



**POTENSI LIMBAH KULIT KOPI DAN KAKAO SEBAGAI SUMBER ENERGI:
ANALISIS KARAKTERISTIK BRIKET DARI LIMBAH KULIT KOPI DAN KAKAO
MELALUI PROSES KARBONISASI**

*The Potential of Coffee and Cocoa Shell Waste as An Energy Source: Analysis Of
Characteristics of Briquettes From Coffee and Cocoa Shell Waste Through The
Carbonization Process*

Kresna Mulya Santosa¹, Hendy Firmanto^{2}, Ilham Mufandi³, Novia Anggraeni⁴*

*^{1,3}Department of Agro-industrial, Technology Faculty of Science and Technology,
Universitas Darussalam Gontor, Ponorogo, 63471, Indonesia.*

²Internatioanl Coffee Cacao Research Institue, Jember 68118, Indonesia

*⁴Department of Food Technology, Faculty of Science and Technology,
National Karangturi University, Semarang, 50227, Indonesia.*

**Correspondence author: hendy.firmant@gmail.com*

Article info : Received in 3 September 2023, Revised in 30 September 2023,
Accepted 25 October 2023

ABSTRACT

This research aims to compare the characteristics of briquettes as an energy source produced from coffee shell waste and cocoa waste. The briquette-making process involves carbonization to produce charcoal as the primary raw material for briquettes. Carbonization time varies, influenced by the type of waste and size of the material. After that, the charcoal is reduced and sifted into fine and coarse powder. Briquette molding uses pressure using a pipe as a mold. The characteristics of briquettes are analyzed through water content, density, burning rate, and ash content. The research results show differences in characteristics between coffee and cocoa waste. The carbonization process affects the time and mass difference of raw materials. Cocoa pod shells require the longest (± 35 minutes), while cocoa bean shells require the shortest (± 17 minutes). Next, making briquettes involves molding and pressing using a pipe as a mold. The results showed that waste cocoa pod shells and cocoa bean shells produced more briquettes than waste coffee pod shells and coffee bean shells. The moisture content of briquettes from all types of waste meets the standards, but the density of the raw material for coffee husk waste is low, while the briquettes have a high density. The burning rate of briquettes varies, with cocoa bean shell briquettes having the fastest burning rate and producing much smoke. The ash content of cocoa pod husk briquettes exceeds the standard, while cocoa bean husk briquettes have low ash content. The density of the raw material is correlated with the moisture content of the briquettes. The highest burning rate occurs in cocoa bean shell briquettes, influenced by low density and high water content. The ash content of the briquettes

meets standards, except for cocoa shell briquettes. This research proves that cocoa and coffee shell waste can be processed into briquettes with different characteristics.

Keywords: *Briquettes, Coffee Shell, Cocoa Shell, Energy Sources, Waste Processing*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik briket sebagai sumber energi yang dihasilkan dari limbah cangkang kopi dan limbah kakao. Proses pembuatan briket melibatkan karbonisasi untuk menghasilkan arang sebagai bahan baku utama briket. Waktu karbonisasi bervariasi, dipengaruhi oleh jenis limbah dan ukuran bahan. Setelah itu arangnya dikecilkan dan diayak hingga menjadi bubuk halus dan kasar. Pencetakan briket menggunakan tekanan dengan menggunakan pipa sebagai cetaknya. Karakteristik briket dianalisis melalui kadar air, massa jenis, laju pembakaran, dan kadar abu. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik antara ampas kopi dan kakao. Proses karbonisasi mempengaruhi perbedaan waktu dan massa bahan baku. Cangkang buah kakao membutuhkan waktu paling lama (± 35 menit), sedangkan cangkang biji kakao membutuhkan waktu paling singkat (± 17 menit). Selanjutnya pembuatan briket dilakukan dengan pencetakan dan pengepresan menggunakan pipa sebagai cetaknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cangkang buah kakao dan cangkang biji kakao menghasilkan briket lebih banyak dibandingkan limbah cangkang buah kopi dan cangkang biji kopi. Kadar air briket dari semua jenis limbah memenuhi standar, namun massa jenis bahan baku limbah sekam kopi rendah, sedangkan briket memiliki massa jenis yang tinggi. Laju pembakaran briket bervariasi, briket cangkang biji kakao mempunyai laju pembakaran paling cepat dan menghasilkan asap yang banyak. Kadar abu briket kulit buah kakao melebihi standar, sedangkan briket kulit biji kakao mempunyai kadar abu yang rendah. Kepadatan bahan baku berkorelasi dengan kadar air briket. Laju pembakaran tertinggi terjadi pada briket cangkang biji kakao, dipengaruhi oleh kepadatan yang rendah dan kadar air yang tinggi. Kadar abu briket memenuhi standar, kecuali briket cangkang kakao. Penelitian ini membuktikan limbah cangkang kakao dan kopi dapat diolah menjadi briket dengan karakteristik berbeda-beda.

Kata kunci: Briket, Kulit Kopi, Kulit Kakao, Pengolahan Limbah, Sumber Energi

PENDAHULUAN

Energi merupakan komponen vital dalam mendukung berbagai aktivitas manusia dan pembangunan suatu negara. Ketergantungan manusia terhadap sumber energi telah mendorong penelitian dan pengembangan untuk menemukan solusi-solusi inovatif guna memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Di tengah kekhawatiran terhadap perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya alam konvensional, penelitian tentang sumber

energi alternatif semakin menjadi perhatian utama. Salah satu potensi sumber energi alternatif yang menarik adalah biomassa, yaitu sumber daya organik yang dapat diperbarui dan dihasilkan dari limbah pertanian dan industri [1].

Ketertarikan terhadap biomassa sebagai sumber energi terbarukan tidak hanya berkaitan dengan aspek lingkungan, tetapi juga dengan keberlanjutan dan diversifikasi pasokan energi [2]. Sumber daya biomassa dapat ditemukan di berbagai sektor, termasuk

pertanian, kehutanan, dan limbah organik dari industri pangan [3], [4].

Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar dapat membantu mengurangi ketergantungan pada energi fosil, yang memiliki dampak besar terhadap perubahan iklim dan ketersediaan sumber daya alam [5]. Biomassa dapat dikonversi menjadi energi yang dapat dimanfaatkan secara efisien [6], [7]. Teknologi konversi biomassa memungkinkan transformasi dari materi organik menjadi bentuk energi yang lebih mudah dimanfaatkan, seperti panas, listrik, atau bahan bakar. Ada dua kategori utama dalam teknologi konversi biomassa: konversi termokimia dan konversi biokimia.

Sumber biomassa dari sektor pertanian dan perkebunan tersedia melimpah di alam dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Sehingga menjadi permasalahan baru bagi lingkungan sekitar seperti limbah kopi dan limbah kakao yang tersedia melimpah dan sering sekali diabaikan [8], [9]. Limbah kulit kopi dan limbah kakao merupakan jenis limbah pertanian. Permasalahan limbah di sektor pertanian, terutama limbah kulit kopi dan limbah kakao, menjadi semakin serius seiring dengan pertumbuhan industri kopi dan kakao di Indonesia. Limbah-limbah ini cenderung menjadi beban lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Namun, limbah-limbah ini dapat diubah menjadi sumber energi yang ramah lingkungan dengan pendekatan yang

tepat. Pembuatan briket dari limbah kulit kopi dan limbah kakao dapat menjadi solusi yang berkelanjutan untuk mengelola limbah pertanian sekaligus menyediakan sumber energi alternatif [10], [11].

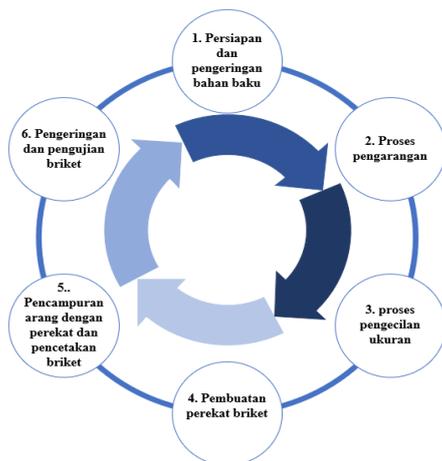
Briket adalah blok atau balok padat yang terbuat dari berbagai jenis bahan, termasuk serbuk kayu, jerami, limbah pertanian, batu bara, arang, atau limbah organik lainnya. Pilihan bahan baku dapat bervariasi tergantung pada tujuan penggunaan briket dan ketersediaan sumber daya lokal. Dalam beberapa kasus, pembakaran briket dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah daripada pembakaran bahan bakar fosil, membantu dalam upaya pengurangan emisi gas rumah kaca. Kualitas briket mempengaruhi efisiensi pembakaran. Briket yang baik harus memiliki kepadatan yang cukup tinggi, rendah kelembaban, dan kemampuan pembakaran yang baik agar menghasilkan panas dengan efisien [12], [13].

Proses pembuatan briket melibatkan penggunaan perekat untuk mengikat bahan-bahan menjadi satu kesatuan. Perekat ini dapat berupa bahan alami seperti tepung tapioka atau pati, yang membantu membentuk briket. Keunggulan briket sebagai energi alternatif adalah daur ulang limbah, bahan biomassa yang digunakan dalam pembuatan briket dapat diperbaharui, reduksi Emisi Gas Rumah Kaca, dan Pengurangan Deforestasi.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik briket sebagai sumber energi yang dihasilkan dari limbah kulit kopi dan limbah kakao. pada penelitian ini dilakukan persiapan bahan, proses pembuatan briket, dan pengujian briket. kadar air, densitas, laju pembakaran briket, dan kadar abu diaplikasikan untuk pengujian kualitas briket.

BAHAN DAN METODE

Tahapan pembuatan briket dari limbah kulit kopi dan limbah kakao pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Tahapan ini terdiri dari preparation, proses pembuatan briket, dan pengujian briket. Pengujian kualitas briket terdiri dari kadar air, densitas, laju pembakaran briket, dan kadar abu.



Gambar 1. Tahapan pembuatan briket

Persiapan dan Pengerinan Bahan Baku

Bahan baku untuk membuat briket dipersiapkan yaitu kulit buah kakao, kulit biji kakao, kulit buah kopi, kulit biji kopi yang

didapatkan dari sisa pengolahan di ICCRI. Bahan perekat yang digunakan adalah tepung tapioka. Dalam proses persiapan sampel. Parameter penting yang harus diketahui adalah kadar air bahan baku. Kadar air dapat mempengaruhi proses pembakaran briket [14], [15]. Penurunan kadar air yang terkandung di dalam bahan baku dapat dilakukan dengan proses penjemuran dibawah sinar matahari selama 3-4 hari. Proses selanjutnya adalah pengecilan ukuran bahan baku dilakukan dengan menghancurkan bahan baku dan menyaring dengan ukuran yang sama. Proses pengecilan bahan baku dilakukan untuk mempermudah proses pengempaan briket. Bahan baku yang digunakan memiliki kadar air yang

berbeda-beda. Selain itu, bahan baku briket dipengaruhi oleh ukuran dan volume yang berpengaruh terhadap besar kecilnya kadar air yang terkandung di dalamnya. Bahan baku dengan ukuran dan volume yang besar umumnya mempunyai kadar air yang tinggi. Sedangkan bahan baku yang berukuran lebih kecil cenderung memiliki kadar air yang rendah. Perhitungan kadar air bahan baku dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

$$Kadar\ Air = \frac{(a-c)-(b-c)}{(a-c)} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana a adalah massa awal bahan sebelum di oven ditambah dengan cawan dalam satuan gram. b adalah massa akhir bahan setelah dioven ditambah dengan cawan

dalam satuan gram. *c* adalah massa cawan dengan satuan gram.

Proses Pengarangan/Karbonisasi

Masing-masing bahan baku yang sudah dijemur dan dikeringkan, kemudian ditimbang. Selanjutnya dilakukan proses pengarangan menggunakan alat karbonisasi sederhana yang telah dibuat yaitu dengan cara menyangrai di wajan menggunakan bahan bakar gas LPG. Saat proses karbonisasi berlangsung, bahan baku diaduk secara merata menggunakan spatula secara terus menerus untuk mendapatkan hasil arang yang bagus dan menghindari terjadinya abu. Sebelum terjadi abu, bahan baku yang sudah menjadi arang segera disiram dengan air untuk mematikan api/baru api. Proses pengarang telah selesai ditandai dengan tidak ada lagi asap yang keluar, menandakan bara api padam. Abu terjadi dikarenakan pembakaran yang kurang merata sehingga terdapat beberapa bagian yang terbakar secara sempurna. Masa bahan baku yang digunakan dapat dilihat pada tabel:

Pengecilan Ukuran Arang

Dilakukan penimbangan arang hasil pengarangan dari semua jenis bahan baku. Arang ditempatkan pada baskom kemudian ditumbuk sampai halus menggunakan palu. Butiran serbuk arang halus kemudian diayak menggunakan ayakan sederhana yaitu ayakan tepung yang setara dengan ukuran 40 mesh.

Hal ini bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya bahan yang telah ditumbuk.

Pembuatan Perekat Briket

Jenis tapioka beragam kualitas dan kadar zat penyusun di dalamnya. Pada pembuatan briket tepung ini dijadikan sebagai bahan perekat dengan penambahan air. Campuran dari keduanya dipanaskan dan membentuk cairan kental yang nantinya akan digunakan sebagai bahan perekat briket. Proses pembuatannya digunakan tepung tapioka ditambahkan air dengan perbandingan 3:1 (air : tepung tapioka).

Pencampuran Arang dengan Perekat

Bahan perekat yang telah mengental akan dicampurkan dengan bubuk arang. Dalam fase cair, perekat akan mulai mengalir ke permukaan bahan. Pada saat yang bersamaan dengan terjadinya aliran, maka perekat juga akan mengalami perpindahan dari permukaan yang telah diberi perekat ke permukaan yang belum terkena perekat. Pemberian bahan perekat ini bertujuan untuk membentuk tekstur yang lebih padat. Proses pencampuran ini menggunakan persentase perbandingan 90% bahan baku : 10% perekat tapioka [16], [17].

Pencetakan dan Pengepresan Briket

Dilakukan pencetakan briket setelah bahan tercampur rata. Tahap pencetakan briket dilakukan dengan cara memberikan

tekanan menggunakan alat kempa. Pada praktikum kali ini digunakan pipa sebagai cetakan, dengan diameter $\pm 5,5$ cm dan tinggi $\pm 2,5$ cm, kemudian dipres dengan alat pres sederhana yaitu bagian bawah botol beling yang berbentuk silinder sebagai alat kempa, dan tatakan sebagai alasnya. Kekuatan rekat dipengaruhi oleh sifat dari jenis perekat, alat yang digunakan, dan teknik perawatannya. Pemberian tekanan pada briket akan menyebabkan pemadatan atau pengecilan volume briket. Apabila semakin tinggi tekanan yang diberikan, maka akan menghasilkan briket dengan kerapatan dan juga keteguhan tekan yang semakin tinggi juga [18].

Pengeringan Briket

Briket yang telah dicetak selanjutnya dikeringkan cara di oven dengan suhu 60-80°C selama 6 jam [19]. Hal ini diperlukan untuk mengurangi kandungan kadar air yang ada dalam perekat tadi. Briket yang dihasilkan setelah dicampur perekat masih mengandung air yang cukup tinggi sekitar $\pm 50\%$. Tujuan pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air yang ada dalam briket, sehingga memudahkan pengguna dalam proses pembakarannya [20].

Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan dengan penimbangan cawan sebagai wadah lalu penimbangan cawan yang ditambahkan

briket sebelum pembakaran. Masing-masing briket yang ada pada cawan diberi spiritus sebanyak 5 ml untuk memicu menyalanya api pada briket. Pembakaran dilakukan selama 1 jam. Setelah 1 jam, briket dipadamkan dengan cara memercikan sedikit air agar bara apinya padam. Melakukan penimbangan cawan yang ditambahkan briket setelah pembakaran dengan rumus:

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{(a-c)-(b-c)}{t} \quad (2)$$

Keterangan: a = massa briket sebelum pembakaran + cawan (gr), b = massa briket setelah pembakaran + cawan (gr), c = massa cawan (gr), t = waktu yang dibutuhkan selama pembakaran (s)

HASIL DAN DISKUSI

Karbonisasi (Pengarangan)

Karbonisasi merupakan suatu proses konversi dari zah organic ke dalam karbon dalam proses pengarangan berkarbon [21]. Karbonisasi ini dilakukan dengan membakar kulit buah kakao, kulit biji kakao, kulit buah kopi, dan kulit biji kopi untuk menghilangkan kadar air dan material lain yang terkandung dalam limbah kopi dan kakao. Selain itu, proses karbonisasi ini dilakukan untuk memperoleh arang sebagai produk utama briket. Proses karbonisasi dibantu menggunakan gas LPG. Pada saat proses karbonisasi berlangsung, bahan baku diaduk

secara merata menggunakan spatula secara terus menerus untuk mendapatkan hasil arang yang bagus dan menghindari terjadinya abu. Proses pengarang telah selesai ditandai dengan tidak ada lagi asap yang keluar. Dari

proses pengarangan atau karbonisasi diperoleh data hasil waktu yang dibutuhkan selama proses pembuatan arang yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karbonisasi briket

Jenis Bahan Baku	Lama proses pengarangan terbentuk (s)	Massa Bahan Baku (gr)		
		Sebelum karbonisasi	Setelah karbonisasi	Selisih
Kulit Buah Kakao	± 35 menit	372,9	155,8	217,1
Kulit Biji Kakao	± 17 menit	236,4	224,8	11,6
Kulit Buah Kopi	± 20 menit	181,5	161,2	20,3
Kulit Biji Kopi	± 29 menit	346,5	229,5	117

Berdasarkan data Tabel 1, limbah kopi dan kakao terbentuk arang dalam waktu yang berbeda-beda. Lamanya proses terbentuknya arang dipengaruhi oleh jumlah atau volume bahan, ukuran parsial bahan, kerapatan bahan, tingkat kekeringan bahan, jumlah oksigen yang masuk, dan asap yang keluar dari ruang pembakaran. Waktu karbonisasi terlama yaitu bahan baku kulit buah kakao ±35 menit. Hal ini dikarenakan massa bahan baku kulit buah kakao lebih banyak (372,9 gr), dan ukuran volume bahan lebih besar dibandingkan bahan baku lainnya. Sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk proses pengarangan agar arang yang dihasilkan lebih seragam dan merata. Sedangkan, waktu karbonisasi tercepat adalah kulit biji kakao ±17 menit. Sebenarnya kulit biji kakao memiliki tekstur basah dan berlendir. Namun pada penelitian ini digunakan kulit biji kakao yang telah disangrai (saat pemisahan keping biji dengan

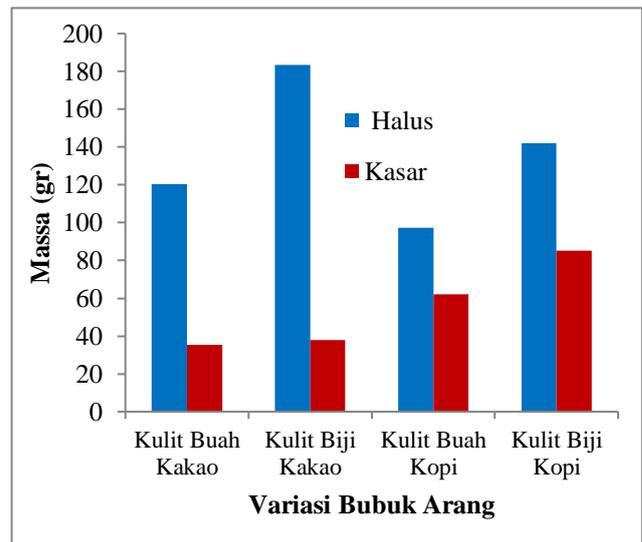
kulitnya) oleh mesin pabrik. Sehingga kulit biji kakao yang digunakan sudah sangat kering dan pada saat proses pirolisis, kulit biji kakao cepat menjadi arang.

Penurunan atau selisih massa tertinggi juga terjadi pada bahan baku kulit buah kakao yakni 217,1 gr, hal tersebut karena kadar air yang terkandung di dalamnya cukup tinggi dan waktu karbonisasi yang dibutuhkan lebih lama dibandingkan bahan baku yang lain, sehingga banyak kadar air yang menguap dan menyebabkan massa yang dihasilkan setelah karbonisasi turun drastis dari massa awal [22]. Dan selisih massa yang paling rendah yakni pada kulit biji kakao 11,6 gr, karena kulit yang digunakan sudah kering dan memiliki kadar air yang rendah. Berkaitan dengan waktu

yang dibutuhkan pada proses pengarang cukup cepat, sehingga kadar air yang menguap tidak banyak dan mengakibatkan selisih penurunan massa setelah proses karbonisasi hasilnya rendah.

Pengecilan Ukuran Arang

Proses ini dilakukan setelah arang diproduksi dari proses karbonisasi. Arang ditempatkan pada baskom kemudian ditumbuk sampai halus menggunakan palu. Butiran serbuk arang halus kemudian diayak menggunakan ayakan sederhana yaitu ayakan tepung yang setara dengan ukuran 30 mesh bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya bahan yang telah ditumbuk. Hasil pengecilan ukuran arang diketahui bahwa terdapat dua hasil dari proses pengayakan, yakni bubuk arang halus dan bubuk arang kasar. Bubuk arang halus artinya bubuk yang lolos tersaring dengan ayakan tepung 30 mesh, sedangkan yang tidak lolos tersaring dikategorikan bubuk arang kasar. Ukuran serbuk dapat mempengaruhi ketahanan dan kerapatan briket. Semakin halus partikelnya, semakin baik briket yang dihasilkan karena kerapatannya meningkat dan tidak mudah hancur. Jika ukuran partikelnya terlalu besar, maka akan menyulitkan pada proses perekatan dan mengurangi keteguhan pada briket yang dihasilkan. Massa arang halus dan kasar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Massa arang pada limbah kakao dan kopi

Berdasarkan Gambar 2. massa serbuk halus dari kulit buah kakao (120,3 gr) lebih tinggi dibandingkan massa serbuk halus kulit buah kopi (97,3 gr) dan serbuk halus dari kulit biji kakao (183,5 gr) juga lebih tinggi dibandingkan massa serbuk halus kulit biji kopi (142,1 gr). Hal ini disebabkan dari hasil proses karbonisasi, arang kulit buah kakao dan arang kulit biji kakao lebih mudah hancur ketika ditumbuk. Sehingga massa hasil serbuk kasar pada arang kulit buah kopi (62,2 gr) dan kulit biji kopi (85,3 gr) lebih banyak dibandingkan serbuk kasar arang kulit buah kakao (35,4 gr) dan kulit biji kakao (38,0 gr).

Pencetakan dan Pengepresan Briket

Melakukan pencetakan briket setelah bahan tercampur rata. Tahap pencetakan briket dilakukan dengan cara memberikan tekanan menggunakan alat kempa. Pada praktikum kali ini digunakan pipa sebagai

cetakan, dengan diameter $\pm 5,5$ cm dan tinggi $\pm 2,5$ cm, kemudian di press dengan alat pres sederhana yaitu bagian bawah botol beling yang berbentuk silinder sebagai alat kempa, dan tatakan sebagai alasnya. Kekuatan rekat dipengaruhi oleh sifat dari jenis perekat, alat yang digunakan, dan teknik perawatannya. Pemberian tekanan pada briket akan menyebabkan pemadatan atau pengecilan volume briket. Apabila semakin tinggi tekanan yang diberikan, maka akan menghasilkan briket dengan kerapatan dan juga kekokohan tekan yang semakin tinggi juga.

Besarnya tekanan pengepresan atau pengempaan berpengaruh terhadap densitas dan porositas briket yang dihasilkan dan berpengaruh terhadap efisiensi pembakaran briket sebagai bahan bakar. Pengempaan dengan tekanan tinggi tidak selalu menghasilkan mutu briket yang lebih baik karena dapat menurunkan efisiensi pembakaran, dan menyulitkan dalam penggunaannya. Proses pengempaan ini mudah dilakukan dan tidak membutuhkan biaya yang mahal, namun metode ini memiliki kekurangan yakni nilai tekan yang diberikan antar briket berbeda-beda karena tidak ada pengaturan tekanan seperti mesin press hidrolik pada umumnya. Sehingga mempengaruhi hasil densitas/kerapatan setiap briket. Hasil pencetakan dan pengepresan briket pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis briket yang dihasilkan

Jenis Bahan Baku	Jenis Briket	
	Halus	Kasar
Kulit Buah Kakao	4	1
Kulit Biji Kakao	4	1
Kulit Buah Kopi	3	2
Kulit Biji Kopi	4	3

Berdasarkan Tabel. 2 yang menyatakan jumlah briket yang dihasilkan dari masing masing bahan baku, hal ini sesuai dan berkaitan dengan hasil pengayakan serbuk arang pada Tabel 2. Briket halus yang dihasilkan bahan baku limbah kulit buah kakao (4 briket) dan kulit biji kakao (4 briket) lebih banyak dibandingkan bahan baku limbah kulit buah kopi (3 briket) dan kulit biji kopi (4 briket). Dan hasil briket kasar dari limbah kulit buah kopi (2 briket) dan kulit biji kopi (3 briket) lebih banyak dibandingkan hasil briket kasar dari limbah kulit buah kakao (1 briket) dan kulit biji kakao (1 briket).

Karakteristik Briket dari Limbah Kopi dan Kakao

Pembuatan briket pada penelitian ini adalah limbah kulit buah kakao, kulit biji kakao, kulit buah kopi dan kulit biji kopi. Masing-masing limbah kopi dan kakao memiliki karakteristik yang berbeda. Analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi kualitas briket dari limbah kopi dan kakao adalah kadar air, densitas, laju pembakaran,

dan kadar abu. Secara detail, Analisa karakteristik briket sebagai berikut:

a. Kadar Air pada briket

Pengaruh kadar air pada briket sangat penting. Kadar air dapat mempengaruhi kualitas briket diantaranya: 1) menurunkan nilai kalor karena kandungan oksigen dalam briket rendah. 2) menimbulkan asap yang cukup banyak. Munculnya asap dikarenakan briket mengalami pembakaran yang tidak sempurna. Kadar oksigen didalam briket rendah sehingga menimbulkan asap ketika dibakar. 3) menyebabkan briket sulit dinyalakan karena kalor yang terdapat pada briket digunakan untuk menguapkan air. Kadar air pada briket dipicu oleh proses karbonisasi/pengarangan dan proses penjemuran yang kurang maksimal. Jika proses karbonisasi berjalan sempurna maka kadar air pada briket akan mengalami penurunan. kadar air briket berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 8%. Pada penelitian ini telah dilakukan perbandingan antara kadar air bahan baku dan kadar air briket. Hasil Analisa kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar air briket

Jenis limbah	Kadar Air Bahan Baku (%)	Kadar Air Briket (%)
Kulit Buah Kakao	11,3	5,1
Kulit Biji Kakao	3,9	3,9
Kulit Buah Kopi	9,5	4,6
Kulit Biji Kopi	10,02	2,9

Berdasarkan tabel diatas, bahan baku yang memiliki kadar air paling tinggi adalah limbah kulit buat kakao 11,3%. Sedangkan kadar air pada limbah kulit biji kopi adalah 10,02%, kulit buah kopi 9,5%, dan kulit biji kakao 3,9%. Kadar air kulit buat kakao paling tinggi dikarenakan ukuran volume permukaan bahan cukup besar dibandingkan bahan baku lainnya. Sedangkan kadar air terendah pada bahan baku kulit biji kakao dikarenakan limbah kulit biji kakao telah melalui proses pengeringan pada saat pemisahan biji kakao di Pabrik. Sehingga kadar air pada kulit biji kakao sudah menguap terlebih dahulu.

Briket yang telah dihasilkan dari proses penelitian memiliki kadar air yang berbeda. Hasil pengujian kadar air briket memiliki kadar air sesuai SNI yakni $\leq 8\%$. Nilai kadar air briket dari masing-masing bahan baku diperoleh di bawah 8%. Kadar air briket dari limbah kulit buat kakao berkisar 5,1%, kulit biji kakao 3,9, kulit buah kopi 4,6%, dan kulit biji kopi 2,9%. Kadar air pada briket dipengaruhi oleh proses karbonisasi dan kadar air yang terdapat pada perekat. Semakin tinggi konsentrasi perekat, maka kadar airnya semakin tinggi. kadar air yang terkandung dalam perekat akan masuk dan terikat ke dalam pori arang dan menyebabkan briket mempunyai kerapatan yang semakin tinggi sehingga pori – pori briket semakin kecil. Pada saat dikeringkan, air yang terperangkap di pori sukar menguap.

b. Densitas

Densitas merupakan tingkat kerapatan suatu bahan bakar yang telah mengalami tekanan. Densitas diperoleh dari perbandingan antara massa dan volume bahan. Pada penelitian ini, densitas bahan baku dan densitas briket telah dihitung. Perbedaan densitas pada briket mempengaruhi kuat tekan dan daya bakar [23], [24]. Hasil pengujian densitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian densitas briket

Jenis limbah	Densitas Bahan Baku (ρ) (gr/cm^3)	Densitas Briket (ρ) (gr/cm^3)
Kulit Buah Kakao	0,216	0,67
Kulit Biji Kakao	0,247	0,44
Kulit Buah Kopi	0,162	0,73
Kulit Biji Kopi	0,243	0,47

Tabel menunjukkan bahwa densitas bahan baku dari limbah kulit buah kopi memiliki nilai terendah dibandingkan bahan baku lain yakni $0,162 \text{ gr/cm}^3$. Nilai densitas bahan baku berbanding tebalik dengan nilai kadar air briket yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa densitas tidak memiliki pengaruh nyata pada kadar air. pengujian densitas/kerapatan briket, nilai densitas semua jenis briket sesuai SNI yakni $\geq 0,44 \text{ gr/cm}^3$. Briket kulit buah kopi halus memiliki nilai densitas tertinggi yaitu $0,75 \text{ gr/cm}^3$ dibandingkan briket lainnya. Sedangkan nilai densitas terendah terdapat pada briket kulit biji kakao halus $0,44 \text{ gr/cm}^3$ namun masih

memenuhi SNI. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua jenis briket memiliki mutu yang baik karena memenuhi SNI.

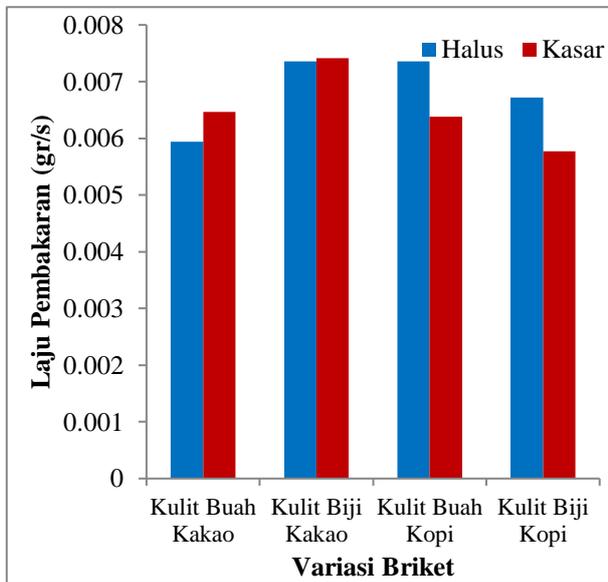
c. Laju pembakaran

Pembakaran adalah suatu reaksi atau perubahan kimia pada bahan yang terbakar dan bereaksi dengan oksigen. Proses pembakaran berhubungan dengan kadar air, densitas, dan kadar abu [25]. Kadar air briket yang tinggi dapat menyulitkan penyalaan briket. Semakin besar laju pembakaran yang dihasilkan, maka waktu nyala briket semakin cepat, dan briket akan cepat habis terbakar. Sebaliknya, jika semakin lama waktu pembakaran yang dibutuhkan, semakin baik pula kualitas briket [26].

Mengenai densitas/kerapatan, briket yang terlalu padat juga akan sulit terbakar, namun jika briket kurang padat akan mengakibatkan terurainya briket pada saat pembakaran (rontok) dan menimbulkan kesan tidak bersih. Untuk mempertahankan nyala bara api saat pembakaran dibutuhkan oksigen. Pori-pori pada briket akan memberi ruang untuk jalan masuknya oksigen, sehingga proses pembakarannya berjalan dengan baik. Sedangkan, jika konsentrasi briket terlalu banyak dapat menutup pori-pori yang ada pada briket dan akhirnya menyulitkan penyalaan bahan bakar briket.

Kadar abu pada briket juga berpengaruh pada laju pembakaran. Pada saat pembakaran, jika terjadi rendahnya transfer

panas ke bagian dalam briket dan difusi oksigen ke permukaan briket, maka kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini mengakibatkan emisi debu yang menyebabkan polusi udara. Laju pembakaran briket dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Laju pembakaran briket

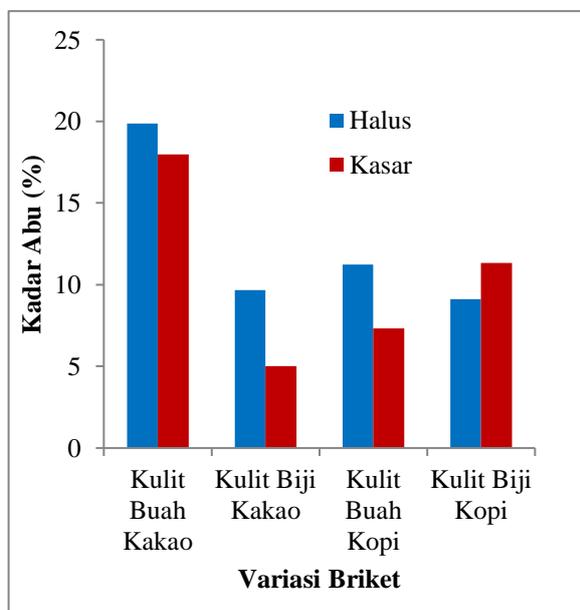
Pada saat proses pembakaran, masing – masing briket diberi spirtus sebanyak 5 ml sebagai pemicu nyala api. Semua jenis briket dinyalakan satu persatu menggunakan korek. Api yang dihasilkan semua jenis briket berwarna biru, kecuali briket kulit biji kopi kasar menghasilkan nyala api berwarna merah muda. Artinya briket dengan nyala api biru memiliki suhu yang paling panas dan nyala api warna merah muda bersuhu lebih rendah daripada nyala api biru. Masing – masing nyala api pada briket hanya bertahan ± 60 detik. Kemudian api padam dan hanya bara api yang menyala.

Berdasarkan hasil data dari pengujian pembakaran briket, bahwa briket kulit biji kakao mengalami laju pembakaran paling cepat. Hal berkaitan dengan nilai densitas pada briket kulit biji kakao lebih rendah dibanding briket lain. Nilai densitas yang rendah berarti ikatan antar molekul partikelnya rendah sehingga memiliki porositas atau rongga yang lebih banyak. Dan mengakibatkan laju pembakaran berlangsung cepat. Pada saat proses pembakaran, briket kulit biji kakao juga mengeluarkan banyak asap secara terus menerus selama bara api masih menyala. Berkaitan dengan nilai kadar air dan densitas briket kulit biji kakao memang tinggi, sehingga menimbulkan asap yang banyak dari penguapan kadar air yang ada dalam briket tersebut.

d. Kadar Abu

Abu merupakan bagian yang tersisa dari proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon lagi. Dalam proses pembakaran, bahan organik dalam briket akan terbakar. Namun, semua briket memiliki kandungan zat anorganik yang tertinggal pada saat pembakaran secara sempurna. Zat yang tertinggal tersebut dinamakan abu. Abu yang terkandung dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tak dapat terbakar atau tidak bisa lagi menghasilkan kalor dan tertinggal setelah proses pembakaran. Abu juga tidak dapat diubah menjadi fasa gas atau cair.

Kadar abu ditentukan dengan cara menimbang residu (sisa) pembakaran sempurna. Kadar abu berhubungan dengan pemberian perekat pada briket. Semakin tinggi kadar perekat, semakin tinggi pula kadar abu yang dihasilkan karena penambahan abu dari perekat yang digunakan. Sebaliknya, semakin sedikit abu yang dihasilkan, semakin baik nilai kalor dan kualitas dari bahan bakar tersebut. Kadar abu briket arang berdasarkan SNI 01-6235-2000 adalah maksimal 8%. Kadar abu briket dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar abu briket limbah kopi dan kakao

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pengujian kadar abu briket, terlihat bahwa kadar abu dari briket kulit buah kakao sangat tinggi dan sangat tidak sesuai dengan SNI. Hal ini menandakan mutu pada briket kulit buah kakao kurang bagus. Untuk nilai kadar abu kulit biji kakao sangat rendah,

karena terjadi banyak penguapan pada proses pembakaran. Namun kadar abu dari briket kulit biji kakao, kulit buah kopi, dan kulit biji kopi tidak terlalu jauh nilainya dengan SNI yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, proses pembuatan briket dari limbah kulit kopi dan kakao melibatkan tahapan karbonisasi, pengecilan ukuran arang, pencetakan, dan pengepresan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit buah kakao memerlukan waktu karbonisasi terlama, sementara kulit biji kakao memiliki waktu tercepat. Pengecilan ukuran arang menghasilkan serbuk halus dan kasar, dengan kulit buah kakao dan biji kakao cenderung menghasilkan lebih banyak serbuk halus. Proses pencetakan menggunakan alat kempa sederhana memengaruhi jumlah briket yang dihasilkan, dan briket kulit buah kakao dan biji kakao halus lebih banyak dibandingkan dengan briket kulit buah kopi dan biji kopi. Analisis karakteristik briket mencakup kadar air, densitas, laju pembakaran, dan kadar abu. Meskipun briket kulit buah kakao memiliki kadar abu tinggi, briket kulit biji kakao menunjukkan laju pembakaran tertinggi. Keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pembuatan briket dari limbah kopi dan kakao dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk pengelolaan limbah dan penyediaan energi alternatif dengan memperhatikan parameter-

parameter kualitas yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Kopi Kakao Internatioanl, Jurusan Teknologi Agroindustri Universitas Darussalam Gontor dan Universitas Karangturi Semarang yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ajimoto, H. A., Ehindero, A. O., Ajao, K. S., Adeleke, A. A., Ikubanni, P. P., & Shuaib-Babata, Y. L. (2019). Combustion characteristics of fuel briquettes made from charcoal particles and sawdust agglomerates. *Scientific African*, 6, e00202. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00202>

Ben-Iwo, J., Manovic, V., & Longhurst, P. (2016). Biomass resources and biofuels potential for the production of transportation fuels in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 172–192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.050>

Bonilla-Hermosa, V. A., Duarte, W. F., & Schwan, R. F. (2014). Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. *Bioresource*

Technology, 166, 142–150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.031>

Diaz-Montaño, D. M. (2022). Valorization of Biomass as a Raw Material to Obtain Products of Industrial Interest. In M. Samer (Ed.), *Biomass, Biorefineries and Bioeconomy* (p. Ch. 11). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104108>

Ekpeni, L. E. N., Benyounis, K. Y., Nkem-Ekpeni, F., Stokes, J., & Olabi, A. G. (2014). Energy Diversity through Renewable Energy Source (RES) – A Case Study of Biomass. *Energy Procedia*, 61, 1740–1747. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.202>

Hamzah, F., Fajri, A., Harun, N., & Pramana, A. (2023). Characterization of charcoal briquettes made from rubber rods and coconut shells with tapioca as an adhesive. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1182(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1182/1/012071>

Handayani, H. E., Ningsih, Y. B., & Meriansyah, M. S. (2019). Effects of carbonization duration on the characteristics of bio-coal briquettes (coal and cane waste). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 478(1), 12027. <https://doi.org/10.1088/1757->

- 899X/478/1/012027
- Islam, H., Hossain, M., & Momin, A. (2014). *Development of Briquette from Coir Dust and Rice Husk Blend: An Alternative Energy Source*. 3(July), 119–123.
<https://doi.org/10.14710/ijred.3.2.119-123>
- Jamilatun, S., Pitoyo, J., Amelia, S., Ma'arif, A., Hakika, D. C., & Mufandi, I. (2022). Experimental Study on The Characterization of Pyrolysis Products from Bagasse (*Saccharum Officinarum* L.): Bio-oil, Biochar, and Gas Products. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 7(3), 565–582.
<https://doi.org/10.17509/ijost.v7i3.51566>
- Kalak, T. (2023). Potential Use of Industrial Biomass Waste as a Sustainable Energy Source in the Future. In *Energies* (Vol. 16, Issue 4).
<https://doi.org/10.3390/en16041783>
- Kebede, T., Berhe, D. T., & Zergaw, Y. (2022). Combustion Characteristics of Briquette Fuel Produced from Biomass Residues and Binding Materials. *Journal of Energy*, 2022, 4222205.
<https://doi.org/10.1155/2022/4222205>
- Khoirul, A., Mardawati, E., & Ardiansyah, I. (2020). Pemanfaatan Limbah Kernel Kelapa Sawit Dan Tempurung Kelapa Menjadi Biobriket Menggunakan Pati Sebagai Perekat. *Biomass, Biorefinery, and Bioeconomy*, 1(1), 26–35.
<http://jurnal.unpad.ac.id/justin>
- Kpalo, S. Y., Zainuddin, M. F., Manaf, L. A., & Roslan, A. M. (2020). Production and Characterization of Hybrid Briquettes from Corncobs and Oil Palm Trunk Bark under a Low Pressure Densification Technique. In *Sustainability* (Vol. 12, Issue 6).
<https://doi.org/10.3390/su12062468>
- Moeksin, R., Ade Anggara Pratama, K., & Tyani, D. R. (2017). Pembuatan Briket Biorang Dari Campuran Limbah Tempurung Kelapa Sawit Dan Cangkang Biji Karet. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3), 146–156.
- Murthy, P. S., & Madhava Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45–58.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Nazari, M. M., Idroas, M. Y., & Ayuni, F. A. (2020). Carbonization effect on EFB briquettes prepared with different type of binders. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 476(1), 12072.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/476/1/012072>
- Norhikmah, Noor Mirad Sari, dan M. F. M. (2021). The Effect of Tapioca Adhesive Percentage on The Characteristics of

- Coconut Charcoal Brickets. *Jurnal Sylva Scientiae*, 04(2), 324–333.
- Okot, D. K., Bilsborrow, P. E., & Phan, A. N. (2018). Effects of operating parameters on maize COB briquette quality. *Biomass and Bioenergy*, 112, 61–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.02.015>
- Patabang, D. (2012). KARAKTERISTIK TERMAL BRIKET ARANG SEKAM PADI. *Jurnal Mekanikal*, 3(2), 286–292.
- Ridjayanti, S. M., Bazenet, R. A., Hidayat, W., Banuwa, I. S., & Riniarti, M. (2021). The Influence of Adhesive Content Variation on the Characteristics of Sengon (*Falcatataria moluccana*) Wood Charcoal Briquettes. *Perennial*, 17(1), 5–11.
- Rudiyanto, B., Rida, I., Ulma, Z., Ari, D., & Hijiriawan, M. (2023). Utilization of Cassava Peel (*Manihot utilissima*) Waste as an Adhesive in the Manufacture of Coconut Shell (*Cocos nucifera*) Charcoal Briquettes. *International Journal of Renewable Energy Development*, 12(2), 270–276.
- Saeed, A. A., Yub Harun, N., Bilad, M. R., Afzal, M. T., Parvez, A. M., Roslan, F. A., Abdul Rahim, S., Vinayagam, V. D., & Afolabi, H. K. (2021). Moisture Content Impact on Properties of Briquette Produced from Rice Husk Waste. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/su13063069>
- Sun, B., Yu, J., Tahmasebi, A., & Han, Y. (2014). An experimental study on binderless briquetting of Chinese lignite: Effects of briquetting conditions. *Fuel Processing Technology*, 124, 243–248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.03.013>
- Wasakorn Treedet, Ratchaphon Suntivarakorn, Ilham Mufandi, P. S. (2021). Improvement of Bio-oil Production System by Using Spray Condenser-Investigation of Yields, Properties, and Production Cost. *BioEnergy Research*.
- Yilmaz, S., & Selim, H. (2013). A review on the methods for biomass to energy conversion systems design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 420–430. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.015>
- Zinla, D., Gbaha, P., Koffi, P. M. E., & Koua, B. K. (2021). Characterization of rice, coffee and cocoa crops residues as fuel of thermal power plant in Côte d’Ivoire. *Fuel*, 283, 119250. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119250>
- Food Policy Research Institute (IFPRI).