yang lebih ramah lingkungan (Kpalo, Zainuddin dan Manaf, 2020).

Analisis ekonomi pembuatan biobriket akan dilakukan untuk mengetahui harga jual satuan biobriket. Proses analisis ekonomi diawali dengan perhitungan biaya pengadaan alat, pengadaan bahan baku biomassa, sumber daya manusia, dan ketersediaan tempat (Mulyana *et al.*, 2017). Hasil perhitungan analisis ekonomi akan digunakan untuk acuan perbandingan dengan harga jual bahan bahan konvensional lainnya saat ini dan untuk menyatakan nilai kelayakan menggunakan beberapa perhitungan yakni BEP, NPV, PP, dan IRR. Studi kelayakan bisnis bertujuan untuk mengetahui layak atau tidaknya suatu bisnis dibangun dan dioperasikan untuk mendapatkan keuntungan maksimal selama jangka waktu tertentu (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020)

2.9.1 Harga Pokok Produksi dan Nilai Efisiensi Bahan Bakar

Harga Pokok Produksi (HPP) dikalkulasi dari dua komponen biaya yakni biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya variabel (*variable cost*). Biaya tetap merupakan biaya yang tidak akan berubah dalam jangka pendek sebagai akibat dari peningkatan atau penurunan jumlah barang yang diproduksi atau terjual (Kansai, Chaisuwan and Supakata, 2018). Biaya tetap yang dihitung meliputi biaya alat, depresiasi alat, biaya tenaga kerja, dan biaya lain. Sedangkan biaya variabel meliputi biaya bahan baku yakni limbah ampas kopi, kulit kopi, tepung tapioka sebagai perekat, dan air (Dewi, Saputra dan Widodo, 2021).

Perhitungan efisiensi bahan bakar dilakukan membandingkan nilai kalor dari bahan bakar dibagi harga per satuan rupiah (Mulyati, 2016). Jenis bahan bakar yang akan digunakan sebagai pembanding adalah kayu bakar dan LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Program konversi bahan bakar minyak tanah ke LPG sudah diterapkan pemerintah sejak tahun 2007. Pada beberapa tahun terakhir, bahan bakar untuk pemakaian rumah tangga bagi masyarakat sudah beralih ke LPG, Nilai kalor yang dihasilkan LPG sebesar 11.254,61 kkal/kg (KESDM, 2022). Namun, beberapa waktu yang lalu sempat terjadi kelangkaan persediaan LPG di sejumlah agen distributor (Sultan, 2022). Sedangkan kayu bakar masih menjadi pilihan bahan bakar bagi masyarakat desa karena ketersediaannya yang banyak dan penggunaannya yang mudah dan sederhana. Akan tetapi, penggunaan yang meningkat tidak diiringi dengan penanaman kembali sehingga dapat menyebabkan degradasi lingkungan yang dapat memicu bencana alam, perubahan iklim yang drastis, dan lainnya (Marwanza *et al.*, 2021). Salah satu jenis kayu bakar yang digunakan masyarakat adalah kayu mahoni. Nilai kalor kayu mahoni berkisar 299,22 kal/gr (Nabawiyah dan Abtokhi, 2010). Maka dari itu diperlukan analisis efisiensi kedua jenis bahan bakar tersebut dengan biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi.

2.8.2 Kelayakan Finansial

Evaluasi untuk menentukan kelayakan pendirian pabrik produksi biobriket dilakukan menggunakan analisis kelayakan finansial. Analisis ini mencakup beberapa kriteria diantaranya adalah titik impas (*Break Even Point / BEP*), nilai bersih sekarang (*Net Present Value*), periode pengembalian

modal (*Payback Period*), dan tingkat pengembalian internal (*Internal Rate of Return*). Secara prinsip, beberapa kriteria tersebut digunakan dengan tujuan membandingkan jumlah uang yang diinvestasikan pada awal sebagai modal (*initial investment*) dengan total pendapatan bersih yang didapatkan dari produksi biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi dalam periode yang ditentukan. Uraian penjelasan dari masing-masing kriteria sebagai berikut:

1. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah titik dimana pendapatan penjualan produk sama dengan biaya produksi sehingga tidak ada keuntungan atau kerugian. BEP dapat dianggap sebagai target penjualan yang harus dicapai agar bisnis dapat melewati titik impas dan mencapai keuntungan (Rusdianto, Septyatha dan Choiron, 2018). Pada titik BEP ini, proyek atau bisnis mengalami impas atau tidak menghasilkan keuntungan maupun mengalami kerugian. BEP dapat digunakan untuk perencanaan keuntungan sesuai yang diinginkan dan menjadi panduan menjalankan proyek atau bisnis. BEP pendapatan mengindikasikan bahwa produksi dianggap impas saat memperoleh pendapatan dalam jumlah tertentu (Kamil, 2023).

Analisis BEP perlu dilakukan untuk dapat mengetahui hubungan antara beberapa variabel dalam kegiatan produksi misalnya biaya yang dikeluarkan, tingkat produksi yang dilaksanakan, dan pendapatan yang diterima (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020). Dalam analisis Titik Impas (*Break Even Point*), Jika BEP lebih rendah dibandingkan Harga Jual Perolehan maka bisnis dianggap menguntungkan jika dijalankan. Sebaliknya, jika BEP lebih tinggi daripada Harga Jual Perolehan maka bisnis dianggap tidak menguntungkan untuk dijalankan (Mulyati dan Jati, 2022).

2. *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) diartikan sebagai selisih nilai antara *Present Value* dari suatu investasi dengan nilai sekarang yang didapatkan dari penerimaan kas bersih (aliran kas operasional dan terminal) pada masa yang akan datang. Perhitungan nilai sekarang dibutuhkan tingkat bunga yang relevan (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020). NPV merupakan metode yang

paling umum digunakan dalam penilaian kriteria kelayakan investasi (Afiyah, Saifi and Dwiatmanto, 2015)

Net Present Value (NPV) merupakan metode yang memperhitungkan aliran kas bersih (*Net Cash Flow*) dengan mempertimbangkan konsep “*Time Value Money*” yakni dengan menggunakan tingkat bunga (*discount rate*) tertentu didasarkan pada persentase suku bunga pinjaman kredit bank, dengan adanya asumsi bahwa tingkat suku bunga tidak akan mengalami perubahan selama periode kontrak. Analisis NPV ini dilakukan dari perspektif investor yang mempertimbangkan nilai investasi dari suatu proyek. Nilai NPV dapat bervariasi tergantung dari besaran biaya investasi dan faktor diskonto (*discount factor*) dari suatu proyek. Namun, jika NPV memiliki nilai yang positif ($NPV > 0$) menunjukkan bahwa proyek tersebut layak dilakukan (Dewi, 2018).

3. *Payback Period* (PP)

Payback period merupakan periode atau jangka waktu yang dibutuhkan untuk melunasi pembayaran investasi awal (*initial cash investment*) dengan menggunakan aliran kas yang didapatkan. Definisi lain dari *payback period* adalah perbandingan antara biaya investasi awal (*initial cash investment*) dengan aliran kas (*cash flow*) yang hasil akhirnya merupakan satuan waktu (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020). PP juga dapat diartikan periode waktu yang digunakan untuk menghitung seberapa lama sebuah investasi dalam suatu proyek atau bisnis akan menghasilkan pengembalian modal yang diinvestasikan, dengan mengacu satuan waktu tahun atau bulan (Afiyah, Saifi and Dwiatmanto, 2015).

Tujuan analisis PP yakni mengetahui periode suatu investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya *Break Even Point* (Giatman, 2005). Indikator keberhasilan PP yakni semakin cepat suatu proyek mengembalikan biaya investasi proyek maka akan semakin baik (dalam satuan waktu) (Insandi, Astuti dan Sibuea, 2019).

4. *Internal Rate of Return* (IRR)

Perhitungan *Internal Rate of Return* (IRR) merupakan tingkat suku bunga dimana nilai NPV sama dengan nol ($NPV=0$) dan biasanya dinyatakan

dalam bentuk persentase (Kamil, 2023). Perhitungan IRR bertujuan untuk mencari tingkat bunga yang sebanding dengan nilai sekarang dari arus kas yang ingin didapatkan di masa depan atau penerimaan kas dari pengeluaran investasi awal (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020).

IRR disebut juga tingkat pengembalian internal yakni kemampuan suatu proyek dalam menghasilkan imbal hasil (*return*) dalam satuan % (Insandi, Astuti, dan Sibuea, 2019). Persentase IRR dapat bervariasi nilainya tergantung pada tingkat bunga (*discount factor*) yang digunakan dalam perhitungan analisis ekonomi tiap proyek (Dewi, 2018).

2.10 Integrasi Keislaman dengan Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi menjadi Biobriket

Al-qur'an merupakan kitab sempurna yang membahas segala hal di alam semesta termasuk tanaman yang ada di bumi. Pembahasan mengenai tanaman salah satunya disebutkan dalam ayat dibawah ini:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَاوِرٌ وَجَنَّتْ مِنْ أَعْنَبٍ وَرَزَّعَ وَنَخِيلٌ صُنُوفٌ وَغَيْرُ صُنُوفٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفْعِلُ
بَعْضَهَا عَلَى بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya : *“Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanaman-tanaman itu atas sebagian yang lain rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir ”* (Q.S Ar-Ra'd: 4)

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah SWT menciptakan berbagai jenis tanaman yang memiliki cita rasa yang berbeda, contohnya ialah kopi yang memiliki cita rasa khas dibandingkan tanaman lainnya.

Islam telah menyediakan panduan holistik hidup yang diperuntukkan bagi setiap aspek kehidupan manusia yang termuat dalam Kitab Suci Al-Qur'an termasuk perihal menjaga kelestarian lingkungan. Sayangnya, peningkatan konsumsi kopi masyarakat saat ini tidak dibarengi dengan pengelolaan limbah ampas kopi yang tepat sehingga dikhawatirkan dapat berdampak buruk bagi keberlanjutan lingkungan. Allah SWT telah memberi

larangan bagi manusia agar tidak berbuat hal yang menyebabkan kerusakan di muka bumi sejalan dengan firman-Nya dalam Surat Al-A'raf ayat 74, berikut ini

وَأَذْكُرُوا إِذْ جَعَلَكُمْ خُلَفَاءَ مِنْ بَعْدِ عَادٍ وَبَوَّأَكُمْ فِي الْأَرْضِ تَتَّخِذُونَ مِنْ سُهُولِهَا قُصُورًا وَتَنْجُسُونَ الْحِبَالَ
بُيُوتًا فَأَذْكُرُوا آلَاءَ اللَّهِ وَلَا تَعْتَوْا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ

Artinya : *“Dan ingatlah ketika Dia menjadikan kamu khalifah-khalifah setelah kaum ‘Ad dan menempatkan kamu di bumi. Kamu dirikan istana-istana di tempat yang tanahnya yang datar dan kamu pahat gunungnya menjadi rumah. Maka ingatlah nikmat Allah dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi”* (Q.S Al-A'raf : 74).

Dalam perspektif Al-Qur'an makna kata kekhalifahan meliputi 3 aspek yakni (1) eksistensi manusia sebagai khalifah dimuat dalam Q.S Al-Alaq : 2, (2) alam raya atau bumi dalam Q.S Al-Baqarah : 21 serta (3) relasi manusia dan alam semesta beserta isinya yang terkandung dalam Q.S Sad : 27 termasuk *istikhlaf* atau tugas-tugas yang berkaitan dengan kekhalifahan. Relasi antara manusia dengan alam saling memengaruhi dan berkaitan. Jika alam rusak, manusia juga terdampak. Oleh sebab itu tugas manusia yaitu memelihara serta memakmurkan alam harus dilakukan (Shihab, 1996).

Limbah ampas kopi dan kulit kopi yang dibuang langsung dapat memicu terlepasnya gas metana ke atmosfer dan memperparah perubahan iklim. Sehingga dengan melakukan pemanfaatan limbah biomassa tersebut, secara tidak langsung kita juga berusaha menyisihkan hal yang dapat memberi dampak buruk bagi manusia, makhluk hidup lain serta lingkungan. Iman melingkupi setiap dimensi kehidupan manusia, diantaranya hubungan dengan Allah SWT (*hablum minAllah*), sesama umat manusia (*hablum minnannas*) dan dengan lingkungan (*hablum minal alam*) baik sebagai makhluk individu maupun kolektif (bersama). Jadi dapat disimpulkan bahwa iman sebagai wujud keyakinan kuat yang mempunyai hubungan positif dan dapat memberikan dampak signifikan bagi kemanusiaan dan kehidupan sosial (Shofaussamawati, 2018).

Pemanfaatan limbah ampas kopi dan kulit kopi menjadi biobriket menjadi salah satu upaya sebagai wujud keimanan kepada Allah SWT melalui perbuatan serta tanggung jawab yakni sebagai *khalifah*. Integrasi keislaman mengenai upaya menjaga kelestarian lingkungan yang dapat dilakukan salah satunya dengan cara pemanfaatan limbah biomassa menjadi energi dapat menjadi suatu solusi yang holistik terhadap potensi masalah pada lingkungan yang saat ini terjadi akibat perilaku produksi dan konsumsi kurang bertanggung jawab.

2.11 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 7 Referensi Penelitian Terdahulu

No	Penulis Penelitian		Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Assefa Tesfaye, Fentahun Workie, dan Venkatesh S. Kumar		2022	<i>Production dan Characterization of Coffee Husk Fuel Briquettes as an Alternative Energy Source</i>	Briket yang berasal dari kulit kopi mempunyai banyak potensi sebagai suatu sumber energi yang ramah lingkungan. Karena dapat mengurangi polusi serta merupakan cara yang aman dalam pengelolaan limbah kopi. Selain menawarkan energi bersih, terbarukan dan berkelanjutan yang menggantikan kayu bakar dan arang, briket kulit kopi membantu dalam proses penyerapan karbon dengan mengurangi deforestasi.
2.	Franz Johannes Kummich, Hans-Werner Schröder		2021	<i>Influence of Pre-treatment dan Variation of Briquetting Parameters on the Mechanical Refinement of Spent Coffee Grounds</i>	Pembuatan briket yang diawali dengan teknik pirolisis menghasilkan kualitas briket terbaik dalam hal densitas, kekuatan tekan, dan ketahanan. Untuk pengembangan dapat dilakukan dengan kombinasi hasil pertanian yang berserat
3.	Anna Brunerová, Hynek Roubík, Milan Brožek, Agus Haryanto, Udin Hasanudin, Dewi Agustina Iryani, dan David Herák		2020	<i>Valorization of Bio-Briquette Fuel by Using Spent Coffee Ground as an External Additive</i>	Penambahan ampas kopi pada briket menaikkan potensi energi tetapi menurunkan kualitas mekanis (kekuatan)
4.	Law H.C, Gan L.M, dan Gan H.L		2018	<i>Experimental Study on the Mechanical Properties of Biomass Briquettes from</i>	Komposisi briket yang paling optimal yakni campuran 40 kulit padi :60 bagasse tebu dan 20 bagasse tebu:80 limbah ampas kopi. Pembuatan briket dengan komposisi berbeda menentukan

No	Penulis Penelitian	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			<i>Different Agricultural Residues Combination</i>	kekuatan mekanik dan ketahanan.
5.	Nattakarn Kansaia, Nichakorn Chaisuwanb dan Nuta Supakata	2018	<i>Carbonized Briquettes as a Tool for Adding Value to Waste from Rain tree (Samanea Saman) dan Coffee Ground / Tea Waste</i>	Arang briket yang dibuat dari residu pohon trembesi dan ampas kopi atau teh dengan perekat tapioka yang dibuat menggunakan metode <i>cold pressure</i> dapat dikembangkan menjadi sumber energi untuk penggunaan rumah tangga. Komposisi seimbang antara residu pohon trembesi dan ampas kopi memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 20,17 MJ/kg atau 4280 kkal/kg serta nilai <i>shatter index</i> tertinggi yaitu 99,15%. Briket ini menjadi cara alternatif untuk mengurangi limbah dan menambah nilai residu biomassa sebagai bahan baku dalam pembuatan bahan bakar untuk keperluan memasak pada rumah tangga
6.	Bagus Setyawan dan Rosiana Ulfa	2019	Analisis Mutu Briket Arang dari Limbah Biomassa Campuran Kulit Kopi dan Tempurung Kelapa dengan Perekat Tepung Tapioka	Hasil briket yang memiliki nilai kalor tertinggi adalah komposisi 75% kulit kopi dengan nilai kalor sebesar 6152,4 kal/gr, kadar air 13,872% dan kadar abu 20,054% yang paling rendah diantara komposisi lainnya. Nilai kalor yang dihasilkan telah melebihi ketentuan SNI (5000 kal/gr), standar Jepang (6000-7000 kal/gr), an standar Amerika (6230 kal/gr). Namun untuk parameter kadar air dan abu briket ini masih jauh melebihi spesifikasi mutu SNI. Nilai kerapatan partikel briket ini adalah 0,6821gr/cm ³ dengan laju pembakaran mencapai 0,004 gr/s
7.	Vibianti Dwi Pratiwi dan Mukhaimin Iman	2021	Pengaruh Suhu dan Jenis Perekat Terhadap Kualitas Biobriket dari Ampas Kopi dengan Metode Torefaksi	Hasil briket terbaik yakni briket dengan perekat getah pinus sebesar 40% yang dipanaskan pada suhu 300 ⁰ C (suhu torefaksi optimum). Briket dengan komposisi perekat tersebut cukup kokoh dan padat. Nilai kalornya mencapai 6124kal/gr.
8.	Safira Ramadhani, Fausta	2021	Pembuatan Biobriket dari	Mutu briket terbaik yakni briket dengan komposisi seimbang

No	Penulis Penelitian	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	Muhammad Jundi Utama, dan Ariani		Limbah Kopi dan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif	(50:50) antara limbah kopi dan sekam padi dan perekat sebanyak 7% dari massa total dengan suhu karbonisasi mencapai 500 ⁰ C. Komposisi limbah kopi yang semakin banyak dapat meningkatkan <i>fixed carbon</i> dan nilai kalor.
9.	Joshua L.T dan Sri Endah A	2020	<i>The Potential Utilization Of Coffee Waste Into Bio- Briquette As Environmentally Friendly Fuel</i>	Ampas kopi berpotensi dimanfaatkan menjadi bio briket. Penambahan perekat berupa tapioka sangat tepat untuk pembuatan briket karena dapat meningkatkan nilai kalor. Briket yang memiliki kualitas kepadatan dan kekuatan paling baik yakni menggunakan metode <i>hot pressing</i> . Briket tersebut memiliki nilai kalor 5026 kkal/kg , laju pembakaran 1,99 g/menit dengan waktu pembakaran 60 detik serta masa jenis yakni 0,51 g/cm ³
10.	Dwi Khusna dan Joko Susanto	2015	Pemanfaatan Limbah Padat Kopi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Bentuk Briket Berbasis Biomass (Studi Kasus di PT Santos Jaya Abadi <i>Instant Coffee</i>)	Briket biomassa limbah ampas kopi sangat potensial untuk dijadikan energi alternatif. Berdasarkan hasil uji, kalori yang terkandung dalam ampas kopi yaitu 5764 kal/g sedangkan arang kopi sebesar 6779 kal/g. Nilai tersebut lebih tinggi dari kalori batubara yang digunakan PT Santos Jaya Abadi sebesar 5141 kal/g.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah ampas kopi dan kulit kopi menjadi biobriket sebagai alternatif energi ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan atau *research and development* yakni penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu serta menguji keefektifan produk yang dihasilkan (Sugiyono, 2013). Uji keefektifan produk dilakukan agar produk dapat digunakan oleh masyarakat secara luas.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

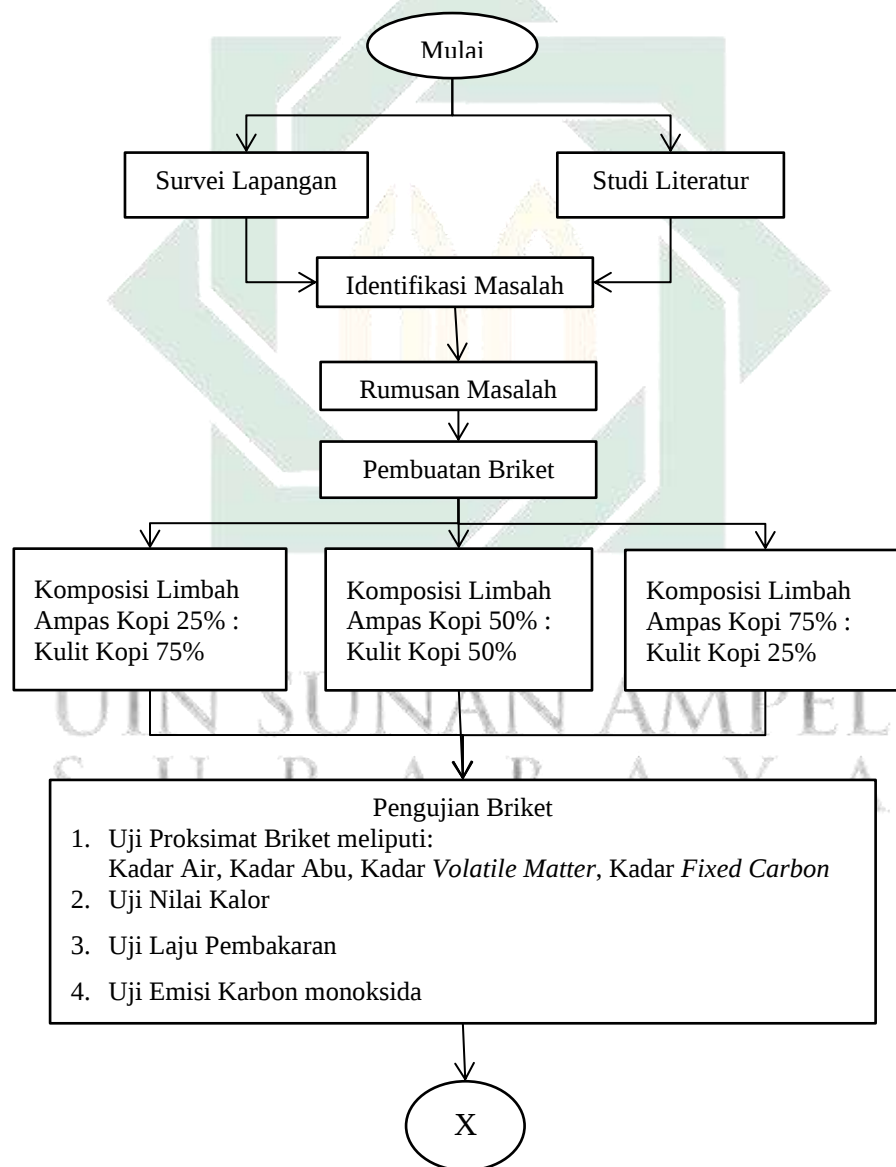
Lokasi penelitian berbeda untuk proses pembuatan biobriket dan pengujian parameter kualitas biobriket. Proses pembuatan biobriket dan pengujian laju pembakaran dan kadar emisi CO dilaksanakan di Ruang Laboratorium *Physics, Chemistry, and Environment* Gedung Laboratorium Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya. Pengujian kadar air di Ruang Laboratorium Teknik Transportasi UIN Sunan Ampel Surabaya. Pengujian kadar abu dan zat mudah menguap dilakukan di Ruang Laboratorium Kimia Dasar UIN Sunan Ampel Surabaya. Sedangkan untuk pengujian nilai kalor biobriket dilakukan di Ruang Laboratorium Pengujian Bahan Bakar Gedung C Teknik Kampus II Politeknik Negeri Madiun. Penelitian berlangsung selama 7 bulan yakni pada Bulan Oktober 2022-April 2023.

3.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir disusun untuk mengetahui hubungan yang bersifat asosiatif atau perbandingan yang bersifat komparatif. Kerangka ini akan menentukan paradigma penelitian (Sugiyono, 2018). Berikut ini ialah kerangka berpikir dalam pembuatan biobriket:

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental atau *research and development* yang diawali dengan survei lapangan dan studi literatur, terbagi menjadi 3 tahap utama yaitu persiapan bahan, pembuatan biobriket, dan pengujian sampel biobriket. Tahapan penelitian penelitian lebih rinci dapat dilihat sebagai berikut:



:

No	Alat	Gambar	Kegunaan
----	------	--------	----------

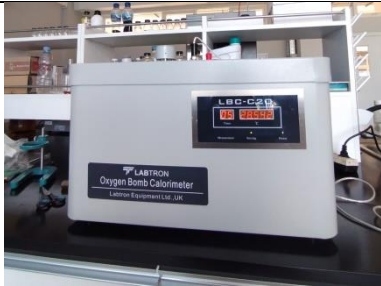
The image shows a white Thermo Hera Therm 3000 oven. It has a digital display and control panel on the top right. A blue handle is on the left side. A white paper with text is taped to the front, and a technical manual is on the right side.

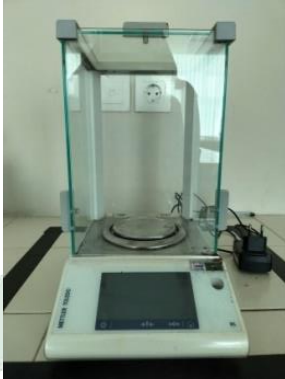
2 Furnace

Memanaskan bahan baku briket hingga berubah menjadi arang (*char*)

Melakukan uji proksimat briket yang telah dibuat

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

No	Alat	Gambar	Kegunaan
3	Bomb Calorimeter		Mengukur nilai kalor briket yang telah dibuat
Gambar 3. 5 Oxygen Bomb Calorimeter LBC-C20 Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)			
4	Cawan Porselen / Crucible Gooch		Mewadahi sampel bahan baku saat proses pengarangan di dalam furnace
Gambar 3. 6 Crucible Gooch volume 25 ml Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)			
5	Mortar dan Alu		Menghaluskan arang ampas kopi dan kulit kopi agar menjadi partikel dengan butiran yang lebih kecil
Gambar 3. 7 Laboratory Porcelain Mortar and Pestle 220 ml Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)			
6	Ayakan 60 mesh (250 μ m)		Mengayak arang kulit kopi dan ampas kopi yang akan dibuat menjadi briket
Gambar 3. 8 Ayakan 60 mesh (250 μm)			

No	Alat	Gambar	Kegunaan
<i>Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)</i>			
7	Neraca Analitik		Menimbang limbah ampas kopi dan kulit kopi yang akan dibuat arang Menimbang arang bahan baku briket sesuai massa yang diinginkan
<i>Gambar 3. 9 Analytical Balance M204T/00 Sumber: Dokumentasi Pribadi (2022)</i>			
8	Cawan Petri		Mewadahi limbah ampas kopi dan kulit kopi yang akan dibuat arang Mewadahi bahan baku briket saat proses penimbangan Mewadahi sampel briket saat uji kadar air
<i>Gambar 3. 10 Cawan Petri ukuran 100/20 Sumber: Dokumentasi Pribadi (2022)</i>			
9	Hotplate		Memanaskan larutan tepung tapioka yang akan digunakan sebagai perekat
<i>Gambar 3. 11 Hotplate Stirrer Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)</i>			

pembuat kopi (*coffee maker*). Berikut adalah penampakan limbah ampas kopi yang didapatkan:



Gambar 3. 26 Limbah Ampas Kopi dari *Coffee shop*
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2022)

Kulit kopi didapatkan dari Perkebunan Kopi yang terletak di Kecamatan Wlingi, Kabupaten Blitar. Perkebunan tersebut merupakan salah satu produsen kopi organik terbesar dengan luas lahan mencapai 900 hektare. Kulit kopi merupakan jenis Kopi Robusta (*Coffea canephora*). Berikut ini merupakan kondisi kulit kopi yang digunakan dalam pembuatan biobriket:



Gambar 3. 27 Kulit Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Bahan selanjutnya yang dibutuhkan dalam pembuatan biobriket adalah tepung tapioka sebagai perekat organik.



Gambar 3. 28 Tepung Tapioka
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Bahan terakhir yang digunakan yakni air sebagai pelarut tepung tapioka agar dapat dijadikan sebagai perekat biobriket. Air berasal dari air kran biasa.



Gambar 3. 29 Air
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

3.4.2 Tahap Penentuan Komposisi Bahan Baku dan Notasi Sampel

Penentuan komposisi bahan baku biobriket yang digunakan dilakukan secara faktorial dengan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 perlakuan dan 3 kali pengulangan (*triplo*). Penentuan komposisi campuran bahan baku pembuatan biobriket ini mengacu pada penelitian Setyawan dan Ulfa (2019) mengenai pembuatan briket dengan bahan baku kulit kopi dan tempurung kelapa. Biobriket dibuat dengan 2 ukuran yang berbeda yakni diameter 5cm dan 10cm serta tinggi 3cm. Komposisi biobriket yang dibuat tersaji pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Komposisi Campuran Briket dan Kode Sampel

Komposisi Sampel (Perekat Tepung Tapioka 10%)	Ukuran Briket (Diameter)	Kode Sampel
--	-----------------------------	-------------

Limbah ampas kopi yang didapat dari *coffee shop* dihamparkan dan dijemur dibawah sinar matahari selama ± 6 jam disertai dengan perlakuan pembauran, penghancuran gumpalan, dan dibolak-balik untuk mempercepat proses pengeringan. Tahap selanjutnya adalah limbah ampas kopi diangin-anginkan di suhu ruang karena kelembapan masih lumayan tinggi. Proses penjemuran limbah ampas kopi dapat dilihat pada Gambar 3.31 berikut ini:



Gambar 3. 31 Proses Penjemuran Limbah Ampas Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2022)

Limbah ampas kopi dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 105°C selama 4 jam hingga benar-benar kering. Lamanya waktu disebabkan karena kondisi ampas kopi setelah dijemur matahari masih ada gumpalan-gumpalan dan agak lembab serta wadah yang digunakan saat pengovenan menggunakan baskom dengan kedalaman tertentu, bukan nampan sehingga ampas kopi tidak bisa terhampar seluruhnya. Berikut ini ialah proses pengovenan limbah ampas kopi:



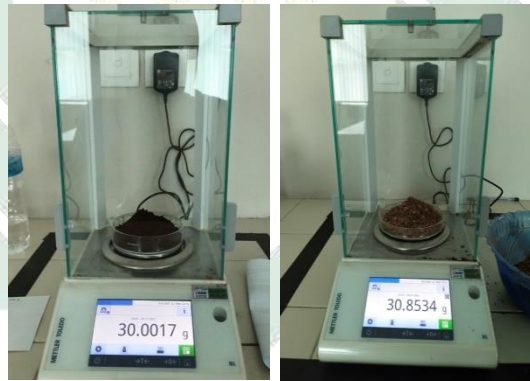
Gambar 3. 32 Pengeringan Limbah Ampas Kopi dengan Oven

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Kulit kopi tidak mengalami proses pengeringan dengan penjemuran maupun pengovenan karena kondisi kulit kopi yang telah kering. Maka dari itu, kulit kopi langsung diproses untuk pengarangan.

c. Pengarangan

Ampas kopi dan kulit kopi selanjutnya melalui proses pengarangan dalam *furnace*. Langkah awal adalah penimbangan limbah ampas kopi dan kulit kopi menggunakan *analytical balance* sesuai massa yang diinginkan.



Gambar 3. 33 Penimbangan Bahan Baku Sebelum Proses Karbonisasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Bahan baku yang telah ditimbang kemudian dipindahkan dalam cawan porselen untuk proses pemanasan dalam *furnace*. Berikut adalah limbah ampas kopi dan kulit kopi kering yang dimasukkan ke dalam cawan porselen:



Gambar 3. 34 Pewadahan Bahan Baku ke Cawan Porselen
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Setelah itu, masing-masing bahan baku dimasukkan ke dalam furnace. Proses pemanasan dilakukan secara terpisah (masing-masing) karena adanya perbedaan suhu yang digunakan untuk pengarangan ampas kopi dan kulit kopi.



Gambar 3. 35 Proses Karbonisasi Bahan Baku
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Proses pengarangan ampas kopi menggunakan metode torefaksi pada suhu 200°C selama 30 menit dalam *muffle furnace* tanpa adanya suplai udara. Pengaturan suhu pengarangan ampas kopi sebesar 200°C berdasarkan penelitian Huseini *et al.*, (2018). Sedangkan proses pembakaran kulit kopi melalui proses torefaksi dengan penggunaan suhu sebesar 250°C selama 45 menit. Besaran suhu mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Agusta, 2021). Berikut ini adalah penampakan arang ampas kopi dan kulit kopi hasil proses torefaksi:



Gambar 3. 36 Hasil Karbonisasi Bahan Baku
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Perubahan fisik setelah proses torefaksi yang terlihat pada ampas kopi adalah perubahan warna ampas kopi menjadi hitam (arang) dan adanya penyusutan volume menjadi lebih padat. Sedangkan kulit kopi juga mengalami perubahan warna menjadi kehitaman (arang) dan pada bagian atas terlihat ada sedikit bagian yang mengalami pengabuan.

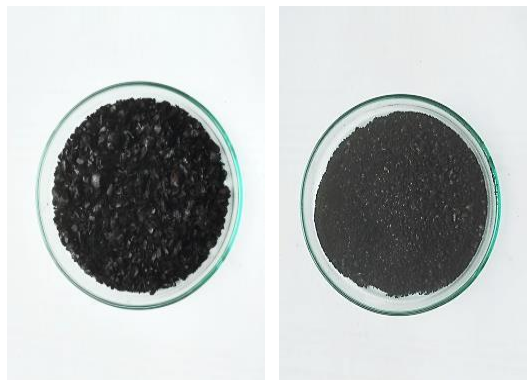
d. Penghalusan Arang

Arang limbah ampas kopi dan kulit kopi yang telah dingin, lalu dihaluskan menggunakan mortar atau alat tumbuk agar ukuran partikel menjadi lebih kecil dan memudahkan proses pengayakan. Langkah ini sesuai dengan penelitian Zulhamdani dan Suryaningsih (2021). Berikut adalah proses penghalusan bahan baku biobriket:



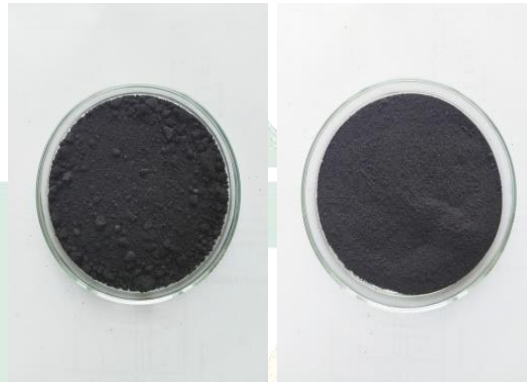
Gambar 3. 37 Proses Penghalusan Arang Kulit Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Gambar 3.38 menunjukkan perbandingan tekstur arang kulit kopi dan serbuk arang setelah dihaluskan dengan mortar.



Gambar 3. 38 Perbandingan Arang Kulit Kopi Sebelum dan Sesudah Penghalusan
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Pada gambar 3.39 terlihat perbedaan tekstur dari arang ampas kopi yang masih ada gumpalan kecil dengan serbuk arang ampas kopi yang ukuran partikelnya lebih halus.



Gambar 3. 39 Perbandingan Arang Ampas Kopi Sebelum dan Sesudah Penghaluskan
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

e. Pengayakan Serbuk Arang

Ukuran partikel serbuk arang akan menentukan kualitas briket yang dihasilkan. Ukuran ayakan yang digunakan berdasarkan standar dalam SNI 01-6235-2000 mengenai Briket Arang Kayu. Untuk mendapatkan ukuran partikel serbuk arang limbah ampas kopi dan kulit kopi yang halus, maka serbuk arang diayak menggunakan ayakan berukuran 60 *mesh* sesuai penelitian Zulhamdani dan Suryaningsih, (2021). Pertimbangan penentuan partikel serbuk arang dengan ukuran 60 *mesh* yakni menghasilkan densitas tertinggi menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Sunardi, Djuanda dan Mandra, (2019) dan nilai emisi karbon monoksida terendah (Affandi, Suryaningsih dan Nurhilal, 2018).

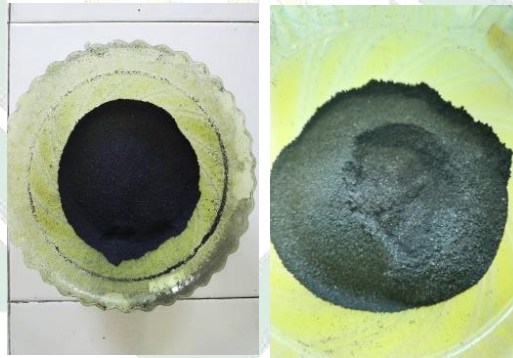
Serbuk arang kulit kopi diayak menggunakan saringan berukuran 60 *mesh* untuk memisahkan serbuk atau partikel yang telah halus dengan arang kulit kopi yang masih berukuran besar. Serbuk arang yang telah halus akan lolos lubang ayakan.



Gambar 3. 40 Proses Pengayakan Serbuk Arang Kulit Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Berikut adalah serbuk arang kulit kopi yang lolos ayakan 60 mesh:



Gambar 3. 41 Serbuk Arang Kulit Kopi

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Serbuk arang ampas kopi juga diayak untuk memisahkan gumpalan kecil yang belum hancur saat proses penghalusan dengan serbuk arang ampas kopi. Proses pengayakan arang ampas kopi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 42 Proses Pengayakan Serbuk Arang Ampas Kopi

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Berikut adalah tekstur kehalusan serbuk arang ampas kopi yang lolos ayakan 60 mesh:



Gambar 3. 43 Serbuk Arang Ampas Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Gambar dibawah ini menunjukkan perbandingan ukuran partikel serbuk arang kulit kopi dan ampas kopi setelah proses pengayakan. Pada gambar berikut terlihat jelas perbedaan ukuran partikel antara kedua bahan. Serbuk arang ampas kopi memiliki partikel yang lebih halus dibandingkan serbuk arang kulit kopi.



Gambar 3. 44 Perbandingan Serbuk Arang Kulit Kopi dan Ampas Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

f. Pembuatan Perekat

Langkah selanjutnya yakni pembuatan perekat biobriket. Proses pembuatan perekat diawali dengan menimbang tepung tapioka seberat 3 gr dan menyiapkan air sebanyak 45 ml. Penentuan komposisi tepung tapioka dan air merujuk pada penelitian Sudarsono dan

Warmadewanthi (2010) yaitu 1:15. Berikut merupakan tepung tapioka yang telah ditimbang seberat 3 gr.



Gambar 3. 45 Tepung Tapioka untuk Perekat
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)



Gambar 3. 46 Air untuk Pelarut
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Tepung tapioka sebanyak 3 gr yang telah ditimbang menggunakan neraca analitik, dimasukkan ke dalam gelas beker bervolume 300 ml lalu ditambah 45 ml air dan diaduk menggunakan batang pengaduk agar larutan menjadi homogen.



Gambar 3. 47 Proses Pelarutan Tepung Tapioka
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Kemudian larutan tepung tapioka dipanaskan menggunakan *hotplate stirrer* dengan suhu 200°C dengan kekuatan *stirrer* sebesar 8 rpm. Pengadukan menggunakan batang pengaduk tetap dilakukan selama pemanasan untuk mempercepat proses. Proses pemanasan perekat dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 48 Proses Pemanasan Larutan Tepung Tapioka
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Setelah pemanasan selama ± 5 menit, larutan tepung tapioka berubah menjadi lengket seperti lem dan terjadi perubahan warna menjadi bening. Gambar dibawah menunjukkan perekat tepung tapioka yang siap digunakan:



Gambar 3. 49 Perekat Tepung Tapioka
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

g. Proses Pencampuran Serbuk Arang dan Perekat

Langkah selanjutnya adalah mencampurkan serbuk arang sesuai komposisi yang telah ditentukan dengan adonan perekat dan diaduk hingga tercampur merata.



Gambar 3. 50 Proses Pencampuran Serbuk Arang dan Perekat
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Pencampuran serbuk arang limbah ampas kopi, kulit kopi, dan perekat dilakukan menggunakan wadah gelas beker. Proses pengadukan adonan dilakukan dengan batang pengaduk dan sendok agar percampuran dapat merata. Hasil pengadukan adonan biobriket dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. 51 Pengadukan Adonan Briket
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

h. Proses Pembriketan

Pembriketan dilakukan dengan cara manual menggunakan metode *cold pressing*. Proses kompaksi adonan briket dilakukan dengan tenaga manusia (tangan) dan alat tekan berbahan kayu.

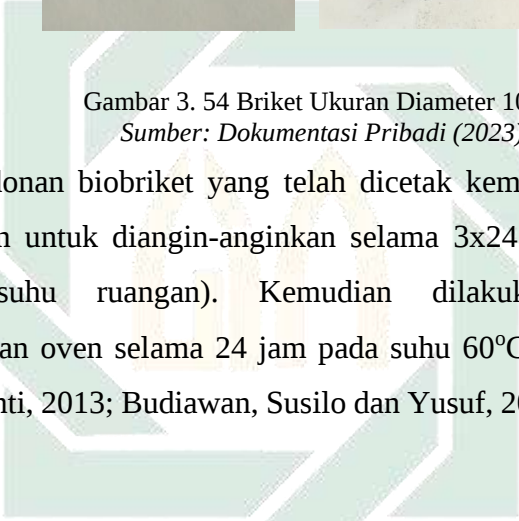


Gambar 3. 52 Proses Pembriketan
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Adonan biobriket dicetak berbentuk silinder menggunakan cetakan silinder diameter 5 cm dan tinggi 3 cm. Bentuk tersebut seperti briket hasil penelitian Sulistyaningkarti dan Utami, (2017).



Gambar 3. 53 Briket Ukuran Diameter 5 cm
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)



Guian Briket

Tahapan yang di

pengujian diantaranya nilai kalor, kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Selain itu dilakukan pengujian kadar emisi karbon monoksida dan laju pembakaran. Langkah pengujian yang digunakan untuk uji kualitas mutu biobriket adalah sebagai berikut:

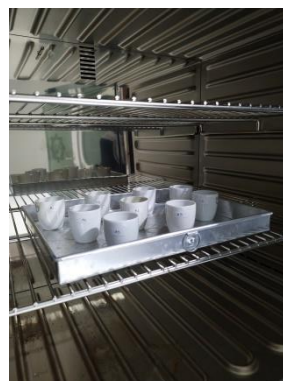
a) Pengujian Kadar Air (*Moisture Content*)

Langkah pengujian kadar air yang terkandung dalam biobriket diawali dengan menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan. Kemudian, cawan porselen yang digunakan sebagai wadah sampel biobriket diberi label untuk menandai sampel biobriket yang diuji.



Gambar 3. 56 Pemberian Label pada Cawan Porselen
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Selanjutnya dilakukan pengovenan cawan porselen dengan suhu 115°C selama 10 menit untuk menghilangkan pengotor atau partikel yang masih menempel pada cawan porselen. Pengovenan ini juga bertujuan agar saat proses penimbangan massa cawan menunjukkan hasil yang lebih akurat.



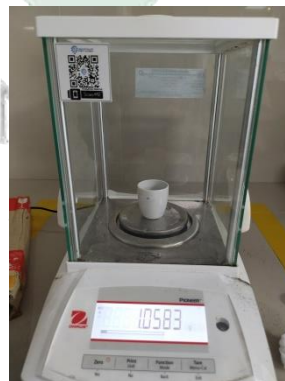
Gambar 3. 57 Pengovenan Cawan Porselen
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Setelah proses pengovenan selesai, cawan porselen dikeluarkan dari oven dan didinginkan pada suhu ruang. Langkah selanjutnya adalah menimbang cawan porselen menggunakan neraca analitik dan dilakukan pencatatan massa setiap cawan porselen.



Gambar 3. 58 Penimbangan Massa Cawan Porselen Kosong
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Langkah selanjutnya adalah penimbangan sampel biobriket. Sampel biobriket yang digunakan untuk pengujian kadar air ditimbang sebanyak ± 1 gram.



Gambar 3. 59 Penimbangan Sampel Briket Sebelum Dioven
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Kemudian cawan porselen berisi sampel biobriket dioven pada suhu 115°C selama ± 3 jam sesuai ketentuan langkah pengujian kadar air dalam SNI 06-3730-1995 Arang Aktif Teknis.



Gambar 3. 60 Proses Pengovenan Sampel Briket
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Langkah selanjutnya adalah mengeluarkan biobriket dari oven lalu mendinginkan cawan porselen pada suhu ruang. Setelah dingin, dilakukan penimbangan cawan porselen berisi sampel setelah proses pengovenan untuk mengetahui massa setelah proses pengovenan dan reduksinya. Data yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk perhitungan kadar air yang terkandung dalam biobriket. Persentase kadar air dihitung menggunakan rumus persamaan sesuai standar ASTM D-3173-03 yakni sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100$$

Keterangan:

a = massa awal briket (gram)

b = massa briket setelah pemanasan pada suhu 110° (gram)

b) Pengujian Kadar Abu (Ash Content)

Pengujian kadar abu diawali dengan menyiapkan alat yang digunakan. Untuk perlakuan awal terhadap cawan porselen adalah memberi label pada masing-masing cawan porselen lalu menghilangkan kadar air atau pengotor yang menempel pada permukaan dengan mengoven pada suhu 115°C selama ± 10 menit (seperti langkah pra-pengujian kadar air). Kemudian, masing-masing cawan porselen ditimbang menggunakan neraca analitik. Setelah itu sampel briket ditimbang seberat ± 2 gram menggunakan

neraca analitik untuk dilakukan proses pengabuan dalam *furnace*. Semua cawan porselen berisi sampel dimasukkan ke *furnace*.



Gambar 3. 61 Cawan Porselen Berisi Sampel Briket dimasukkan ke *Furnace*
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Proses pengujian kadar abu dilakukan dengan pemanasan sampel biobriket pada suhu 750°C selama 5 jam (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021).



Gambar 3. 62 Pengaturan Suhu *Furnace* untuk Uji Kadar Abu
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Setelah proses selesai, pengeluaran sampel dari *furnace* dilakukan keesokan harinya. Berikut adalah residu biobriket:



Gambar 3. 63 Residu dari Pengujian Kadar Abu
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

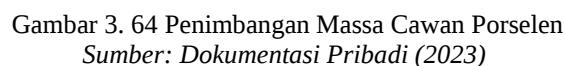
Perhitungan kadar abu menggunakan standar ASTM D-3174-04 dengan persamaan berikut ini:

Keterangan:

b = massa cawan kosong (gram)

c = massa sampel briket yang digunakan (gram)

Pengujian zat mudah menguap diawali dengan penimbangan massa cawan porselen. Tiap cawan diberi label untuk membedakan tiap komposisi.



digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Selanjutnya sampel biobriket dipanaskan dengan suhu sebesar 950⁰C selama 7 menit sesuai panduan pengujian dalam SNI 01-6235-2000:Briket Arang Kayu.



Gambar 3. 65 Pengaturan Suhu *Furnace* untuk Uji Zat mudah menguap
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Agar furnace tetap terjaga maka pengambilan dilakukan keesokan harinya. Setelah pemanasan akan tertinggal residu padat yang sebagian besar terdiri dari karbon dan mineral – mineral yang telah berubah bentuk (tidak selalu abu) (Cholilie dan Zuari, 2021). Berikut adalah residu sampel biobriket yang tertinggal dari uji zat mudah menguap:



Gambar 3. 66 Residu dari Pengujian Zat mudah menguap
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Kemudian dilakukan penimbangan cawan porselen berisi residu sampel biobriket setelah proses pemanasan.

e) Pengujian Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Pengujian nilai kalor biobriket dilakukan dengan alat *oxygen bomb calorimeter* LBC-C20. Prosedur pengujian diawali dengan penimbangan sampel biobriket dengan massa 1 gram menggunakan *electronic digital pocket scale*. Saat ditimbang, serbuk biobriket diletakkan di cawan kecil yang terbuat dari nikel-krom.



Gambar 3. 68 Penimbangan Sampel Briket untuk Pengujian Nilai Kalor
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Kemudian, cawan kecil dipasang *crucible holder* dan kawat pembakar (*ignition wire*) sepanjang $\pm 10\text{cm}$ dipasang kedua ujungnya di tiap kutub konduktif yang terhubung dengan rangkaian penutup tabung *bomb* (*bom head*). Kawat pembakar dipasang melintang dan dipastikan menyentuh sampel briket. Lalu, air distilasi (akuades) sebanyak 10 ml dituang ke dalam tabung *bomb* (*oxygen bomb*), kemudian pasang penutup tabung *bomb*, dan kencangkan penutup dengan rapat.



Gambar 3. 69 Pemasangan Cawan pada Tabung Bomb
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Langkah selanjutnya adalah menginjeksikan gas oksigen bertekanan ke dalam tabung *bomb* 2,8 – 3,0 MPa (28-30 bar).



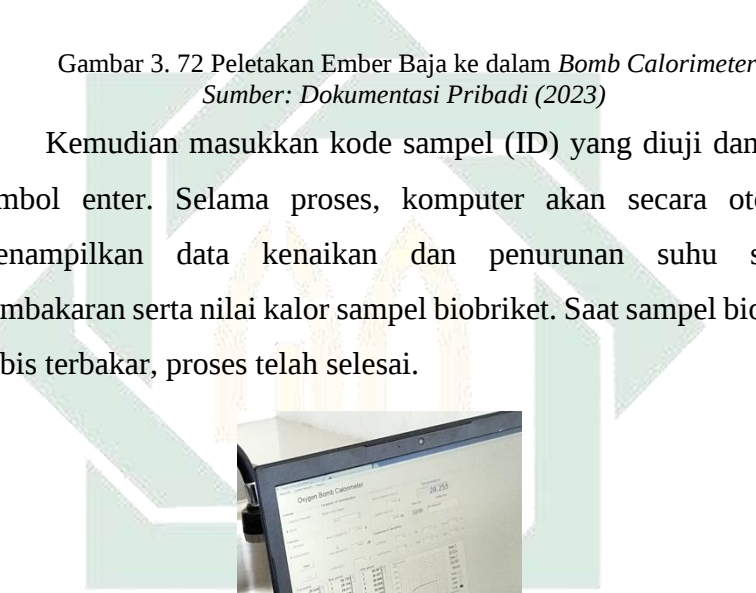
Gambar 3. 70 Penginjeksian Gas Oksigen ke dalam Tabung *Bomb*
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Setelah itu, tabung *bomb* dimasukkan ke dalam ember baja (*inner bucket*) dan diberi air akuades sebanyak 3 liter. Pastikan permukaan air sebanyak 2/3 dari ember baja agar tutup sekrup katup masuk oksigen tidak terendam air.



Gambar 3. 71 Penambahan Air ke dalam Ember Baja
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Ember baja dimasukkan ke alat *bomb calorimeter*, tutup instrumen hingga terkunci rapat dan masukkan sensor ke dalamnya. Nyalakan tombol *power start*, tombol *continue*, dan saklar pengaduk.



Kemudian masukkan kode sampel (ID) yang



Derzeitigen Katalysatorkomplexen mangelt es (CO) als

ditutup menggunakan penutup kerucut yang sudah dilubangi ujungnya.



Gambar 3. 74 Pembakaran Briket dengan Torch
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Sensor alat CO meter diarahkan pada lubang keluarnya asap pembakaran biobriket yang keluar dari tabung untuk mendeteksi besaran nilai emisi.



Gambar 3. 75 Pengukuran Kadar Emisi
CO Briket

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

Besaran nilai emisi biobriket yang terbakar dicatat setiap interval 2 menit sesuai penelitian Suryaningsih, Nurhilal dan Affandi, 2018. Pencatatan hasil uji emisi dilakukan selama 16 menit pembakaran.

3.5.1 Harga Pokok Produksi (HPP) dan Nilai Efisiensi Bahan Bakar

Harga Pokok Produksi (HPP) didapatkan dengan cara menjumlahkan seluruh biaya yang digunakan perusahaan untuk proses produksi selama satu tahun (Mulyati, 2016). Biaya tersebut disebut juga biaya investasi yakni pengeluaran awal dengan jumlah relatif besar yang dibutuhkan pada saat mulai menjalankan bisnis. Biaya tersebut digunakan untuk mendapatkan keuntungan di masa depan selama operasional bisnis berjalan (Mulyati dan Jati, 2022). Perhitungan HPP dengan cara pembagian total kapasitas produksi dengan volume produk yang dihasilkan (Aziza *et al.*, 2021). HPP dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$HPP \text{ (per kg)} = \frac{\text{Harga pokok produksi per tahun}}{\text{Kapasitas produksi per tahun}}$$

Rumus 3. 6 Harga Pokok Produksi

Untuk mengevaluasi efisiensi atau penghematan bahan bakar, dapat dilakukan dengan membandingkan nilai kalor yang diperoleh per unit biaya. Dalam penelitian ini, bahan bakar yang dijadikan pembanding yaitu kayu bakar dan LPG, yang merupakan jenis bahan bakar yang sering digunakan oleh masyarakat untuk proses memasak.

3.5.2 Kelayakan Finansial

Berikut adalah rumus perhitungan kriteria kelayakan finansial:

1. Perhitungan *Break Even Point* (BEP)

Perhitungan BEP dapat dihitung menggunakan dua cara yaitu berdasarkan harga jual per unit (dalam mata uang rupiah) atau berdasarkan jumlah produksi menggunakan rumus sebagai berikut (Kadariah, 2001 dalam (Rusdianto, Septyatha dan Choiron, 2018):

$$BEP \text{ (harga jual)} = \frac{FC}{1 - \frac{VC}{S}}$$
$$BEP \text{ (jumlah produksi)} = \frac{FC}{P - VC}$$

Rumus 3. 7 Break Even Point

Keterangan =

FC = biaya tetap (*fixed cost*)

VC = biaya variabel (*variable cost*)

S = jumlah penjualan

P = harga per unit

2. Net Present Value (NPV)

Rumus yang digunakan dalam perhitungan *Net Present Value* (NPV) adalah sebagai berikut (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+K)^t} - I_0$$

Rumus 3. 8 Net Present Value

Keterangan =

CF_t = arus kas pertahun pada periode t

I_0 = nilai investasi awal tahun pada tahun 0

K = suku bunga (*discount rate*)

n = jumlah tahun

t = tahun ke-

Penentuan layak atau tidaknya suatu investasi dilakukan berdasarkan metode NPV yakni sebagai berikut (Giatman, 2005):

Jika: $NPV > 0$, maka investasi dinilai menguntungkan / layak (*feasible*)

$NPV < 0$, maka investasi tersebut tidak menguntungkan / tidak layak (*unfeasible*)

3. Payback Period (PP)

Rumus perhitungan *Payback Period* (PP) adalah sebagai berikut (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020):

$$Payback\ Period = \frac{Nilai\ Investasi}{Kas\ Masuk\ Bersih} \times 1\ Tahun$$

Rumus 3. 9 Payback Periode

4. Internal Rate of Return (IRR)

Rumus yang digunakan dalam menghitung nilai *Internal Rate of Return (IRR)* adalah sebagai berikut (Sugiyanto, Nadi dan Wenten, 2020):

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t}$$

Rumus 3. 10 Internal Rate of Return

Keterangan =

I_0 = nilai investasi awal

n = jumlah tahun

t = tahun ke-

CF = arus kas bersih

IRR = tingkat bunga yang dicari harganya

Perhitungan IRR juga dapat dilakukan dengan rumus berikut ini: (Insandi, Astuti dan Sibuea, 2019):

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 + NPV_2} (i_2 - i_1)$$

Keterangan =

i_1 = *Discount rate* yang menghasilkan NPV positif

i_2 = *Discount rate* yang menghasilkan NPV negatif

NPV_1 = NPV yang bernilai positif

NPV_2 = NPV yang bernilai negatif

Indikator IRR =

- Jika $IRR > DF$, *discount rate* yang berlaku, maka proyek layak dilaksanakan.
- Jika $IRR < DF$, *discount rate* yang berlaku, maka proyek tidak layak

Tingkat IRR menggambarkan tingkat suku bunga maksimum yang dapat dibayar oleh proyek untuk sumber daya yang digunakan. Suatu investasi dianggap layak jika nilai IRR lebih tinggi dari tingkat

suku bunga yang berlaku, begitu pula sebaliknya (Rusdianto, Septyatha dan Choiron, 2018).

Dalam menghitung kelayakan finansial, salah satu faktor yang memengaruhi adalah tingkat suku bunga atau tingkat diskonto (*discount rate*). Tingkat diskonto menjadi acuan (patokan) untuk tingkat bunga kredit perbankan. Bank Indonesia memberikan fasilitas pinjaman kepada bank komersial dengan tingkat diskonto yang telah ditetapkan dan hal ini menjadi referensi dalam transaksi di pasar keuangan antara bank komersial dan investor. Apabila tingkat diskonto dinaikkan, maka bank komersial akan meningkatkan suku bunga pinjaman sehingga investor akan mengurangi pinjaman di bank komersial yang kemudian akan digunakan untuk berinvestasi. Sebaliknya, jika tingkat diskonto diturunkan, bank komersial akan menurunkan suku bunga kreditnya, yang akan mendorong investor untuk meningkatkan pinjaman di bank komersial dan digunakan untuk meningkatkan investasi (Hena, 2019). Faktor diskonto (*discount factor*) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Syamsudin, Hidayat dan Effendi, 2018):

$$DF = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Keterangan =

i = *Discount rate* atau tingkat suku bunga

n = tahun ke-

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan biobriket dari bahan baku limbah ampas kopi dan kulit kopi adalah upaya untuk memanfaatkan limbah menjadi energi. Pemanfaatan biomassa menjadi bahan bakar telah disebutkan Allah SWT secara tersirat dalam Al-Qur'an yakni pada Surat Yasin ayat 80 yang berbunyi,

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِّنْهُ تُوقِدُونَ

Artinya: *“(Dialah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau. Kemudian, seketika itu kamu menyalakan (api) darinya”*

Pada ayat tersebut Allah SWT mengungkapkan bahwa api pada awalnya berasal dari pepohonan yang hijau dan lembab lalu mengering sehingga dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar (Kaslam, 2020). Berdasarkan uraian sebelumnya bahwa biomassa tidak hanya bisa didapatkan dari kayu, tetapi dapat berasal dari bagian tanaman lainnya. Maka dari itu, proses pembuatan biobriket dari limbah ampas kopi dan kulit kopi ini merupakan upaya untuk dapat memaksimalkan potensi tanaman yang dapat mensubstitusi penggunaan bahan bakar tidak ramah lingkungan di masyarakat. Setelah proses pembuatan biobriket, langkah yang dilakukan selanjutnya adalah proses pengujian parameter kualitas untuk mengetahui mutu biobriket. Berikut adalah analisis hasil pengujian biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi:

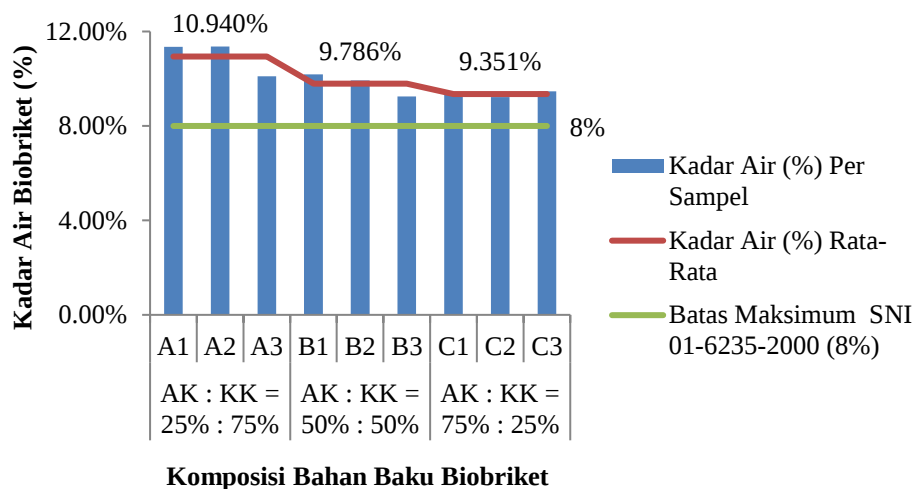
4.1 Analisis Hasil Uji Proksimat

Berikut adalah perhitungan dan analisis hasil pengujian kualitas briket dari masing-masing parameter:

4.1.1 Kadar Air (*Moisture Content*)

Kadar air dalam proses pembuatan briket menjadi faktor penting untuk menentukan kualitas briket yang dihasilkan (Pratiwi, 2020). Setelah dilakukan tahap pengujian kadar air pada sampel biobriket dan didapatkan data massa awal dan massa akhir biobriket setelah pemanasan. Langkah

Hasil persentase kadar air setiap sampel biobriket, rata-rata setiap komposisi, dan perbandingan dengan syarat maksimum sesuai SNI dapat diamati dalam grafik berikut ini:



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Kadar Air Biobriket Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi

Sumber: hasil analisis, 2023

Berdasarkan hasil pengujian kadar air dalam tabel dan grafik diatas, menunjukkan bahwa persentase kadar air pada semua sampel biobriket menghasilkan nilai berkisar antara 9 – 10%. Keseluruhan nilai tersebut melebihi batas maksimum kadar air briket dalam SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu yakni sebesar 8%. Hasil pengujian kadar air tertinggi yaitu biobriket dengan komposisi AK : KK = 25% : 75% sebesar 10,94%. Sedangkan persentase hasil kadar air terendah merupakan biobriket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25% dengan nilai 9,35%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak komposisi arang kulit kopi maka kadar air dalam briket akan semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan ukuran partikel antara serbuk arang ampas kopi dan serbuk arang kulit kopi. Walaupun kedua partikel telah lolos ayakan 60 mesh, tetapi ukuran serbuk arang kulit kopi lebih besar daripada serbuk arang ampas kopi. Perbandingan ukuran partikel serbuk arang dari kedua bahan baku dapat dilihat pada gambar 3.45. Permukaan partikel serbuk kulit kopi relatif lebih

besar dibandingkan dengan serbuk ampas kopi. Hal tersebut dapat menyebabkan lebih banyak pori-pori pada biobriket jika tekanan (pengempaan) yang diberikan saat proses pembriketan kurang kuat. Akibatnya, briket memiliki pori-pori lebih banyak sehingga lebih mudah mengikat air jika dibiarkan pada udara terbuka. Hal ini sesuai dengan penelitian Budiawan, Susilo, dan Yusuf (2014) yang menyatakan bahwa ukuran serbuk kulit kopi yang lebih besar dibandingkan serbuk kayu akan mempengaruhi banyaknya pori-pori dalam briket yang dapat menyerap kelembapan udara karena sifat higroskopis yang dimiliki.

Rata-rata persentase hasil pengujian kadar air biobriket paling rendah sebesar 9,35% adalah briket berkomposisi AK : KK = 75% : 25% . Hal itu membuktikan bahwa persentase kadar air berkurang seiring bertambahnya komposisi ampas kopi yang menjadi campuran dalam biobriket. Ukuran partikel serbuk ampas kopi yang lebih halus dibandingkan serbuk kulit kopi membuat ikatan antar partikel bahan baku semakin kuat sehingga meningkatkan kerapatan massa biobriket. Kerapatan massa yang tinggi mengakibatkan tidak adanya rongga antara partikel bahan baku biobriket sehingga sulit menyerap air. Ini sesuai dengan hasil penelitian Kusmartono, Situmorang, dan Yuniwati (2021) yang menyimpulkan bahwa ukuran partikel bahan baku briket yang semakin kecil akan mempengaruhi kadar air briket yang dihasilkan karena jarak partikel menjadi lebih rapat sehingga air tidak dapat mengisi celah antar partikel.

Faktor lain yang dapat menyebabkan tingginya nilai kadar air dalam briket adalah persentase perekat tepung tapioka yang digunakan. Pembuatan briket dalam penelitian ini menggunakan persentase 10% dari total massa bahan baku. Berdasarkan hasil analisis proksimat tepung tapioka yang dilakukan oleh Aprita (2016) menunjukkan persentase kadar air tepung tapioka mencapai 13%. Hal ini relevan dengan hasil penelitian Cholilie dan Zuari (2021) yang menunjukkan bahwa briket dengan perekat tepung tapioka memiliki kadar amilosa dan amilopektin (gugus hidroksil) yang cukup tinggi, kemudian penelitian Indrawijaya, Mursida dan Danini, (2019) menjelaskan

Persentase kadar air dalam briket yang relatif tinggi dapat menghasilkan beberapa kekurangan menurut Kusmartono, Situmorang dan Yuniwati, (2021) diantaranya yaitu asap yang selama proses pembakaran dihasilkan lebih banyak, rentan hancur, dan mudah berjamur sehingga kurang tahan lama saat disimpan. Selain itu nilai kalor dan laju pembakaran relatif rendah karena energi panas digunakan untuk menguapkan air terlebih dahulu (Pratiwi, 2020; Kusmartono, Situmorang dan Yuniwati, 2021).

Kadar abu merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi kualitas biobriket. Abu adalah sisa pembakaran yang terdiri dari mineral silika dan dapat menurunkan hasil uji nilai kalor yang dihasilkan (Kusmartono, Situmorang dan Yuniwati, 2021). Maka dari itu, semakin tinggi persentase kadar abu dalam briket, kualitas briket semakin buruk (Budiawan, Susilo dan Yusuf, 2014). Data yang didapatkan selama pengujian kadar abu dihitung menggunakan persamaan sesuai pada bab 3. Berikut adalah contoh perhitungan kadar abu dari sampel biobriket C1:

- Massa residu sampel biobriket + cawan porselen (a) = 21,5499 gr
- Massa cawan porselen kosong (b) = 21,4245 gr
- Massa sampel briket sebelum pengabuan (c) = 2,1872 gr

Jawab =

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

$$\begin{aligned} &= \frac{(21,5499 - 21,4245)gr}{2,1872 \text{ gr}} \times 100 \\ &= \frac{0,1254gr}{2,1872 \text{ gr}} \times 100 \\ &= 5,7333 \% \approx 5,73 \% \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan persentase kadar abu semua sampel biobriket dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Abu Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi

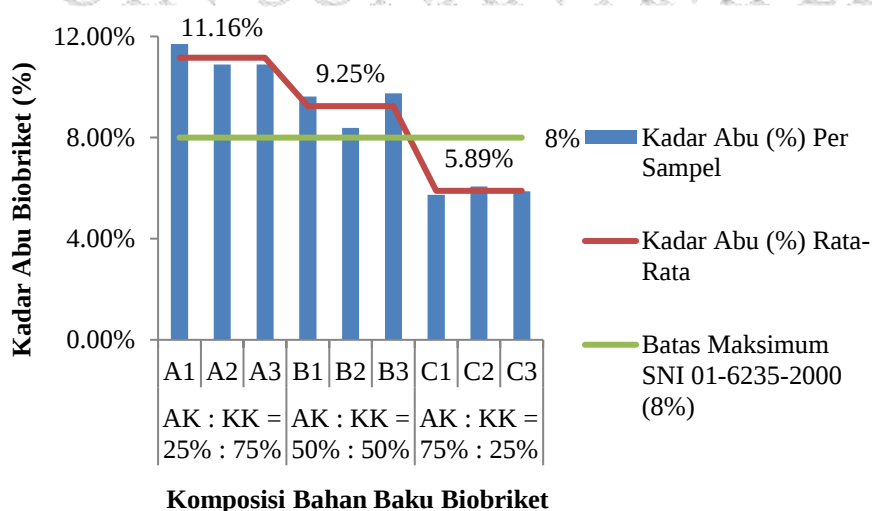
Komposisi Sampel (Perekat Tepung Tapioka 10%)	Kode Sampel	Kadar Abu (%)	
		Per Sampel	Rata-Rata
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 25% : 75%	A1	11,70%	11,16%
	A2	10,89%	
	A3	10,89%	
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 50% : 50%	B1	9,62%	9,25%
	B2	8,38%	
	B3	9,75%	
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25%	C1	5,73%	5,89%
	C2	6,07%	
	C3	5,88%	

Sumber: analisis perhitungan, 2023

Catatan: AK= Ampas Kopi

KK=Kulit Kopi

Sedangkan hasil pengujian kadar abu pada masing-masing biobriket dan perbandingannya dengan standar SNI tersaji dalam grafik dibawah ini:



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Kadar Abu Biobriket Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi

Sumber: hasil analisis, 2023

Pada penelitian ini terdapat 2 hasil pengujian kadar abu yang melebihi nilai maksimum kadar abu pada briket berdasarkan SNI 01-6235-2000 sebesar 8% yakni briket dengan komposisi AK : KK = 25% : 75% mencapai 11,16% dan komposisi AK : KK = 50% : 50% sebesar 9,25%. Sedangkan kadar abu terendah dan masih dibawah syarat maksimum adalah briket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25% sebesar 5,89%. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan komposisi persentase kulit kopi dapat meningkatkan kadar abu dalam biobriket yang dihasilkan. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Artati, Sarwono dan Noriyanti, (2013) yang menyatakan bahwa persentase banyaknya komposisi kulit kopi dalam briket berbanding lurus dengan peningkatan kadar abu yang dihasilkan. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Aprita (2016) juga memaparkan bahwa jika kandungan kulit kopi yang digunakan dalam biobriket semakin banyak maka akan menyebabkan tingginya kadar abu yang terbentuk dari sisa pembakaran. Begitu juga sebaliknya, jika komposisi ampas kopi yang digunakan semakin rendah akan menghasilkan kadar abu yang rendah karena massa briket yang terbakar semakin banyak sehingga menyisakan sedikit abu. Ditinjau dari hasil analisis proksimat bahan baku pada BAB 2, kulit kopi mempunyai persentase kadar abu yang lebih tinggi sebesar 3,54% dibandingkan ampas kopi yang memiliki persentase 2,06%.

Persentase kadar abu tertinggi berdasarkan hasil pengujian adalah biobriket dengan komposisi AK : KK = 25% : 75% mencapai 11,16%. Peningkatan kadar abu biobriket dapat disebabkan karena temperatur yang tinggi saat proses torefaksi bahan baku berlangsung hingga berubah menjadi arang. Sesuai dengan langkah pengarangan bahan baku yang telah dijelaskan pada bab 3, suhu torefaksi kulit kopi sebesar 250°C lebih tinggi dibandingkan ampas kopi yakni 200°C. Hal ini relevan dengan temuan penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2020) yang mengungkapkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan saat pirolisis, semakin tinggi kadar zat anorganik (abu) yang dihasilkan.

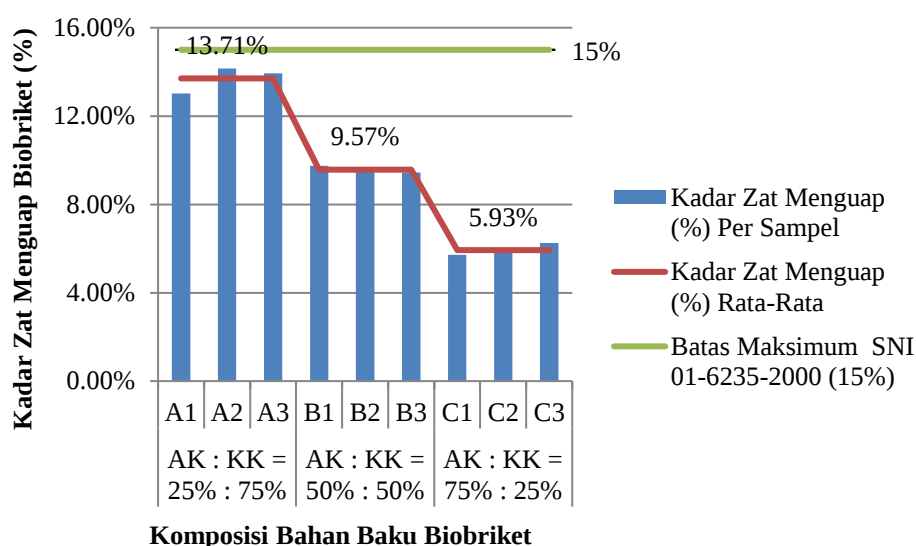
Biobriket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25% menghasilkan kadar abu terendah yakni sebesar 5,89%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposisi ampas kopi yang besar dapat menurunkan persentase kadar abu. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel serbuk arang ampas kopi yang relatif lebih halus jika dibandingkan serbuk arang kulit kopi. Serbuk ampas kopi tertahan pada ayakan berukuran 120 mesh. Hasil penelitian ini relevan dengan temuan penelitian Sari, Nurhilal, dan Suryaningsih (2018) yang mengungkapkan bahwa partikel briket berukuran lebih kecil dapat mengurangi persentase kadar abu yang dihasilkan.

Kadar abu dapat juga dipengaruhi oleh adanya bahan-bahan asing (*impurities*) dalam air yang digunakan sebagai pelarut untuk membuat perekat. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan relatif komponen mineral dalam briket sehingga abu yang dihasilkan saat pembakaran akan meningkat (Pratiwi dan Mukhaimin, 2021). Pembuatan briket ini menggunakan air kran biasa, bukan air akuades atau air distilasi sehingga kemungkinan perlakuan ini menjadi salah satu faktor penyebab tingginya kadar abu pada briket karena adanya mineral lain pada air. Menurut Cholilie dan Zuari (2021), jenis mineral dapat berupa garam organik atau anorganik, dan senyawa kompleks lainnya yang bersifat organik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase kadar abu tertinggi yakni briket dengan komposisi AK : KK = 25% : 75% sebesar 11,16%. Kadar abu yang tinggi menandakan banyaknya pengotor yang terdapat didalamnya sehingga dapat berpengaruh pada kualitas udara selama pembakaran briket berlangsung (Indrawijaya, Mursida dan Andini, 2019)

4.1.3 Zat Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Volatile matter pada bahan bakar berperan dalam menjaga kestabilan nyala api dan mempercepat proses pembakaran (Artati, Sarwono dan Noriyanti, 2013). Zat mudah menguap pada biobriket diantaranya adalah senyawa hidrokarbon, metana, hidrogen, dan gas yang sulit terbakar yaitu nitrogen dan karbondioksida (Ritzada, Yulianti, dan Gunadnya, 2021).

Data persentase kadar zat mudah menguap pada setiap sampel biobriket dan rata-rata pada masing-masing komposisi serta perbandingannya terhadap standar dalam SNI disajikan pada grafik berikut:



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap Biobriket Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi

Sumber: hasil analisis, 2023

Pengujian kadar zat mudah menguap pada penelitian ini menghasilkan nilai antara 5 - 13%. Kadar zat mudah menguap pada semua komposisi biobriket dapat dikatakan baik karena masih memenuhi SNI 01-6235-2000 yakni dibawah 15%. Persentase terendah sebesar 5,93% dihasilkan dari biobriket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25%. Sedangkan hasil tertinggi adalah komposisi AK : KK = 25% : 75% dengan persentase mencapai 13,71%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi kulit kopi pada biobriket dapat menyebabkan peningkatan persentase kadar zat menguap. Pengujian proksimat bahan baku biobriket juga memaparkan kandungan *volatile matter* pada kulit kopi lebih tinggi (71,63%) jika dibandingkan limbah ampas kopi (70,03%). Temuan ini relevan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sudarsono dan Warmadewanthi (2010) yang menjelaskan bahwa semakin banyak komposisi yang digunakan dalam

pembuatan briket, maka semakin tinggi pula kadar *volatile matter* yang dihasilkan.

Pada penelitian ini, kadar zat menguap tertinggi adalah biobriket dengan komposisi AK : KK = 25% : 75% sebesar 13,71%. Pengujian kadar air pada komposisi ini juga menghasilkan persentase yang relatif tinggi dibandingkan komposisi lainnya mencapai 10,94%. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar air dalam biobriket dapat mempengaruhi kadar zat menguap yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar air pada biobriket maka kadar zat menguap yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini berkaitan dengan hasil temuan penelitian Nurhilal dan Suryaningsih (2018) yang menyebut bahwa kandungan air yang tinggi dalam briket akan menyebabkan kandungan *volatile matter* yang tinggi juga.

Hasil kadar zat mudah menguap pada biobriket juga berkaitan dengan persentase kadar abu. Persentase hasil uji *volatile matter* terendah yaitu 5,93% adalah biobriket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25%. Kadar abu dengan persentase terendah juga dihasilkan oleh briket dengan komposisi tersebut dengan nilai 5,89%. Sedangkan kadar zat menguap dan kadar abu tertinggi didapatkan biobriket pada komposisi AK : KK = 25% : 75% dengan nilai berturut-turut sebesar 13,71% dan 11,16%. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan adanya korelasi positif antara kadar zat terbang dan kadar abu karena kadar zat terbang meningkat sejalan dengan peningkatan persentase kadar abu. Hasil ini mempunyai relevansi dengan hasil penelitian oleh Vegatama dan Sarungu (2022) yang mengungkapkan bahwa kadar zat terbang berbanding lurus dengan kadar abu.

4.1.4 Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Kadar karbon terikat pada biobriket merupakan salah satu faktor yang dapat berpengaruh pada proses pembakaran. Semakin tinggi kadar karbon terikat menandakan kualitas briket yang semakin baik. Maka dari itu diperlukan perhitungan kadar karbon terikat pada biobriket. Berikut adalah contoh perhitungan kadar karbon terikat dari sampel biobriket C1:

- Persentase Kadar Air Sampel C1 (MC) = 9,37%
- Persentase Kadar Abu Sampel C1 (AC) = 5,73%
- Persentase Kadar Zat Mudah Menguap Sampel C1 (VM) = 5,72%

Jawab =

$$\begin{aligned} \text{Karbon Terikat (\%)} &= 100 - (\%MC + \%AC + \%VM) \\ &= 100 - (9,37 + 5,73 + 5,72) \\ &= 100 - 20,82 \\ &= 79,18 \% \end{aligned}$$

Komposisi Sampel (Perekat Tepung Tapioka 10%)	Kode Sampel	Kadar Karbon Terikat (%)	
		Per Sampel	Rata-Rata
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 25% : 75%	A1	63,93%	64,19%
	A2	63,59%	
	A3	65,06%	
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 50% : 50%	B1	70,45%	71,39%
	B2	72,17%	
	B3	71,56%	
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25%	C1	79,18%	78,82%
	C2	78,89%	
	C3	78,40%	

KK=Kulit Kopi

94

baku biobriket akan semakin baik dalam proses pembakaran karena karbon akan bereaksi dengan oksigen. Menurut Rahardja *et al.*, (2022) kadar karbon yang tinggi pada bahan briket dapat meningkatkan efisiensi pembakaran.

Selain itu, karbon terikat pada biobriket juga dipengaruhi oleh kandungan lignin pada bahan baku. Persentase kandungan lignin pada ampas kopi mencapai 25% lebih tinggi daripada kandungan lignin pada kulit kopi yakni 11,09%. Menurut Dermibas (2002) dalam (Kebede, Berhe dan Zergaw, 2022) disebutkan bahwa peningkatan kandungan lignin dalam bahan bakar lignoselulosa (biomassa) dapat meningkatkan kadar karbon terikat. Jadi, tingginya nilai kadar karbon terikat pada biobriket komposisi AK : KK = 75% : 25% disebabkan karena kandungan lignin dalam limbah ampas kopi yang lumayan tinggi.

Pada penelitian ini, persentase tertinggi adalah komposisi AK : KK = 75% : 25% sebesar 78,82% yang mempunyai hasil uji kadar abu dan kadar zat menguap paling rendah yakni 5,89% dan 5,93%. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Cholilie dan Zuari (2021) yang menyatakan bahwa kadar karbon terikat dalam biobriket dipengaruhi oleh kadar abu dan zat mudah menguap. Karbon terikat akan semakin besar nilainya jika nilai kadar abu dan kadar zat menguap rendah. Begitu juga sebaliknya, nilai karbon terikat semakin rendah jika persentase kadar zat menguap tinggi (Sunardi, Djuanda dan Mandra, 2019). Nilai karbon terikat juga berbanding terbalik dengan kadar air pada biobriket. Karbon terikat akan menurun jika kadar air meningkat (Sulistyaningarti dan Utami, 2017). Hasil karbon terikat terendah adalah biobriket komposisi AK : KK = 25% : 75% sebesar 64,19% memiliki kadar zat mudah menguap tertinggi yakni 13,71%, kadar abu tertinggi bernilai 11,16%, dan kadar air tertinggi sebesar 10,94%.

4.1.5 Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalor merupakan parameter terpenting dalam menentukan kualitas briket sebagai bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor dalam biobriket menandakan semakin baik kualitas biobriket yang diproduksi (Pratiwi, 2020;

Cholilie dan Zuari, 2021). Berdasarkan hasil pengujian tiap sampel briket, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Nilai Kalor Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi

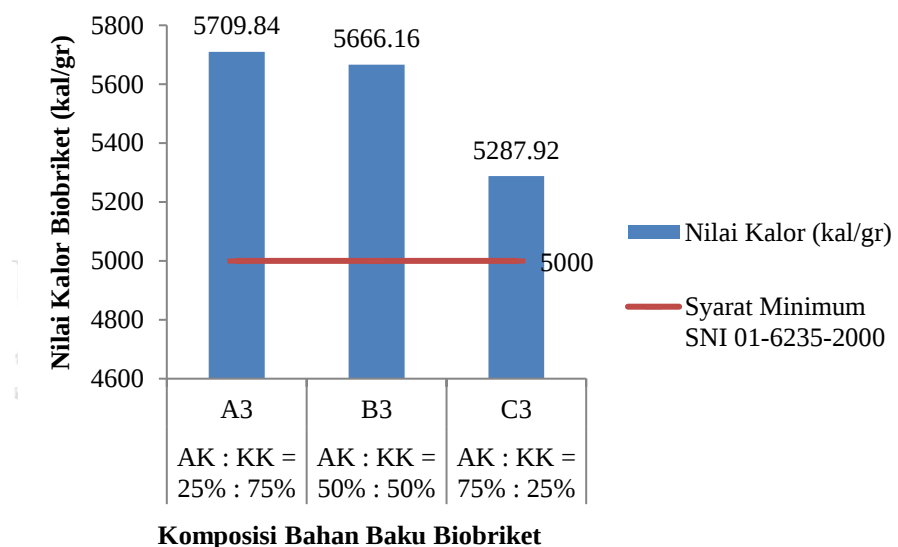
Komposisi Sampel (Perekat Tepung Tapioka 10%)	Kode Sampel	Nilai Kalor	
		(J/gr)	(kal/gr)
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 25% : 75%	A3	23791	5709,84
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 50% : 50%	B3	23609	5666,16
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25%	C3	22033	5287,92

Sumber: analisis perhitungan, 2023

Catatan: AK= Ampas Kopi

KK=Kulit Kopi

Berikut merupakan grafik hasil pengujian nilai kalor dari masing-masing komposisi biobriket:



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Nilai Kalor Biobriket Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi

Sumber: hasil analisis, 2023

Berdasarkan tabel diatas, nilai kalor yang dihasilkan dari pengujian tiap sampel briket menggunakan *bomb calorimeter* bervariasi pada kisaran 5200 kal/gr – 5700 kal/gr. Jika dibandingkan dengan syarat minimal dalam SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu yakni 5000 kal/gr, maka semua komposisi

briket telah melebihi nilai tersebut. Nilai kalor terendah adalah briket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25% yakni 5287,92 kal/gr. Sedangkan nilai kalor tertinggi adalah komposisi AK : KK = 25% : 75% dengan nilai kalor sebesar 5709,84 kal/gr. Dari hasil tersebut diketahui bahwa semakin banyak kandungan kulit kopi dalam komposisi briket maka nilai kalor akan semakin tinggi. Peningkatan persentase kulit kopi dalam briket dapat meningkatkan nilai kalor sedangkan jika komposisi ampas kopi semakin banyak maka nilai kalor akan menurun (Artati, Sarwono and Noriyanti, 2013). Hal itu disebabkan karena adanya kandungan selulosa dalam kulit kopi jauh lebih tinggi mencapai 34,55% sedangkan selulosa dalam ampas kopi hanya sebesar 13% (Karmee, 2018; Morales-Martinez *et al.*, 2021). Kandungan selulosa yang semakin banyak dalam bahan baku biomassa akan menghasilkan kualitas briket yang lebih baik. Hasil ini mempunyai relevansi dengan teori yang dinyatakan oleh Rahardja *et al.*, (2022), semakin tinggi kandungan selulosa yang terdapat dalam biomassa sebagai bahan baku pembuatan briket maka kualitas briket yang dihasilkan menjadi lebih baik.

Keseluruhan nilai kalor yang dihasilkan melebihi penelitian briket komposisi ampas kopi dan kulit kopi yang sebelumnya dibuat oleh Artati, Sarwono dan Noriyanti, (2013) yang hasilnya 4713 kal/gr dengan komposisi optimal yakni perbandingan ampas kopi dan kulit kopi adalah 1 : 4. Walaupun semua hasil telah melebihi nilai minimum dalam SNI, tetapi nilai kalor briket masih relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Setyawan dan Ulfa (2019) dengan komposisi komposisi optimal briket 75% kulit kopi : 25% tempurung kelapa dan 5% tepung tapioka menghasilkan nilai kalor sebesar 6152,4 kal/gr. Persentase perekat tepung tapioka yang digunakan merupakan faktor yang mempengaruhi besaran nilai kalor yang dihasilkan. Dalam penelitian ini menggunakan perekat 10% sedangkan pada penelitian Setyawan dan Ulfa (2019) hanya 5%. Hasil penelitian Cholilie dan Zuari, (2021), memaparkan data bahwa kualitas biobriket yang menggunakan perekat tepung tapioka kualitasnya kurang baik. Hal itu dikarenakan kadar air perekat tepung tapioka nilainya paling tinggi jika dibandingkan dengan

tepung sagu dan tepung maizena. Kandungan gugus hidroksil (kadar pati) yakni amilosa dan amilopektin dalam tepung tapioka sangat besar akibatnya terjadi gelatinisasi saat proses pemanasan dan ikatan polimer untuk mengikat air menguat sehingga air sulit menguap karena menyerap dalam adonan perekat.

Nilai kalor tertinggi pada komposisi AK : KK = 25% : 75% sebesar 5709,84 kal/gr juga masih jauh lebih rendah jika dibandingkan hasil penelitian Aprita, (2016) dengan ukuran partikel, komposisi, dan persentase perekat tepung tapioka yang sama yakni 10% menghasilkan nilai kalor sebesar 7465 kal/gr. Perbedaanannya adalah suhu pirolisis bahan baku. Suhu pirolisis yang digunakan Aprita, (2016) untuk pembuatan arang ampas kopi dan cangkang kopi adalah 400⁰C meskipun . Sedangkan dalam penelitian ini suhu yang digunakan adalah 200⁰C untuk pengarangan limbah ampas kopi dan . Suhu sintesis berbanding lurus dengan nilai kalor briket (Pratiwi, 2020) karena suhu tinggi membuat karbonisasi terjadi secara sempurna sehingga meningkatkan kadar karbon terikat (Budiawan, Susilo dan Yusuf, 2014) serta memengaruhi persentase kadar air dalam briket (Pratama, Suwandi dan Qurthobi, 2021). Jika kadar air biobriket tinggi maka nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah (Artati, Sarwono and Noriyanti, 2013)

Nilai kalor juga dipengaruhi oleh kadar abu dalam biobriket. Semakin rendah kadar abu akan berdampak pada rendahnya nilai kalor (Artati, Sarwono dan Noriyanti, 2013). Hal ini dapat dilihat pada briket dengan komposisi komposisi AK : KK = 75% : 25% yang persentase kadar abunya terendah sebesar 5,89% mendapat hasil pengujian nilai kalor terendah yakni 5287,92 kal/gr.

Parameter lainnya yang dapat mempengaruhi nilai kalor adalah *fixed carbon*, yang dipengaruhi oleh persentase kadar air, abu, dan zat menguap pada bahan baku briket (Qanitah *et al.*, 2023). Hal itu disebabkan karena kandungan *fixed carbon* dalam kulit kopi (16,9%) lebih tinggi dibandingkan dengan ampas kopi (16,22%) berdasarkan analisis proksimat.

4.2.1 Laju Pembakaran (*Combustion Rate*)

2019a). Berdasarkan hasil pengujian dapat diamati bahwa laju pembakaran briket dengan komposisi AK : KK = 25% : 75% sebesar 0,1178 gram/menit lebih cepat dibandingkan komposisi AK : KK = 75% : 25% yang nilainya sebesar 0,1063 gram/menit. Walaupun kedua bahan baku briket ukuran partikel arangnya telah lolos ayakan 60 *mesh*, tetapi setiap sampel briket memiliki perbedaan densitas karena perbedaan komposisi campuran (Zulhamdani dan Suryaningsih, 2021). Dari gambar serbuk arang ampas kopi dan kulit kopi juga terlihat memiliki kehalusan partikel yang berbeda, serbuk arang ampas kopi tampak lebih halus. Maka, dapat disimpulkan bahwa briket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25% memiliki kerapatan massa yang lebih tinggi dan ikatan antar partikel lebih rapat sehingga laju pembakarannya lebih lambat.

Menurut Khusna dan Susanto (2015), Efisiensi pembakaran briket dipengaruhi oleh densitas dan porositas briket akibat pengempaan pada proses pembriketan. Proses pembriketan dalam penelitian ini dilakukan secara manual dan tidak ada tambahan beban tertentu yang diberikan secara seragam. Pembriketan secara manual dapat menghasilkan kerapatan lebih rendah dibandingkan penggunaan mesin pencetak briket yang mempunyai daya tekan tertentu. Sehingga laju pembakaran akan lebih cepat pada kondisi kecepatan aliran udara yang sama (Joshua dan Endah, 2020). Data menunjukkan laju pembakaran briket tercepat adalah komposisi AK : KK = 50% : 50% yakni 0,1328 gram/menit. dalam penelitian ini, pembakaran briket dilakukan pada kondisi terbuka yang kecepatan aliran udaranya fluktuatif. Kondisi tersebut tentu berpengaruh pada hasil pembakaran biobriket karena Joshua dan Endah, (2020) menyatakan bahwa kecepatan aliran udara merupakan faktor utama yang menentukan laju pembakaran. Kecepatan aliran udara yang semakin tinggi mengakibatkan peningkatan suplai oksigen yang menembus pori-pori briket. Akibatnya area permukaan briket yang dilalui oksigen semakin luas sehingga briket akan cepat habis karena proses pembakaran yang lebih mudah dan terjadi secara sempurna (Asri dan Indrawati, 2018; Joshua dan Endah, 2020)

AK : KK = 75% : 25% yang nilainya sebesar 0,1063 gr sesuai dengan penelitian Setyawan dan Ulfa, (2019) bahwa briket komposisi 75% kulit kopi : 25% tempurung kelapa memiliki nilai tercepat sebesar 0,004 gr/s disebabkan tingginya kandungan karbon dalam kulit kopi sehingga mudah terbakar.

Karbon monoksida (CO) (CO Emission)

Pengujian emisi Karbon monoksida bertujuan untuk mengidentifikasi konsentrasi CO yang dihasilkan selama proses pembakaran yang kurang sempurna (Sari, Nurhilal dan Suryaningsih, 2019). Karbon monoksida yang dikeluarkan selama pembakaran biobriket menjadi faktor yang perlu diperhatikan untuk mengevaluasi kualitas bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan terhadap polusi udara (Setiani *et al.*, 2019). Hasil pengujian emisi karbon monoksida untuk masing-masing sampel biobriket dan rata-rata tiap komposisi bahan baku biobriket dibawah ini:

Emisi Karbon monoksida (CO) (CO Emission)

Pengujian emisi Karbon monoksida bertujuan untuk mengidentifikasi konsentrasi CO yang dihasilkan selama proses pembakaran briket yang kurang sempurna (Sari, Nurhilal dan Suryaningsih, 2018). Emisi yang dikeluarkan selama pembakaran biobriket menjadi faktor yang dipertimbangkan untuk mengevaluasi kualitas bahan bakar dalam hal dampaknya terhadap polusi udara (Setiani *et al.*, 2019). Hasil pengujian emisi CO pada masing-masing sampel biobriket dan rata-rata tiap komposisi tersaji dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Emisi Karbon Monoksida (CO) Biobriket Campuran Ampas Kopi dan Kulit Kopi

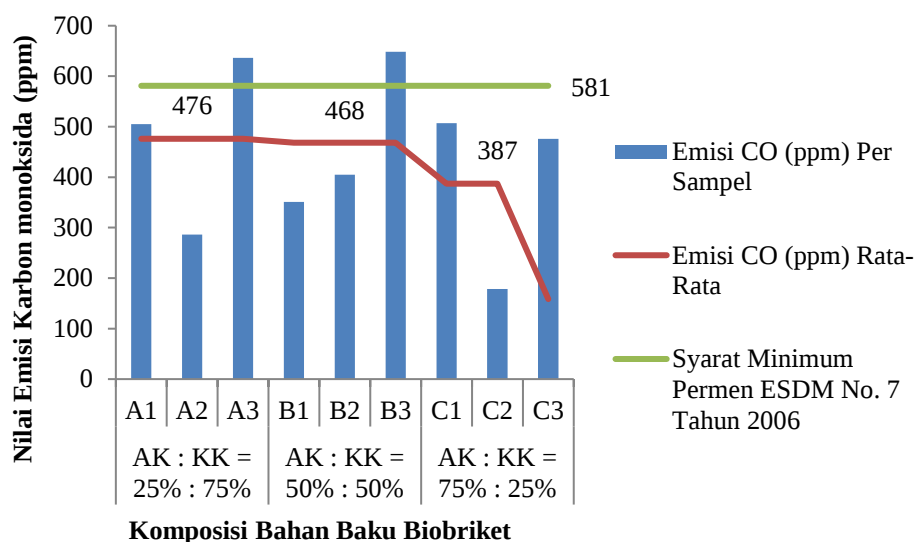
Komposisi Sampel (Perekat Tepung Tapioka 10%)	Kode Sampel	Rata-Rata Emisi CO (ppm)	
		Per Sampel	Per Komposisi
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 25% : 75%	A1	505	476
	A2	287	
	A3	637	
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 50% : 50%	B1	351	468
	B2	405	
	B3	648	
Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25%	C1	507	387
	C2	179	
	C3	476	

Sumber: analisis perhitungan, 2023

Catatan: AK= Ampas Kopi

KK=Kulit Kopi

Year	Number of people (m)
2010	550
2015	580



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian Emisi Karbon monoksida (CO) pada Biobriket Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi

Sumber: hasil analisis, 2023

Hasil pengujian emisi CO pada tabel diatas menunjukkan bahwa nilai emisi CO terendah adalah biobriket dengan komposisi AK : KK = 75% : 25% sebesar 387 ppm. Sedangkan nilai emisi CO tertinggi dihasilkan dari biobriket komposisi AK : KK = 25% : 75% yakni mencapai 476 ppm. Dari hasil tersebut, didapatkan data bahwa semua sampel biobriket nilai emisinya masih dibawah nilai maksimum sesuai Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No 047 Tahun 2006 mengenai Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara yakni 581 ppm (726 mg/Nm³) (KESDM, 2006). Besaran nilai emisi yang dihasilkan pada penelitian ini juga jauh lebih rendah dibandingkan briket hasil penelitian Setyawan dan Ulfa (2019b) dengan komposisi 75% kulit kopi, 25% tempurung kelapa, dan 2,5% perekat sebesar 567 ppm. Penurunan nilai emisi CO dipengaruhi oleh penambahan

kandungan ampas kopi dalam biobriket. Semakin banyak ampas kopi yang digunakan dalam komposisi, semakin rendah emisi CO yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kang *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa persentase kandungan ampas kopi yang lebih tinggi dalam briket menghasilkan emisi gas CO yang lebih sedikit. Rendahnya emisi CO pada biobriket menandakan kualitas yang semakin bagus. Hal ini sesuai dengan teori yang diungkapkan Setiani *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa semakin rendah konsentrasi Karbon monoksida (CO) dalam briket yang dihasilkan, semakin tinggi kualitasnya. Konsentrasi CO yang tinggi dapat berpotensi mengganggu kesehatan makhluk hidup.

Faktor lainnya yang mempengaruhi nilai emisi CO pada biobriket adalah peningkatan kecepatan aliran udara pada jarak pengukuran emisi. Peletakan sensor yang semakin jauh dari titik api mengakibatkan penurunan hasil konsentrasi Karbon monoksida (CO) (Sari, Nurhilal dan Suryaningsih, 2018). Pada pengukuran emisi biobriket dalam penelitian ini, tinggi kaleng dan cerobong untuk reaktor pembakaran tertutup adalah 27 cm, sensor alat CO didekatkan pada lubang cerobong asap pembakaran briket dengan jarak 27 cm dari titik bakar briket. Pada penelitian Sari, Nurhilal, dan Suryaningsih (2018), menunjukkan hasil bahwa pengukuran kadar CO pada jarak 20 cm nilainya lebih rendah dibandingkan pengukuran pada jarak 15 cm.

4.2.3 Penentuan Komposisi Optimal Biobriket

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan dari parameter kadar air, abu, zat mudah menguap, karbon terikat, nilai kalor, laju pembakaran dan emisi CO, didapatkan hasil yang tersaji dalam tabel 4.8:

Tabel 4. 8 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Standar Kualitas Mutu Briket

Komposisi Sampel (Perekat Tepung Tapioka 10%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalor (kal/gr)	Emisi CO (ppm)	Laju Pembakaran (gr/menit)
Ampas Kopi : Kulit Kopi (25% : 75%)	10,94%	11,16%	13,71%	64,19%	5709,84	476	0,1178
Ampas Kopi : Kulit Kopi (50% : 50%)	9,79%	9,25%	9,57%	71,39%	5666,16	468	0,1328
Ampas Kopi : Kulit Kopi (75% : 25%)	9,35%	5,89%	5,93%	78,82%	5287,92	387	0,1063
Standar Mutu Parameter berdasarkan SNI dan Permen	≤ 8%^a	≤ 8%^a	≤ 15%^a	≥ 79%^b	≥ 5000kal/gr	< 581 ppm^c	

Sumber: analisis perhitungan, 2023

Catatan: a= SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu

b= SNI 1683:2021 Arang kayu

c= Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No 047 Tahun 2006 mengenai Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara

Keterangan = = memenuhi SNI dan Permen

Berdasarkan tabel diatas, dapat terlihat bahwa hasil pengujian kadar air pada masing-masing komposisi briket belum ada yang memenuhi kriteria SNI 01-6235-2000:Briket Arang Kayu. Persentase hasil uji kadar air melebihi 8%. Pengujian kadar abu pada biobriket menunjukkan hasil bahwa komposisi biobriket yang memenuhi kriteria adalah perbandingan campuran Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25% karena persentase nya sebesar 5,89% atau dibawah 8%. Sedangkan pada pengujian zat mudah menguap, semua komposisi biobriket masih berada di bawah batas maksimum sesuai SNI yakni 15%. Nilai kadar zat menguap pada masing-masing biobriket berdasarkan hasil pengujian menunjukkan hasil belum ada komposisi biobriket yang memenuhi kriteria berdasarkan SNI 6283:2021 yakni 79%. Namun, pada komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25% memiliki persentase yang hampir mendekati kriteria yakni 78,82%. Untuk pengujian nilai kalor, semua komposisi biobriket telah memenuhi standar karena mencapai nilai lebih dari 5000 kal/gr. Nilai kalor tertinggi adalah komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi = 25% : 75% mencapai 5709,84 kal/gr. Begitu juga hasil pengujian emisi CO pada semua biobriket, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar emisi CO masih berada di bawah batas maksimum berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No 047 Tahun 2006 mengenai Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara sebesar 581 ppm.

4.3 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi yang dihitung meliputi biaya investasi awal, biaya produksi, harga pokok produksi, harga jual dan perkiraan keuntungan serta aspek kelayakan finansial yaitu BEP, NPV, IRR, dan PP. Dalam menentukan analisis ekonomi, terlebih dahulu ditetapkan beberapa asumsi teknis dan keuangan sebagai acuan perhitungan dalam pembuatan biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi. Asumsi teknis diuraikan lebih rinci pada tabel dibawah ini:

Asumsi Teknis	Jumlah	Satuan
Kapasitas 1 hari produksi	345,25	kg
Kapasitas 1 bulan produksi	6905	kg
Kapasitas 1 tahun produksi	82860	kg
Jam kerja harian	8	jam/hari
Hari Kerja Seminggu	5	hari/minggu
Hari Kerja Per Bulan	20	hari/bulan
Jumlah hari produksi per tahun	240	hari/tahun
Tenaga Kerja		
Staf Produksi	4	orang
Staf Transport + Packing	2	orang
Staf Admin + Marketing	1	orang
Manajer	1	orang
Harga Bahan Baku		
Limbah Ampas Kopi	Rp0	per kg
Limbah Kulit Kopi	Rp1.000	per kg
Tepung Tapioka	Rp8.500	per kg

Pembuatan biobriket dilakukan selama 1 tahun dengan 240 hari kerja dengan jam kerja selama 8 jam/hari. Kapasitas produksi biobriket yang direncanakan yakni 345,25 kg/hari.

Perhitungan harga pokok produksi digunakan sebagai acuan dalam menentukan harga jual produk. Metode yang digunakan adalah metode *full costing*, yang meliputi semua komponen biaya produksi sebagai harga pokok. Komponen biaya tersebut meliputi biaya bahan baku, tenaga kerja langsung, penyusutan mesin, dan *overhead* pabrik. Berikut adalah perhitungan biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, biaya *overhead* pabrik dalam produksi biobriket ini.

Biaya bahan baku adalah jumlah total biaya yang dikeluarkan selama pembuatan biobriket ini. Biaya bahan baku yang dihitung meliputi biaya pembelian bahan baku dan biaya bahan bakar untuk mesin serta kendaraan operasional.

Bahan baku kulit kopi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari perkebunan kopi yang berada di Kabupaten Blitar. Perhitungan biaya bahan baku kulit kopi didasarkan dari studi literatur mengenai potensi jumlah hasil produksi kopi tertinggi di beberapa

No	Kecamatan	Jumlah Produksi Kopi (kg)	Estimasi Kulit Kopi yang dihasilkan (kg)
1	Wlingi	140000	63000
2	Gandusari	140000	63000
3	Nglegok	140000	63000
4	Garum	140000	63000
Total			252000

Proyeksi berat basah kulit kopi dari hasil produksi ketiga kecamatan selama setahun berdasarkan tabel diatas mencapai 252.000 kg sedangkan berat kulit kopi setelah dikeringkan adalah 75.600kg. Masa panen komoditas kopi adalah 3 bulan dalam 1 tahun, sehingga pembelian kulit kopi disesuaikan dengan masa panen kopi (Rusdianto, Septyatha dan Choiron, 2018). Proses pengolahan kulit kopi menjadi campuran biobriket dilakukan dalam 240 hari kerja. Maka dari itu, bahan baku kulit kopi yang diolah dalam sehari sebanyak 315 kg. Kapasitas harian bahan baku kulit kopi untuk produksi biobriket adalah 315kg. Sedangkan ampas kopi yang digunakan untuk produksi harian adalah 145 kg.

109

No	Uraian	Harga Satuan	Jumlah (kg)	Total
1	Limbah Ampas Kopi	-	145	-
2	Limbah Kulit Kopi	Rp 1.000,00	315	Rp 315.000,00
3	Air (konsumsi)	Rp 50.000,00		Rp 50.000,00
4	Tepung Tapioka	Rp 8500,00	34,525	Rp 293.462,50
5	Bahan Bakar untuk Kendaraan	Rp 25.000,00		Rp 25.000,00
6	Bahan Bakar untuk Mesin	Rp 100.000,00		Rp 100.000,00
Total Biaya Bahan Baku per Hari				Rp 783.462,50
Total Biaya Bahan Baku per Bulan				Rp 15.669.250,00

Jumlah hari untuk proses produksi diasumsikan 20 hari per bulan atau 240hari/tahun. Sehingga total biaya bahan baku per tahun dapat dihitung sebagai berikut:

= Total Biaya Bahan Baku per hari x Jumlah Hari Produksi per tahun

2. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Biaya Tenaga Kerja Pembuatan Biobriket Campuran Limbah Ampas Kopi dan Kulit Kopi

Sumber: Analisis Perhitungan, 2023

Berdasarkan perhitungan sesuai tabel diatas, biaya yang dikeluarkan untuk upah pekerja setiap bulan mencapai Rp32.000.000,00.

3. Biaya Depresiasi Peralatan Pembuatan Biobriket

Depresiasi merujuk pada penurunan nilai aset seiring berjalannya waktu. Aset dapat dibagi menjadi dua kategori yakni aset lancar (*current asset*) dan aset tetap (*fixed asset*). Namun, perhitungan depresiasi hanya berlaku untuk aset tetap, yang umumnya berupa aset fisik misalnya bangunan, mesin, peralatan, armada, dan sejenisnya. Oleh karena itu, perhitungan depresiasi ini adalah aset tetap (*fixed asset*). Perhitungan depresiasi menggunakan metode *Straight Line of Depreciation* karena perhitungannya relatif sederhana. Metode ini menghasilkan jumlah depresiasi yang sama (konstan) setiap tahun selama masa manfaat aset (Giatman, 2005).

Berikut ini merupakan contoh perhitungan depresiasi mesin pemotong briket.

Diketahui =

- Harga awal pembelian mesin pemotong briket = Rp35.000.000,00

- Umur ekonomi peralatan = 8 tahun

- Harga residu (60% dari harga awal) = Rp21.000.000,00

Ditanya = Berapa besaran nilai depresiasi mesin pemotong briket per tahun?

Jawab =

Depresiasi Mesin Pemotong Briket per tahun

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Harga Awal Pembelian} - \text{Nilai Residu}}{\text{Umur Ekonomi}} \\ &= \frac{\text{Rp35.000.000,00} - \text{Rp21.000.000,00}}{8} \\ &= \text{Rp1.750.000,00} \end{aligned}$$

Jadi, nilai depresiasi mesin pemotong briket tiap tahun sebesar Rp1.750.000,00

Hasil perhitungan peralatan lainnya tersaji pada tabel rekapitulasi biaya depresiasi peralatan pada proses pembuatan biobriket:

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Biaya Pembelian dan Depresiasi Alat dan Mesin Pembuatan Biobriket

No	Uraian	Harga Awal	Satuan (buah)	Total	Umur Ekonomi (tahun)	Nilai Residu	Depresiasi
1	Timbangan kapasitas 300 Kg	Rp 1.350.000	1	Rp 1.350.000	8	Rp 810.000	Rp 67.500
2	Laptop	Rp 4.099.000	1	Rp 4.099.000	4	Rp 2.459.400	Rp 409.900
3	Printer	Rp 545.000	1	Rp 545.000	4	Rp 327.000	Rp 54.500
4	Reaktor Torefaksi	Rp 55.000.000	1	Rp 55.000.000	8	Rp 33.000.000	Rp 2.750.000
5	Pembubuk Arang	Rp 25.000.000	1	Rp 25.000.000	8	Rp 15.000.000	Rp 1.250.000
6	Pengayak Arang	Rp 23.000.000	1	Rp 23.000.000	8	Rp 13.800.000	Rp 1.150.000
7	Pencampur Bahan Arang (Mixer)	Rp 30.000.000	1	Rp 30.000.000	8	Rp 18.000.000	Rp 1.500.000
8	Pengulen Adonan Arang	Rp 30.000.000	1	Rp 30.000.000	8	Rp 18.000.000	Rp 1.500.000
9	Pencetak Briket	Rp 28.000.000	1	Rp 28.000.000	8	Rp 16.800.000	Rp 1.400.000
10	Pemotong Briket	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000	8	Rp 21.000.000	Rp 1.750.000
11	Oven Briket	Rp 40.000.000	1	Rp 40.000.000	8	Rp 24.000.000	Rp 2.000.000
12	Kendaraan VIAR	Rp 20.000.000	1	Rp 20.000.000	8	Rp 12.000.000	Rp 1.000.000
13	Tempat Sampah (Wadah Limbah Ampas Kopi)	Rp 45.000	50	Rp 2.250.000	4	Rp -	Rp 562.500
14	Karung Ampas Kopi - Coffee Shop	Rp 2.500	150	Rp 375.000	4	Rp -	Rp 93.750
15	Karung Ampas Kopi - Warehouse	Rp 4.500	100	Rp 450.000	4	Rp -	Rp 112.500
16	Sekop	Rp 55.000	4	Rp 220.000	4	Rp -	Rp 55.000
17	Garukan	Rp 35.000	4	Rp 140.000	4	Rp -	Rp 35.000
18	Terpal	Rp 150.000	3	Rp 450.000	4	Rp -	Rp 112.500
19	Pompa Air	Rp 1.689.900	1	Rp 1.689.900	8	Rp 1.200.000	Rp 84.495
Jumlah Depresiasi Peralatan Pembuatan Biobriket							Rp 15.887.645

Sumber: analisis perhitungan, 2023

4. Biaya *Overhead* Pabrik (BOP)

Biaya *Overhead* Pabrik disebut juga biaya tak langsung lainnya yang mencakup semua pengeluaran yang terjadi selama proses produksi dan tidak termasuk dalam komponen biaya yang telah disebut sebelumnya. Contoh BOP yakni biaya sewa peralatan dan fasilitas pabrik, penyusutan fasilitas dan peralatan pabrik, pemeliharaan dan perawatan fasilitas, serta pengadaan atau pembayaran sumber daya yang diperlukan oleh pabrik misalnya listrik, air, sarana telekomunikasi, pajak bumi dan lain sebagainya (Giatman, 2005). Berikut merupakan tabel rincian perhitungan biaya overhead produksi pembuatan biobriket:

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Biaya Overhead Pabrik Pembuatan Biobriket

No	Uraian	Harga Satuan	Jumlah Satuan	Total
1	Tagihan Listrik (kWH)	Rp 1.800.000,00	1	Rp 1.800.000,00
2	Langganan Wifi + Telepon	Rp 220.000,00	1	Rp 220.000,00
3	Kemasan Briket (1 kg)	Rp 2.150,00	345,25	Rp 742.287,50
4	Sewa Gudang dan Kantor	Rp 350.000,00	1	Rp 350.000,00
5	Perawatan Mesin	Rp 200.000,00	1	Rp 200.000,00
6	Perawatan Kendaraan	Rp 175.000,00	1	Rp 175.000,00
7	Iklan	Rp 80.000,00	1	Rp 80.000,00
Total Biaya Overhead Pabrik per Bulan				Rp 3.567.287,50
Total Biaya Overhead per Tahun				Rp 42.807.450,00

Sumber: Analisis Perhitungan, 2023

Setelah dilakukan perhitungan komponen biaya yang meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, biaya depresiasi alat, dan biaya overhead pabrik, maka jumlah biaya modal produksi pembuatan biobriket dapat direkap sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Rekapitulasi Biaya Modal Produksi Pembuatan Biobriket

No	Jenis Biaya	Biaya Bulanan	Biaya Tahunan
1	Biaya Bahan Baku	Rp 15.669.250	Rp 188.031.000
2	Biaya Tenaga Kerja	Rp 32.000.000	Rp 384.000.000
3	Biaya Depresiasi Alat	Rp 1.323.970	Rp 15.887.645
4	Biaya Overhead Pabrik	Rp 3.567.288	Rp 42.807.450
	Jumlah	Rp 52.560.508	Rp 630.726.095

Sumber: Analisis Perhitungan, 2023

Langkah selanjutnya adalah perhitungan Harga Pokok Produksi (HPP) Biobriket. Berdasarkan asumsi teknis, kapasitas produksi biobriket per hari yakni 345,25 kg dengan hari kerja efektif dalam setahun adalah 240 hari. Sehingga untuk kapasitas produksi tahunan biobriket sebesar 82.860 kg. Maka, HPP Biobriket per kg dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} HPP \text{ (per kg)} &= \frac{\text{Harga pokok produksi pertahun}}{\text{Kapasitas produksi pertahun}} \\ &= \frac{Rp\ 630.726.095,00}{82.860\ kg} \\ &= Rp7.612,00 \text{ per kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan hasil untuk HPP Biobriket sebesar Rp7.612,00 per kg. Dalam perencanaan penjualan produk biobriket agar dapat memberikan laba bagi perusahaan, maka diasumsikan keuntungan yang ingin diperoleh yakni menggunakan margin 50% dari HPP sebesar Rp3.806,00. Sehingga hasil perhitungan untuk harga jual biobriket di pasaran yang layak dan dapat menguntungkan sebesar Rp11.418,00 dibulatkan menjadi Rp12.000,00 per kg.

Hasil produksi biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi diharapkan dapat diaplikasikan untuk bahan bakar kompor biomassa bagi skala rumah tangga dan industri untuk memaksimalkan potensi biomassa. Selain itu, hasil produksi biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi juga diharapkan dapat mensubstitusi penggunaan kayu bakar dan LPG. Maka dari itu, diperlukan analisis efisiensi bahan bakar untuk membandingkan beberapa bahan bakar yang lazim digunakan di masyarakat. Data yang digunakan didapatkan dari beberapa sumber dan pengecekan harga dan konsumsi daya di masyarakat. Nilai efisiensi bahan bakar diperhitungkan berdasarkan nilai kalor per satuan rupiahnya (Aprita, 2016). Perhitungan efisiensi antara biobriket hasil penelitian ini dengan bahan bakar lain yakni kayu bakar dan LPG yang dianalisis berdasarkan nilai ekonomi dapat dilihat pada tabel 4.16 di bawah ini:

Tabel 4. 16 Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar

No	Bahan Bakar	Nilai Kalor (kkal/kg)	Harga (Rp/kg atau Rp/L)	Harga (Rp/kkal)
1	Kayu Bakar (arang kayu mahoni) ^a	299,22	Rp 15.000	0,020
2	LPG ^b	11.254,61	Rp 6.000	1,876
3	Biobriket	5709,84	Rp 12.000	0,476

Sumber: hasil analisis, 2023

Catatan:

a = nilai kalor dari hasil penelitian Nabawiyah dan Abtokhi (2010)

b = KESDM (2022)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat diketahui nilai efisiensi biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi sebesar 0,476. Hasil tersebut masih lebih rendah jika dibandingkan efisiensi LPG.

4.3.2 Kelayakan Finansial

Perhitungan kelayakan finansial didasarkan pada beberapa asumsi keuangan. Berikut adalah tabel yang memuat rincian asumsi keuangan/ekonomi yang digunakan dalam perhitungan:

Tabel 4. 17 Asumsi Keuangan

Asumsi Keuangan/Ekonomi	Besaran (nilai)
Modal Investasi Awal	Rp 630.726.095
Suku Bunga Pinjaman (Discount Rate)	6,5% ^a
Nilai Residu	15%
Pendapatan (Revenue)	Rp 994.320.000
Pertumbuhan Pendapatan (Revenue Growth)	8% ^b
Inflasi	4,5% ^c
Lama Proyek	10 tahun

Sumber: hasil analisis, 2023

Catatan: a= Persentase Suku bunga *Lending Facility* Bank Indonesia 2023

b= Peningkatan penjualan 5-10%

c= Rata-rata Inflasi Tahunan Indonesia selama 10 tahun terakhir

Berikut merupakan perhitungan kriteria kelayakan finansial:

a. *Break Even Point (BEP)*

Perhitungan *Break Even Point* (BEP) pada proses pembuatan biobriket dapat dilihat pada uraian dibawah ini:

Tabel 4. 18 Data Biaya Tetap dan Biaya Variabel Pembuatan Biobriket

Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)	per Bulan	
Biaya Tenaga Kerja	Rp	32.000.000
Biaya Depresiasi Alat	Rp	1.323.970
Biaya Overhead Pabrik	Rp	3.567.288
Jumlah	Rp	36.891.258
Biaya Tetap per unit	Rp	5.343
Biaya Variabel (Variable Cost/VC)		
Biaya Bahan Baku	Rp	15.669.250
Biaya Variabel per unit	Rp	2.269
Jumlah Unit Penjualan		6.905
Harga Jual per Unit (P)	Rp	12.000
Jumlah Penjualan (S)	Rp	82.860.000

Sumber: analisis perhitungan, 2023

Ditanya = BEP berdasarkan harga penjualan dan unit penjualan

Jawab =

$$BEP \text{ (harga jual)} = \frac{FC}{1 - \frac{VC}{S}}$$

$$BEP \text{ (harga jual)} = \frac{\text{Rp } 36.891.258}{1 - \frac{\text{Rp } 15.669.250}{\text{Rp } 82.860.000}}$$

$$BEP \text{ (harga jual)} = Rp45.494.501$$

$$BEP \text{ (jumlah produksi)} = \frac{FC}{P - VC}$$

$$BEP \text{ (jumlah produksi)} = \frac{\text{Rp } 36.891.258}{\text{Rp } 12.000 - \text{Rp } 2.269}$$

$$BEP \text{ (jumlah produksi)} = 3.791$$

Berdasarkan hasil perhitungan, proses pembuatan briket mencapai BEP atau titik balik modal pada saat jumlah unit produksi mencapai 3.791 kg perbulan dengan asumsi jumlah penjualan per hari sama selama 1 tahun.Sedangkan BEP menurut harga jual menghasilkan nilai sebesar Rp45.494.501 yang artinya pemasukan tersebut dapat melunasi akumulasi biaya yang dikeluarkan selama produksi.

b. Net Present Value

Dalam perhitungan *Net Present Value* (NPV) menggunakan suku bunga sebesar 6,5%. Besaran suku bunga tersebut didapatkan dari situs resmi Bank Indonesia yang telah ditetapkan untuk suku bunga *Lending Facility* Tahun 2023 sebesar 6,5%. Berikut merupakan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV):

Tabel 4. 19 Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

Tahun	Net Benefit	Discount Factor/DF (6,5%)	Present Value (DF 6,5%)
0	Rp (630.726.095),22	1,00	Rp (630.726.095,22)
1	Rp 551.624.905,00	0,94	Rp 517.957.657,28
2	Rp 611.249.226,73	0,88	Rp 538.913.553,95
3	Rp 676.340.737,88	0,83	Rp 559.908.064,78
4	Rp 747.368.190,72	0,78	Rp 580.946.551,27
5	Rp 824.839.248,51	0,73	Rp 602.034.359,97
6	Rp 909.303.662,05	0,69	Rp 623.176.823,95
7	Rp 1.001.356.707,11	0,64	Rp 644.379.264,29
8	Rp 1.101.642.890,61	0,60	Rp 665.646.991,54
9	Rp 1.210.859.96,79	0,57	Rp 686.985.307,20
10	Rp 1.235.154.337,21	0,53	Rp 657.998.873,32
Total PV Kas Bersih			Rp 5.447.221.352,33

Sumber: analisis perhitungan, 2023

Diketahui =

Total PV Kas Bersih = Rp 6.077,947,447.55

Total Investasi tahun ke- 0 (I_0) = Rp 630.726.095,22

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+K)^t} - I_0$$

$$NPV = Rp\ 6.077,947,447.55 - Rp\ 630.726.095,22$$

$$NPV = Rp\ 5.447.221.352,33$$

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui hasil perhitungan NPV sebesar Rp5.447.221.352,33. Berdasarkan syarat perhitungan NPV untuk investasi, jika $NPV > 0$, maka investasi dinilai menguntungkan / layak (*feasible*). Dari hasil perhitungan NPV dalam penelitian ini, didapatkan sebuah gambaran bahwa proyek pembuatan arang briket sangat layak dinilai layak untuk dijalankan karena NPV Rp5.447.221.352,33. > 0 (lebih besar daripada 0). Hal ini berarti selama 10 tahun kedepan saat proyek berlangsung akan menghasilkan NPV sebesar Rp5.447.221.352,33.

c. *Payback Period (PP)*

Berikut adalah perhitungan nilai PP dalam pembuatan biobriket ini:

Tabel 4. 20 Perhitungan *Payback Period* (PP)

Tahun	Net Benefit	Accumulated Net Benefit
0	Rp (630.726.095,22)	Rp (630.726.095,22)
1	Rp 551.624.905,00	Rp (79.101.190,22)
2	Rp 611.249.225,73	Rp (19.476.869,49)
3	Rp 676.340.736,88	Rp 45.614.641,67
4	Rp 747.368.189,72	Rp 116.642.094,51
5	Rp 824.839.247,51	Rp 194.113.152,30
6	Rp 909.303.662,05	Rp 278.577.566,83
7	Rp 1.001.356.707,11	Rp 370.630.611,89
8	Rp 1.101.642.889,61	Rp 470.916.794,40
9	Rp 1.210.859.960,79	Rp 580.133.865,57
10	Rp 1.235.154.337,21	Rp 699.037.156,24
Jumlah	Rp 9.500.045.956,82	Rp 3.484.970.038,33

Sumber: analisis perhitungan, 2023

Diketahui:

Nilai Investasi = Rp 9.500.465.956,82

Kas Masuk Bersih = Rp 3.484.970.038,33

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Rp}9.500.465.956,82}{\text{Rp} 3.484.970.038,33} \times 1 \text{ Tahun}$$

Payback Period = 2,73 Tahun

Payback Period (PP) untuk investasi pembuatan biobriket ini adalah 2 tahun 7 bulan. Merujuk pada kriteria kelayakan finansial untuk *Payback Period* (PP), jika hasil PP lebih rendah daripada umur proyek maka layak untuk dilaksanakan. Perencanaan umur proyek pembuatan biobriket ini adalah 10 tahun sedangkan hasil PP yakni 2 tahun 7 bulan sehingga proyek ini layak dilaksanakan karena jangka waktu pengembalian modal investasi lebih cepat dibandingkan umur proyek.

d. *Internal Rate of Return*

Hasil perhitungan nilai IRR pada proyek pembuatan biobriket mencapai 12%. Hal ini berarti menunjukkan bahwa proyek ini layak dilakukan karena nilai IRR lebih tinggi dibandingkan tingkat suku bunga pinjaman yakni 6,5%. Hal ini menunjukkan bahwa melakukan investasi modal ke protek ini dapat lebih menguntungkan jika dibandingkan menginvestasikan uang dalam bank (Rusdianto, Septyatha dan Choiron, 2018).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pembuatan biobriket ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Komposisi optimal biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi sesuai SNI 01-6235:2000 = Briket Arang Kayu dan SNI 1683:2021 Arang Kayu adalah komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25% dengan hasil uji proksimat yakni kadar air 9,35%, kadar abu 5,89%, kadar zat mudah menguap 5,93%, kadar karbon terikat 78,82%, dan nilai kalor 5287,92 kal/gr. Hasil pengujian nilai kalor menunjukkan bahwa semua komposisi telah melebihi syarat SNI 01-6235:2000 = Briket Arang Kayu sebesar 5000 kal/gr, nilai tertinggi adalah komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi = 25% : 75% sebesar 5709,84 kal/gr.
2. Hasil pengujian laju pembakaran biobriket paling lama adalah komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25% sebesar 0,1063 gr/menit. Sedangkan hasil pengujian emisi Karbon monoksida (CO) paling rendah adalah komposisi Ampas Kopi : Kulit Kopi = 75% : 25% yakni 387 ppm.
3. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa HPP biobriket sebesar Rp7.612,00 per kg dengan nilai efisiensi sebesar 0,476 (Rp/kal). Sedangkan analisis kelayakan finansial menghasilkan BEP produksi mencapai 3.791 unit dan BEP penjualan Rp45.494.501, NPV sebesar Rp5.447.221.352,33 dengan PP selama 2 tahun 7 bulan, dan nilai IRR adalah 12%.Maka dapat disimpulkan bahwa rencana bisnis biobriket ini layak dilaksanakan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Untuk penelitian pembuatan biobriket limbah ampas kopi dan kulit kopi selanjutnya, disarankan melakukan uji proksimat bahan baku sebelum proses pembuatan biobriket agar mengetahui karakteristik setiap bahan

baku dan perlu dipertimbangkan jenis serta persentase perekat yang digunakan untuk mengantisipasi peningkatan hasil uji nilai kadar air, abu, dan zat mudah menguap. Selain itu proses pembuatan diharapkan menggunakan alat kompresi dengan tekanan tertentu untuk menghasilkan kerapatan massa yang lebih tinggi.

2. Untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar biobriket ini sebaiknya digunakan metode penelitian yang lebih tepat agar dapat meningkatkan nilai kalor. Pemilihan supplier bahan baku dan alat yang digunakan juga dapat dipertimbangkan harga yang lebih rendah agar dapat menurunkan harga jual biobriket bagi masyarakat. Sedangkan pada analisis kelayakan finansial, dapat diperhitungkan pula kriteria *Return of Investment* (ROI) dan B/C Rasio.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Achaby, M. El *et al.* (2019) 'Bio-sourced porous cellulose microfibrils from coffee pulp for wastewater treatment', *Cellulose*, 0123456789. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02344-w>.
- Affandi, K.A., Suryaningsih, S. and Nurhilal, O. (2018) 'Analisa Ukuran Butir Briket Campuran Sekam Padi dengan Cangkang Kopi terhadap Laju Pembakaran dan Emisi Karbon Monoksida (CO)', *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 08(01), pp. 44–48.
- Afiyah, A., Saifi, M. and Dwiatmanto (2015) 'Studi Kasus pada Home Industry Cokelat “ Cozy ” Kademangan Blitar', *Jurnal Administrasi Bisnis*, 23(1), pp. 1–11.
- Agusta, B. (2021) *Analisis Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Kulit Kopi dan Buah Pinus dengan Menggunakan Getah Pinus Sebagai Perekat*.
- Ahnam, A. (2019) 'Pembriketan Limbah Padat Kopi Instan Analisis Prosentase Keberhasilan Pencetakan', *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(1), pp. 21–24.
- Amertet, S., Mitiku, Y. and Belete, G. (2021) 'Analysis of a Coffee Husk Fired Cogeneration Plant in South Western Ethiopia Coffee Processing Industries', *Low Carbon Economy*, 12, pp. 42–62. Available at: <https://doi.org/10.4236/lce.2021.121003>.
- Aprita, I.R. (2016) *Produksi Biopellet dan Biobriket dari Ampas Seduhan dan Cangkang Biji Kopi dengan dan tanpa Pra Perlakuan Bahan pada berbagai Komposisi Perekat*.
- Artati, W.K., Sarwono and Noriyanti, R.D. (2013) 'Kajian Eksperimental terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Ampas Kopi Instan dan Kulit Kopi (Studi Kasus di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia)', *Jurnal Teknik POMITS*, pp. 1–6.
- Asaad, I. (2011) *Teologi Lingkungan*. II, Kementerian Lingkungan Hidup dan

<https://doi.org/10.37637/ab.v4i3.774>.

- Dewi, I.S. (2018) 'Analisis Kelayakan Finansial Budidaya Lebah Madu di Desa Kuapan Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar (Kasus Usaha Madu "Mekar Sari")', *Jurnal Agribisnis*, 20(1), pp. 35–51. Available at: <https://doi.org/10.31849/agr.v20i1.1495>.
- Dewi, R.P., Saputra, T.J. and Widodo, S. (2021) 'Studi Potensi Limbah Kulit Kopi sebagai Sumber Energi Terbarukan di Wilayah Jawa Tengah', *Journal of Mechanical Engineering*, 5(1), pp. 41–45.
- Dinesha, P., Kumar, S. and Rosen, M.A. (2018) 'Biomass Briquettes as an Alternative Fuel: A Comprehensive Review', *Energy Technology*, pp. 1–23. Available at: <https://doi.org/10.1002/ente.201801011>.
- Fajfrlíková, P., Brunerová, A. and Roubík, H. (2020) 'Analyses of Waste Treatment in Rural Areas of East Java with The Possibility of Low-Pressure Briquetting Press Application', *Sustainability (Switzerland)*, 12(19). Available at: <https://doi.org/10.3390/su12198153>.
- Fatriasari, W. (2022) *Teknologi Konversi Biomassa untuk Pengembangan Bioproduk berbasis Selulosa dan Lignin sebagai Sumber Energi Terbarukan dan Material Berkelanjutan*.
- Fithriyyah, D., Wulandari, E. and Sendjaja, T.P. (2020) 'Potensi Komoditas Kopi dalam Perekonomian Daerah di Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung', *MIMBAR AGRIBISNIS: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis.*, 6(2), pp. 700–714.
- Franca, A.S. and Oliveira, L.S. (2022) 'Potential Uses of Spent Coffee Grounds in the Food Industry', *foods*, 11.
- Giatman (2005) *Ekonomi Teknik*.
- Global Agricultural Information Network (2022) *Indonesia's Coffee Annual Report*. Available at: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee Annual_Jakarta_Indonesia_ID2022-0014](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee%20Annual_Jakarta_Indonesia_ID2022-0014).
- Haryati, T. and Amir, I. (2021) 'Identifikasi Karakteristik Briket Arang Kelapa Yang Diminati Pasar Arab Saudi Dan Prosedur Ekspornya', *Jurnal Ilmiah*

- combustion test in a small boiler (6.5kW)', *Renewable Energy*, pp. 1–13.
Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.06.092>.
- Kansai, N., Chaisuwan, N. and Supakata, N. (2018) 'Carbonized Briquettes as a Tool for Adding Value to Waste from Rain tree (*Samanea Saman*) and Coffee Ground / Tea Waste', *Engineering Journal*, 22(6), pp. 47–63.
Available at: <https://doi.org/10.4186/ej.2018.22.6.47>.
- Karmee, S.K. (2018) 'A spent coffee grounds based biorefinery for the production of biofuels, biopolymers, antioxidants and biocomposites', *Waste Management*, 72, pp. 240–254. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.042>.
- Kaslam (2020) 'Sustainable Energi dalam Pandangan Islam', *Tahdis: Jurnal Kajian Ilmu Al-Hadis*, 11(1), pp. 99–110. Available at: <https://doi.org/10.24252/tahdis.v11i1.13626>.
- Kaur, A. *et al.* (2017) 'Production, Analysis and Optimization of Low Cost Briquettes from Biomass Residues', *Advances in Research*, 12(4), pp. 1–10.
Available at: <https://doi.org/10.9734/air/2017/37630>.
- Kebede, T., Berhe, D.T. and Zergaw, Y. (2022) 'Combustion Characteristics of Briquette Fuel Produced from Biomass Residues and Binding Materials', *Hindawi: Journal of Energy*, pp. 1–10.
- KESDM (2006) *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral No. 047 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara*.
- KESDM (2022) *Konversi Mitan ke Gas*.
- Khusna, D. and Susanto, J. (2015) 'Pemanfaatan Limbah Padat Kopi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Bentuk Briket Berbasis Biomass (Studi Kasus di PT Santos Jaya Abadi Instant Coffe)', in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, pp. 247–260.
- Kim, Y., Park, T. and Hong, D. (2022) 'Heating and Emission Characteristics of Briquettes Developed from Spent Coffee Grounds', *Environmental Engineering Research*, 27(4), pp. 1–8.
- Kpalo, S.Y., Zainuddin, M.F. and Manaf, L.A. (2020) 'A Review of Technical and

- Economic Aspects of Biomass Briquetting', *Sustainability*, 12, pp. 1–30.
- Kristanto, G.A. and Wijaya, H. (2018) 'Assessment of Spent Coffee Ground (SCG) and Coffee Silverskin (CS) as Refuse Derived Fuel (RDF)', in *The 2nd International Conference on Eco Engineering Development*, pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012056>.
- Kumar, J.A. et al. (2020) 'Comparative Analysis of Briquettes obtained from Biomass and Charcoal', *Materials Today: Proceedings* [Preprint], (xxxx). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.918>.
- Kusharwanto, A. (2018) *Analisis Tekno Ekonomi Pembuatan Briket Sampah Organik Sebagai Energi Terbaharukan*.
- Kusmartono, B., Situmorang, A. and Yuniwati, M. (2021) 'Pembuatan Briket Dari Tempurung Kelapa (Cocos Nucivera) Dan Tepung Terigu', *Jurnal Teknologi*, 14(2), pp. 142–149. Available at: <https://doi.org/10.34151/jurtek.v14i2.3770>.
- Mahmudan, A. (2022) *Meracik Wanginya Potensi Kopi Asli Indonesia*, dataindonesia.id. Available at: <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/meracik-wanginya-potensi-kopi-asli-indonesia> (Accessed: 28 August 2022).
- Marreiro, H.M.P. et al. (2021) 'Empirical Studies on Biomass Briquette Production : A Literature Review', *Energies*, 14(8320), pp. 1–40.
- Marwanza, I. et al. (2021) 'Pemanfaatan Briket Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif di Desa Banjar Wangi, Pandeglang, Provinsi Banten', *AKAL: Jurnal Abdimas dan Kearifan Lokal*, 02(01), pp. 82–88.
- Mayson, S. and Williams, I.D. (2021) 'Applying a Circular Economy Approach to Valorize Spent Coffee Grounds', *Resources, Conservation and Recycling*, 172(April), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105659>.
- Morales-Martinez, J. et al. (2021) 'Optimization of Chemical Pretreatments Using Response Surface Methodology for Second-Generation Ethanol Production from Coffee Husk Waste', *Bioenergy Research*, 14, pp. 815–827.
- Mulyana, C. et al. (2017) 'Empowerment model of biomass in west Java', *IOP*

- Pratiwi, V.D. (2020) 'Effect of Burning Temperature on The Quality of Alternatife Bio-energy from Coffee Waste', *ELKOMIKA: Jurnal Ternik Energi*, 8(3), pp. 615–626. Available at: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v8i3.615> |.
- Pratiwi, V.D. and Mukhaimin, I. (2021) 'Pengaruh Suhu dan Jenis Perekat Terhadap Kualitas Biobriket dari Ampas Kopi dengan Metode Torefaksi', *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(1), pp. 39–50. Available at: <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i1.7697.39-50>.
- PSP3-LPPM-IPB (2018) *Identifikasi Pemeliharaan Tanaman Kopi Guna Peningkatan Produksi*.
- Qanitah, Q. et al. (2023) 'Peningkatan Kualitas Briket Ampas Kopi Menggunakan Perekat Kulit Jeruk Melalui Metode Torefaksi Terbaik', *Journal of Engineering Science and Technology*, 1(1), pp. 32–43. Available at: <https://doi.org/10.47134/jesty.v1i1.3>.
- Rahardja, I.B. et al. (2022) 'Analisis briket fiber mesocarp kelapa sawit metode karbonisasi dengan perekat tepung tapioka', *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 16(2). Available at: <https://doi.org/10.24853/sintek.16.2.82-91>.
- Rahman, A.N.E. et al. (1989) 'Influence of Size and Shape on the Strength of Briquettes', *Fuel Processing Technology*, 23(3), pp. 185–195. Available at: [https://doi.org/10.1016/0378-3820\(89\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0378-3820(89)90018-0).
- Ramadhani, S.F. and Utama, M.J. (2021) 'Pembuatan Biobriket dari Limbah Kopi dan Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif', *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(9), pp. 210–217.
- Ritzada, I.P.D.P., Yulianti, N.L. and Gunadnya, I.B.P. (2021) 'Karakteristik Briket Biomassa dengan Variasi Geometri dan Jenis Bahan Baku yang Berbeda', *Jurnal BETA : Biosistem dan T*, 9(September).
- Rizky, M., Sommad, A. and Praswanto, D.H. (2022) 'Pengaruh Campuran Minyak Jarak pada Briket Ampas Kopi dan Serbuk Kayu Terhadap Laju Pembakaran dan Laju Nyala Api', in *SENIATI: Seminar Nasional Metaverse Peluang dan Tantangan Pendidikan Tinggi*, pp. 683–689.

- Rusdianto, A.S., Septyatha, F. and Chiron, M. (2018) 'Analisis Kelayakan Finansial Industri Bio-pellet Kulit Kopi di Kabupaten Jember', *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), pp. 89–94.
- Sari, A.N., Nurhilal, O. and Suryaningsih, S. (2018) 'Pengaruh konsentrasi briket campuran sekam padi dan serutan kayu albasia terhadap emisi karbon monoksida dan laju pembakaran', *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 08(02), pp. 25–32.
- Schmidt Rivera, X.C. *et al.* (2020) 'Life Cycle Environmental Sustainability of Valorisation Routes for Spent Coffee Grounds: From Waste to Resources', *Resources, Conservation and Recycling*, 157(September 2019), p. 104751. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104751>.
- Sermyagina, E. *et al.* (2021) 'Spent Coffee Grounds and Tea Leaf Residues : Characterization , Evaluation of Thermal Reactivity and Recovery of High-Value Compounds', *Biomass and Bioenergy*, 150(December 2020), p. 106141. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106141>.
- Setiani, V. *et al.* (2019) 'Potensi Emisi dari Pembakaran Biobriket Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa', in *Seminar MASTER*, pp. 115–118. Available at: <http://journal.ppns.ac.id/index.php/SeminarMASTER>.
- Setyawan, B. and Ulfa, R. (2019a) 'Analisis Mutu Briket Arang dari Limbah Biomassa Campuran Kulit Kopi dan Tempurung Kelapa Dengan Perekat Tepung Tapioka', *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi, dan Terapan*, 4(2), pp. 110–120.
- Setyawan, B. and Ulfa, R. (2019b) 'Pengaruh Komposisi Bahan Baku dan Perekat Terhadap Emisi Gas Briket Arang Kulit Kopi Dan Tempurung Kelapa', in *Prosiding: Konferensi Nasional ...*, pp. 267–276. Available at: <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/knmipa/article/view/821%0Ahttps://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/knmipa/article/download/821/559>.
- Shihab, M.Q. (1996) *Membumikan Al-Qur'an*. 13th edn. Bandung: Mizan.
- Shofaussamawati, S. (2018) 'Iman dan Kehidupan Sosial', *Riwayah : Jurnal Studi Hadis*, 2(2), p. 211. Available at: <https://doi.org/10.21043/riwayah.v2i2.3133>.

- Subandi, M. (2011) *Budidaya tanaman perkebunan, 'Budidaya tanaman perkebunan'*. Available at: <http://digilib.uinsgd.ac.id/4039/1/Digilib UIN pdf Karet .pdf>.
- Sudarsono, P.E.R. and Warmadewanthi, I. (2010) 'Eco-Briquette dari Komposit Kulit Kopi, Lumpur IPAL PT. SIER, Dan Sampah Plastik LDPE', in *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI*, pp. 1–9.
- Sugiyanto, Nadi, L. and Wenten, I.K. (2020) *Studi Kelayakan Bisnis, Teknik untuk Mengetahui Bisnis Dapat Dijalankan atau Tidak, YPSIM Banten*. Available at: <http://eprints.unpam.ac.id/8654/3/Buku SKB Sugiyanto-Terbit 2020 Gabung-E-book.pdf>.
- Sugiyono (2013) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*.
- Sugiyono (2018) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan RD*. Bandung: Alfabeta.
- Sulistyaningkarti, L. and Utami, B. (2017) 'Pembuatan Briket Arang dari Limbah Organik Tongkol Jagung dengan Menggunakan Variasi Jenis dan Persentase Perekat', *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 2(1), pp. 43–53.
- Sultan, M. (2022) 'Perilaku Keselamatan Penggunaan LPG Selama Pandemi COVID-19 Pada Masyarakat Sekitar PT Pertamina', *Jurnal Kesehatan*, 15(1), pp. 13–19.
- Sunardi, Djuanda and Mandra, M.A.S. (2019) 'Characteristics of Charcoal Briquettes from Agricultural Waste with Compaction Pressure and Particle Size Variation as Alternative Fuel', *International Energy Journal*, 19(3), pp. 139–147.
- Suryaningsih, S., Nurhilal, O. and Affandi, K.A. (2018) 'Pengaruh Ukuran Butir Briket Campuran Sekam Padi dengan Serbuk Kayu Jati terhadap Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Laju Pembakaran', *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2(1), pp. 15–21. Available at: <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i1.15377>.
- Syamsudin, Z., Hidayat, S. and Effendi, M.N. (2018) 'Perencanaan Penggunaan Plts Di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat', *Energi & Kelistrikan*, 9(1).

Tesfaye, A., Workie, F. and Kumar, V.S. (2022) 'Production and Characterization of Coffee Husk Fuel Briquettes as an Alternative Energy Source', *Hindawi: Advances in Materials Science and Engineering*, pp. 1–13.

Tolessa, B. (2022) 'Analysis of the Negative Impacts of Coffee Husk on the Local Environment'.

Tsai, W.T. (2017) *The Potential of Pyrolysing Exhausted Coffee Residue for the Production of Biochar, Handbook of Coffee Processing By-Products: Sustainable Applications*. Elsevier Inc. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00010-4>.

Tumuluru, J.S. et al. (2011) 'A Review of Biomass Densification Systems to Develop Uniform Feedstock Commodities for Bioenergy Application', *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(3), pp. 246–256. Available at: <https://doi.org/10.1002/bbb>.

Vegatama, M.R. and Sarungu, S. (2022) 'Pengaruh Variasi Jenis Perekat Organik terhadap Nilai Kalor Biobriket Serbuk Kayu', *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2), pp. 13256–13262.

Velusamy, S. et al. (2022) 'Comparative Analysis of Agro Waste Material Solid Biomass Briquette for Environmental Sustainability', *Advances in Materials Science and Engineering*, pp. 1–7.

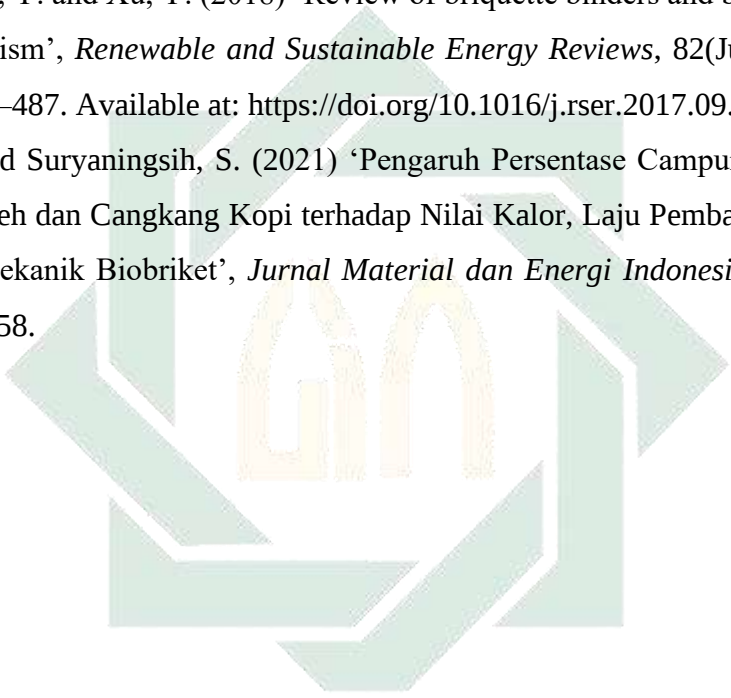
Vivek, C.P. et al. (2019) 'Comparison Study on Fuel Briquettes Made of Eco-Friendly Materials for Alternate Source of Energy', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 577(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/577/1/012183>.

Wählhammar, R.A. (2014) *Productive use of coffee husks How to make briquettes from coffee husk in Karagwe , Tanzania*.

Widiarti, P. (2019) *Pertumbuhan Kafe Berbasis Kopi Jatim Mencapai 18 Persen Setahun*, surabaya.bisnis.com. Available at: <https://surabaya.bisnis.com/read/20191001/531/1154444/pertumbuhan-kafe-berbasis-kopi-jatim-mencapai-18-persen-setahun>.

Windya, K.K., Wilopo, W. and Anggara, F. (2018) 'Karakterisasi Dan Pemanfaatan

- Lumpur Sidoarjo Untuk Campuran Bahan Baku Pembuatan Briket', *Jurnal Geomine*, 6(3), p. 117. Available at: <https://doi.org/10.33536/jg.v6i3.242>.
- Yoisangadji, M.I. and Pohan, G.A. (2022) 'Analisa Pengaruh Briket Biomassa Dengan Media Limbah Ampas Kopi', in *SENIATI*, pp. 738–744.
- Zhang, G., Sun, Y. and Xu, Y. (2018) 'Review of briquette binders and briquetting mechanism', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(July 2017), pp. 477–487. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.072>.
- Zulhamdani and Suryaningsih, S. (2021) 'Pengaruh Persentase Campuran Arang Daun Teh dan Cangkang Kopi terhadap Nilai Kalor, Laju Pembakaran dan Sifat Mekanik Biobriket', *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 11(02), pp. 54–58.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A