

## Analisis Energi Pelet Biomassa Berbahan Baku Ampas Kopi Dengan Perekat Bubur Kertas

Muhamad Hafiz<sup>1\*</sup>, Ismail<sup>1</sup>, Erlanda Augupta Pane<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, DKI Jakarta, 12640, Indonesia

\*Email Corresponding Author: m.hafiz081000@gmail.com

### ABSTRAK

Limbah ampas kopi masih menjadi permasalahan di kedai kopi sampai dengan saat ini. Jumlah persentase limbah ampas kopi dapat diturunkan dengan mengolah limbah kopi menjadi pelet biomassa. Pelet biomassa merupakan hasil bahan padatan biomassa yang dicampur dengan bahan perekat melalui proses pemadatan sehingga dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif untuk kegiatan sehari-hari. Pemanfaatan pelet biomassa sebagai bahan bakar alternatif mampu mengurangi dampak emisi karbon bahan bakar fosil. Kualitas pelet biomassa dapat diukur dengan menggunakan pengujian proksimat dan pengujian mampu bakar di kompor biomassa dalam kegiatan eksperimen. Komposisi bahan baku uji eksperimen dibagi ke dalam empat komposisi yang terdiri dari komposisi pertama (50% ampas kopi, dan 50% perekat bubuk kertas), komposisi kedua (53% ampas kopi, dan 47% perekat bubuk kertas), komposisi ketiga (55% ampas kopi, dan 45% perekat bubuk kertas), dan komposisi keempat (57% ampas kopi, dan 43% perekat bubuk kertas). Hasil pengujian eksperimen menjelaskan bahwa komposisi keempat menjadi komposisi optimal sebagai pelet biomassa. Karakteristik pelet biomassa tersebut memiliki tingkat kadar air sebesar 9.89%, kadar abu sebesar 2.18%, *volatile matter* sebesar 73.12%, *fixed carbon* sebesar 14.81%, nilai kalor sebesar 4396 cal/g, suhu pembakaran optimal sebesar 763°C, dan waktu nyala api sebesar 1407 detik.

**Kata kunci:** Ampas Kopi; Biomassa; Bubur Kertas; Nilai Kalor; Pelet

### ABSTRACT

*Coffee waste is still a problem in coffee shops today. However, the percentage of coffee grounds waste can be reduced by processing coffee waste into biomass pellets. Biomass pellets result from solid biomass mixed with adhesive materials through a compaction process so that they can be used as an alternative fuel source for daily activities. Using biomass pellets as an alternative fuel can reduce the impact of fossil fuel carbon emissions. The quality of biomass pellets can be measured using proximate testing and combustibility testing in biomass stoves in experimental activities. The composition of raw materials for the experimental test was divided into four compositions consisting of the first composition (50% coffee waste, and 50% paper pulp), the second composition (53% coffee waste, and 47% paper pulp), the third composition (55% coffee waste, and 45% paper pulp), and the fourth composition (57% coffee waste, and 43% paper pulp). The results explained that the fourth composition was the optimal composition as a biomass pellet. The characteristics of the biomass pellets have a water content of 9.89%, ash content of 2.18%, volatile matter of 73.12%, fixed carbon of 14.81%, calorific value of 4396 cal/g, optimal combustion temperature of 763°C, and flame time of 1407 seconds.*

**Keywords:** Biomass; Coffee Waste; Heating Value; Pellets; Paper Pulp

### PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi dan jumlah penduduk yang terus bertambah mempengaruhi peningkatan pemanfaatan bahan bakar fosil sebagai sumber energi komersial yang menyebabkan semakin berkurangnya ketersediaan cadangan bahan bakar fosil hingga saat ini [1]. Rata-rata pemanfaatan bahan bakar fosil yang digunakan terdiri dari 48% pemanfaatan gas alam, 30% pemanfaatan minyak bumi, dan 18% pemanfaatan batu bara dengan tujuan untuk pemenuhan energi pada kegiatan masyarakat sehari-hari [2], yang mana hal ini akan terus meningkat hingga mencapai rata-rata persentase

pemanfaatan bahan bakar fosil sebesar 78% di tahun 2040 [3]. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari biomassa menjadi salah satu solusi dalam pengembangan pemanfaatan sumber energi alternatif pengganti sumber energi komersial yang telah dimanfaatkan secara massif hingga saat ini, terlebih lagi pemanfaatan sumber energi terbarukan di Indonesia masih berada disekitaran 0.2% dari total bauran energi di Indonesia [4]. Salah satu cara pengembangan pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi alternatif adalah dengan memanfaatkan hasil biomassa ke dalam bentuk produk pelet. Produk pelet merupakan produk bahan bakar dalam bentuk padatan yang bersumber dari biomassa, yang diketahui secara

global pemanfaatannya telah mencapai 25.6 juta ton pada tahun 2015, dan sebesar 16.5 juta ton pada tahun 2016 [5]. Proses produksi pelet biomassa merupakan salah satu langkah strategi untuk menurunkan persentase kerugian karakteristik biomassa yang baku antara lain fraksi kadar air yang tinggi, ukuran potongan biomassa yang tidak beraturan, dan struktur pori permukaan biomassa yang tidak beraturan [6]. Pemanfaatan biomassa dalam bentuk produk pelet tersendiri juga dapat memberikan keuntungan antara lain kadar air produk yang rendah, energi densitas produk meningkat, bentuk dan ukuran yang konsisten sehingga dapat mempengaruhi penurunan biaya produksi dan distribusi bahan bakar pelet [6,7].

Jenis biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pelet umumnya berasal dari limbah pertanian, limbah perkebunan, limbah perternakan, dan limbah padatan perkotaan (*municipal solid waste*) [8]. Salah satu limbah padatan perkotaan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pelet adalah limbah ampas kopi. Produksi limbah ampas kopi memiliki kaitan dengan peningkatan jumlah konsumsi minuman kopi yang semakin meningkat setiap tahunnya, dimana pada edisi empat tahun terakhir diketahui bahwa konsumsi kopi pada tahun 2017 sebesar 4.750.000 kantung ukuran 60 kg meningkat menjadi 5.000.000 kantung ukuran 60 kg pada tahun 2020 atau peningkatan persentasenya sebesar 5.3% dari total konsumsi kopi, dan *trend* ini akan terus berlanjut sampai dengan tahun 2036-2037 [9].

Peningkatan konsumsi kopi tersebut berdampak terhadap peningkatan hasil ampas kopi sebagai produk sampingan dalam bentuk residu padat dari proses produksi minuman kopi. Saat ini, proses produksi minuman kopi telah mencapai 720-ton liter minuman kopi dan mampu menghasilkan produk sampingan berupa limbah ampas kopi mencapai 324-ton kg atau persentasenya sebesar 45% dari total produksi minuman kopi [10]. Hasil ampas kopi tersebut merupakan limbah yang kurang dimanfaatkan dan dibuang ke tempat pembuangan sampah tanpa adanya proses lanjut untuk dimanfaatkan dalam bentuk lain. Perlu diketahui bahwa ampas kopi masih memiliki persentase kadar karbon yang tinggi yakni sebesar 45%-55%; nitrogen sebesar 1.5%-2.5%, karbohidrat sebesar 20%-25%, asam organik sebesar 1%-2%, dan kafein sebesar 0.5%-1% [11]. Sehingga dengan karakteristik dan kondisi ampas kopi yang tidak termanfaatkan tersebut, maka penelitian ini menggunakan ampas kopi sebagai sumber energi alternatif dalam bentuk produk pelet. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis karakteristik energi yang dihasilkan dari pelet ampas kopi, dan menganalisis komposisi

campuran antara limbah ampas kopi dengan bubur kertas yang optimum dalam menghasilkan produk pelet ampas kopi yang berkualitas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pembuatan dan pengujian karakteristik produk pelet ampas kopi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan limbah ampas kopi sebagai bahan baku biomassa dan limbah kertas yang dibentuk menjadi bubur kertas sebagai bahan perekat pelet. Kedua bahan tersebut dicampurkan dalam bentuk satu adonan bahan baku dan dibagi ke dalam empat jenis komposisi bahan uji eksperimental yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Komposisi Bahan Uji Eksperimental Pelet Ampas Kopi

Komposisi Ke-	Jumlah Bahan
A	50 % ampas kopi; 50% bubur perekat
B	53 % ampas kopi; 47% bubur perekat
C	55% ampas kopi; 45% bubur perekat
D	57% ampas kopi; 43% bubur perekat

Metode eksperimen penelitian ini menggunakan analisis karakteristik pelet ampas kopi yang terdiri dari analisis kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, nilai kalor, titik suhu optimal pembakaran, dan waktu nyala api pada keempat jenis komposisi bahan pelet ampas kopi tersebut. Kegiatan eksperimen dilakukan di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Tahapan pembuatan pelet ampas kopi dilakukan dengan mengumpulkan bahan baku berupa ampas kopi, dan limbah kertas. Proses pengumpulan limbah ampas kopi dan limbah kertas berasal dari sejumlah kedai kopi UKM. Selanjutnya, proses pembuatan pelet ampas kopi dibagi ke dalam lima tahapan antara lain pembuatan bahan perekat dari limbah kertas, penggilingan bahan baku, pencampuran bahan ampas kopi dan bubur kertas, serta pencetakan produk pelet ampas kopi. Keempat tahapan tersebut dijelaskan secara detail sebagai berikut.

### 2.1 Pembuatan Bahan Perekat

Bahan limbah kertas yang telah dikumpulkan sebelumnya kemudian dijadikan sebagai bubur kertas terlebih dahulu. Bahan limbah kertas ditimbang dengan massa mencapai 380-gram dan kemudian dicampur dengan air sebanyak 100 ml

serta digiling dengan menggunakan *blender*. Setelah itu, bahan kemudian dipanaskan hingga mencapai adonan kental seperti lem perekat.

## 2.2 Penggilingan Bahan Baku

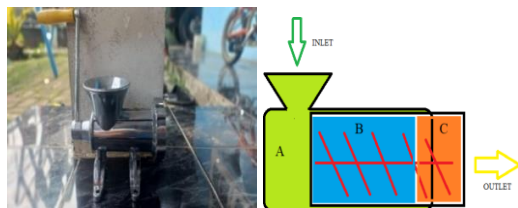
Bahan baku berupa ampas kopi yang dikumpulkan digiling dengan menggunakan *blender* sehingga menjadi sebuah partikel kecil yang dimaksudkan agar pada nantinya saat dicampur dengan bahan perekat dapat menciptakan bahan pelet yang bersifat homogen dan memiliki tingkat kerapatan bahan yang sangat tinggi, dan kadar air yang rendah. Rata-rata pelet memiliki tingkat kerapatan antara  $0.5 \text{ g/cm}^3 - 0.8 \text{ g/cm}^3$  sesuai dengan Standar SNI 8021:2014 dan SNI 9125:2022 [12], dan rata-rata kadar air pelet umumnya sebesar 8-10% w.b. [13].

## 2.3 Pencampuran Bahan

Limbah ampas kopi dan bubuk kertas yang telah siap, kemudian dicampur menjadi empat komposisi. Komposisi pertama (A) menggunakan persentase ampas kopi sebesar 50% dan persentase perekat bubuk kertas sebesar 50%. Komposisi kedua (B) menggunakan persentase ampas kopi sebesar 53% dan persentase perekat bubuk kertas sebesar 47%. Komposisi ketiga (C) menggunakan persentase ampas kopi sebesar 55% dan persentase perekat bubuk kertas sebesar 45%, serta komposisi keempat (D) menggunakan persentase ampas kopi sebesar 57% dan persentase perekat bubuk kertas sebesar 43%.

## 2.4 Pencetakan Pelet Ampas Kopi

Proses pencetakan pelet ampas kopi menggunakan alat cetak sesuai dengan Gambar 1. Proses pencetakan dimulai dengan bahan baku dengan empat komposisi yang berbeda masing-masing dimasukkan ke dalam alat cetak briket melalui bagian saluran pengumpan (*feeding*) alat cetak yang ditandai dengan bagian warna hijau. Bahan baku pelet ampas kopi tersebut kemudian ditekan dengan tekanan sebesar 70 MPa selama 40-60 detik di bagian alat warna biru dan orange. Tekanan briket dan waktu pencetakan tersebut dapat memberikan daya tahan briket kayu yang sangat tinggi [14].



**Gambar 1** Alat Pencetak Pelet Manual

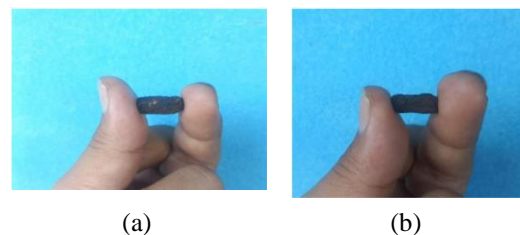
## 2.5 Pengeringan Pelet Ampas Kopi

Tahapan terakhir dalam proses pembuatan pelet ampas kopi yang sudah dicetak adalah dikeringkan di dalam oven selama 5400 detik pada suhu  $150^\circ\text{C}$ . Proses pengeringan pelet ini memiliki tujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada pelet ampas kopi.

Setelah tahapan pembuatan pelet ampas kopi, maka untuk tahapan selanjutnya adalah melakukan proses pengujian pada pelet ampas kopi. Proses pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai kalor, kadar air, dan kadar abu yang terdapat di dalam pelet ampas kopi. Pengujian nilai kalor dilakukan melalui metode laboratorium menggunakan *Bomb Calorimeter*. Analisis karakteristik pelet ampas kopi yakni analisis uji *proximate*, uji kadar air, dan uji kadar abu dilakukan di laboratorium BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional). Pengujian bahan bakar pelet di kompor biomassa dilakukan untuk mengamati suhu dan waktu lama nyala api. Sebagai tambahan, pengujian ini juga mencakup pemanasan air sebanyak 1000 gram sebagai bagian dari evaluasi performa pelet ampas kopi dalam aplikasi praktis pada kompor biomassa. Berdasarkan serangkaian hasil pengujian ini, diharapkan dapat diperoleh pelet ampas kopi yang memiliki nilai kalor tinggi dan efisiensi bahan bakar pelet yang optimal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan pelet ampas kopi dibagi ke dalam empat komposisi antara lain komposisi pertama (A) dengan persentase ampas kopi dan perekat bubuk kertas 50:50; komposisi kedua (b) dengan persentase ampas kopi dan perekat bubuk kertas 53:47; komposisi ketiga (C) dengan persentase ampas kopi dan perekat bubuk kertas 55:45 serta komposisi keempat (D) dengan persentase ampas kopi dan perekat bubuk kertas 57:43. Masing-masing komposisi pelet ampas kopi memiliki massa sebesar 400 gram dan akan diuji coba proses pembakarannya di kompor biomassa, yang mana dapat ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.





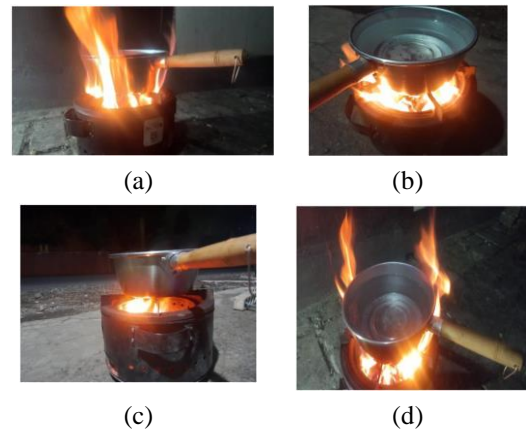
(c) (d)  
**Gambar 2** Tipe Keempat Komposisi Pelet Ampas Kopi (a) Komposisi Pertama; (b) Komposisi Kedua; (c) Komposisi Ketiga; (d) Komposisi Keempat



**Gambar 3** Kompor Biomassa

Pengujian pertama yang dilakukan adalah pembakaran pelet ampas kopi dengan menggunakan pelet ampas kopi komposisi pertama (A) pada kompor biomassa dengan pemanasan air 1 kg dengan massa pelet sebesar 400 gram. Pengujian pembakaran dilakukan dengan menggunakan pemantik api untuk membakar bahan bakar pelet ampas kopi. Parameter yang diujikan adalah suhu nyala api, waktu lama nyala api, dan temperatur air yang dipanaskan. Suhu nyala api yang didapatkan dari pelet ampas kopi yaitu 766°C dengan waktu lama nyala api sebesar 1407 detik, dan temperatur air yang dipanaskan sebesar 104°C.

Pengujian selanjutnya dilakukan pada pelet ampas kopi dengan komposisi kedua (B), dimana hasil yang didapatkan pada parameter suhu nyala api yakni sebesar 761°C, waktu lama nyala api sebesar 1317 detik, dan temperatur air yang dipanaskan sebesar 109°C. Pengujian pada ampas kopi dengan komposisi ketiga (C), dihasilkan parameter suhu nyala api sebesar 763°C dengan waktu lama nyala api sebesar 1369 detik, dan temperatur air yang dipanaskan sebesar 102°C. Komposisi keempat (D) pada pelet ampas kopi menghasilkan suhu nyala api sebesar 764°C dengan waktu lama nyala api sebesar 1365 detik, serta temperatur air yang dipanaskan sebesar 106°C. Hasil eksperimen pembakaran pelet ampas kopi dapat dilihat pada Gambar 3.



(a) (b)  
 (c) (d)  
**Gambar 3** Proses pembakaran pada pelet ampas kopi (a) komposisi pertama; (b) komposisi kedua; (c) komposisi ketiga, dan (d) komposisi keempat

Hasil proses pembakaran pelet ampas kopi tersebut kemudian dibandingkan dengan proses pembakaran dengan menggunakan gas LPG, dimana proses pemanasan air sebanyak 1 kg dengan gas LPG untuk mencapai suhu sebesar 100°C membutuhkan waktu selama 6000 detik, sedangkan dengan menggunakan pelet ampas kopi rata-rata membutuhkan waktu selama 820 detik.

Setelah melakukan pengujian pada suhu nyala api, dan lama waktu nyala api pelet ampas kopi, dilanjutkan dengan melakukan pengujian densitas pelet ampas kopi dari keempat komposisi. Perlu diketahui bahwa setelah menentukan massa dan volume dari keempat komposisi pelet ampas kopi tersebut yakni 400 gram dan 0.196 cm<sup>3</sup> secara berturut-turut. Hasil data densitas keempat komposisi pelet ampas kopi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

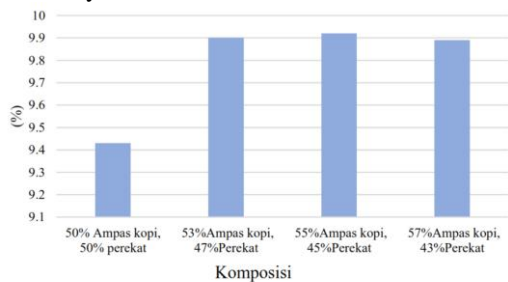
**Tabel 2** Pengujian Densitas Pelet Ampas Kopi

Komposisi Ke-	Massa Pelet (gr)	Densitas Pelet (gr/cm <sup>3</sup> )
A	0.25	1.275
B	0.22	1.224
C	0.26	1.326
D	0.27	1.377

Berdasarkan data Tabel 2 diketahui pelet ampas kopi pada komposisi keempat (D) memiliki nilai densitas yang tinggi sebesar 1.377 gr/cm<sup>3</sup> dibandingkan dengan densitas ketiga komposisi pelet ampas kopi lainnya yakni komposisi pertama (A) sebesar 1.275 gr/cm<sup>3</sup>, komposisi kedua (B) sebesar 1.224 gr/cm<sup>3</sup>, dan komposisi ketiga (C) sebesar 1.326 gr/cm<sup>3</sup>.

Pengujian kadar air pelet ampas kopi pada keempat komposisi merupakan langkah selanjutnya yakni dilakukan di laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Gambar 4.

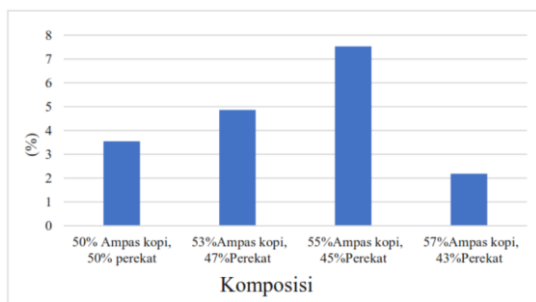
Hasil kadar air pelet ampas kopi tidak memenuhi syarat SNI 2365-2000 yang bernilai  $\leq 8\%$ , namun masih memenuhi standar pelet ampas kopi di Yunani yaitu antara  $10\% - 30\%$ .



**Gambar 4** Kadar air pelet ampas kopi

Nilai kadar air pada pelet ampas kopi Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa pelet ampas kopi dengan komposisi pertama (A) memiliki tingkat kadar air sebesar  $9.43\%$ , komposisi kedua (B) dengan tingkat kadar air sebesar  $9.90\%$ , komposisi ketiga (C) dengan tingkat kadar air sebesar  $9.92\%$ , dan komposisi keempat (D) dengan tingkat kadar air sebesar  $9.89\%$ . Kadar air pelet komposisi pertama (A) sangat kecil dibandingkan dengan ketiga komposisi lainnya, dikarenakan perekat bubuk kertas yang digunakan memiliki daya ikat air yang lebih rendah dibandingkan dengan ketiga komposisi yang lain. Komposisi kadar air pelet juga ditentukan oleh struktur selulosa yang dimiliki oleh sebuah material, dimana kadar selulosa yang rendah menyebabkan kemudahan suatu material untuk menyerap air. Berdasarkan Gambar 4 juga diketahui bahwa komposisi campuran ampas kopi yang semakin tinggi menyebabkan kadar air yang dihasilkan juga meningkat.

Pengujian kadar abu pelet ampas kopi pada keempat komposisi dilakukan di laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Hasil pengujian kadar abu pelet ampas kopi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil kadar abu pelet ampas kopi pada keempat komposisi tersebut memenuhi syarat SNI 2365-2000 yang bernilai  $\leq 8\%$ .

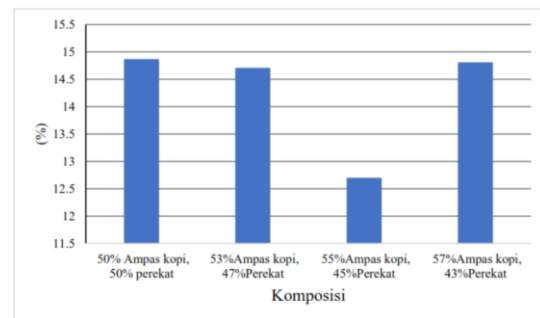


**Gambar 5** Kadar abu pelet ampas kopi

Berdasarkan data pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa kadar abu pelet ampas kopi pada

komposisi pertama (A) memiliki nilai sebesar  $3.54\%$ , komposisi kedua (B) memiliki nilai sebesar  $4.86\%$ , komposisi ketiga (C) sebesar  $7.52\%$ , dan komposisi keempat (D) sebesar  $2.18\%$ . Kadar abu merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi proses pembakaran, dimana tinggi rendahnya nilai kadar abu pada pelet ampas kopi dipengaruhi oleh senyawa anorganik yang terkandung dari bahan komposisi pelet, sehingga dapat diketahui bahwa pelet dengan komposisi ketiga (C) memiliki kandungan anorganik yang tinggi. Selain itu juga, diketahui bahwa dengan tambahan perekat bubuk kertas mampu membantu menurunkan kadar abu pelet hingga  $\leq 8\%$ .

Pengujian *fixed carbon* pelet ampas kopi pada keempat komposisi dilakukan di laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Hasil pengujian *fixed carbon* dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil kadar *fixed carbon* pelet ampas kopi pada keempat komposisi tidak dapat memenuhi syarat SNI 2365-2000 yang bernilai  $> 77\%$ .

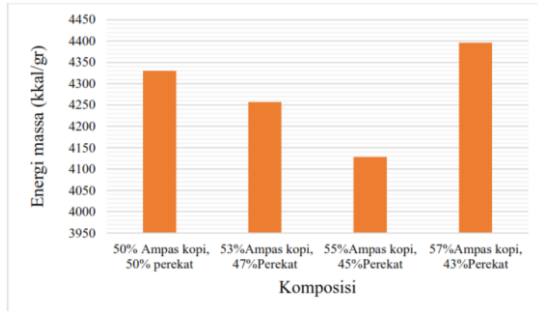


**Gambar 6** Kadar *fixed carbon* pelet ampas kopi

Berdasarkan data pada Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa kadar *fixed carbon* pelet ampas kopi komposisi pertama (A) memiliki nilai sebesar  $14.87\%$ , sedangkan pada komposisi kedua (B) memiliki kadar *fixed carbon* sebesar  $14.71\%$ , pada komposisi ketiga (C) memiliki kadar *fixed carbon* sebesar  $12.70\%$ , dan komposisi keempat (D) memiliki kadar *fixed carbon* sebesar  $14.81\%$ . Berdasarkan penjelasan tersebut, diketahui bahwa pelet ampas kopi pada komposisi pertama (A) memiliki nilai yang sangat tinggi dibandingkan dengan ketiga komposisi lainnya. *Fixed carbon* mempengaruhi energi dan kadar abu yang dihasilkan, semakin tinggi nilai *fixed carbon* maka energi yang dihasilkan semakin tinggi dan kadar abu semakin rendah.

Pengujian nilai kalor pelet ampas kopi dengan empat tipe komposisi dilakukan di laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Hasil pengujian nilai kalor di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil nilai kalor pelet ampas kopi pada keempat komposisi tidak memenuhi syarat SNI 2365-2000

yang bernilai > 5000 kkal/g, akan tetapi memenuhi nilai kalor standar pelet di Yunani yang memiliki nilai antara 2627.3 – 4299.2 kkal/g.



**Gambar 7** Nilai kalor pelet ampas kopi

Berdasarkan data pada Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa nilai kalor pelet ampas kopi dengan komposisi keempat (D) memiliki nilai kalor yang lebih besar yakni sebesar 4396 kkal/g daripada pelet ampas kopi dengan komposisi ketiga (C) yang memiliki nilai kalor sebesar 4128 kkal/g. Selain itu, nilai kalor pada pelet ampas kopi komposisi kedua (B) memiliki nilai sebesar 4257 kkal/g dan untuk komposisi pertama (A) dengan nilai sebesar 4330 kkal/g. Berdasarkan data pada Gambar 7 juga menjelaskan bahwa nilai kalor pada komposisi ketiga (C) paling rendah, dikarenakan kadar abu yang cukup tinggi, dimana semakin tinggi kadar abu yang dikandung oleh pelet biomassa, maka semakin rendah nilai kalor yang dimiliki. Hal ini berbanding lurus dengan data pada Gambar 5, dimana pada eksperimen penentuan kadar abu, diketahui bahwa pelet ampas kopi dengan komposisi keempat (D) memiliki kadar abu yang sangat rendah dibandingkan dengan ketiga komposisi lainnya. Komposisi perekat bubur kertas yang memiliki kandungan kadar air yang tinggi juga dapat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan oleh pelet ampas kopi tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan bahwa

1. Analisis energi yang didapatkan pada pelet biomassa berbahan dasar ampas kopi dengan campuran perekat bubur kertas, dari keempat komposisi tersebut yang memiliki nilai kalor tertinggi adalah bahan pelet komposisi keempat (D) dengan menghasilkan nilai kalor sebesar 4396 kkal/g.
2. Hasil analisis pengujian *proximate* dan pengujian di kompor biomassa pada keempat komposisi pelet tersebut diketahui bahwa karakteristik pelet komposisi pertama (A) yang optimal, dimana hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai kadar air pelet tersebut mencapai 9.43%, kadar abu sebesar

3.54%, *volatile matter* sebesar 72.16%, *fixed carbon* sebesar 14.87%, dan nilai kalor sebesar 4330 kkal/g. Pada saat proses pengujian di kompor biomassa, pelet tersebut memiliki suhu api tertinggi mencapai 104°C dan waktu lama nyala api hingga mencapai 1407 detik.

3. Hasil nilai kalor pelet dengan komposisi pertama (A) mendapatkan hasil terbaik dengan nilai kalor sebesar 4330 kkal/g yang berbanding lurus dengan parameter yang menentukan karakteristik pelet biomassa ampas kopi tersebut antara lain kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pyzdek. The Six Sigma Handbook, Panduan Lengkap Untuk Greenbelts, Blackbelts, dan Manajemer Pada Semua Tingkatan, Jakarta: Salemba Empat; 2002.
- [2] Zhang K, Jin Z, Liu Q, Liu L. Novel Green Hydrogen-Fossil Fuel Dehydrogenation. *Fundamental Research* 2024; 1-49. DOI: 10.1016/j.fmre.2024.06.007
- [3] Aryanpur V, Atabaki M S, Marzband M, Siano P, Ghayoumi K. An Overview of Energy Planning in Iran and Transition Pathways Towards Sustainable Electricity Supply Sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2019; 112: 58-74. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.047
- [4] Alamsyah R, Supriatna D. Analisis Teknik dan Tekno Ekonomi Pengolahan Biomassa Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Menjadi Pelet Sebagai Bahan Bakar Terbarukan Skala Produksi. *Journal of Agro-Based Industry* 2018; 35(1): 1-11. DOI: 10.32765/warta.ihp.v35i1.3753
- [5] Wei Z, Cheng Z, Shen Y. Recent Development in Production of Pellet Fuels from Biomass and Polyethylene (PE) Wastes. *Fuel* 2024; 358: 130222. DOI: 10.1016/j.fuel.2023.130222
- [6] Garcia R C, Galan G, Martin M. Multiscale Analysis for The Valorization of Biomass via Pellets Production Towards Energy Security. *Journal of Cleaner Production* 2024; 461: 142663. DOI:10.1016/j.jclepro.2024.142663
- [7] Zamiri M A, Dafchahi M N, Ebadian M, Acharya B. Optimizing Production Conditions of Innovative Bio-pellets Developed from Flax Straw. *Industrial Crops & Products* 2024; 218: 118950. DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.118950
- [8] Mock C, Park H, Ryu C, Manovic V, Choi S C. Particle Temperature and Flue Gas Emission of a Burning Single Pellet in Air and Oxy-Fuel Combustion. *Combustion and*

- Flame 2020; 213: 156-71. DOI: 10.1016/j.combustflame.2019.11.034
- [9] Wibowo A. Potensi dan Tantangan Kopi di Era Milenial. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 2019; 31(2): 16-23.
- [10] Alves R C, Rodrigues F, Nunes M A, Vinha A F, Oliveira M B. Chapter 1- State of The Art in Coffee Processing By-Products. *Handbook of Coffee Processing By-Products Sustainable Applications*. Amsterdam, Netherlands: Academic Press 2017; 1-26.
- [11] Nur A A, Al Amrie M, Yusran. Peranan Ampas Kopi Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Ekonomi Pembangunan dan Manajemen* 2024; 3(1): 13-21.
- [12] Istaniah, Ma'ruf A, Rachmat R, Widodo T W. Karakteristik Biopelet dari Serbuk Kayu dan Sekam Padi. *Jurnal Agroindustri Halal* 2024; 10(2): 262-272.
- [13] Asri M, Kurniawan E, Sylvia N. Pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan alternatif dalam pembuatan biopelet. *Jurnal Chemical Engineering Storage* 2022; 2(2): 57-65.
- [14] Sadeq A, Pietsch-Braune S, Heinrich S. Impact of Press Channel Diameter-to-Length Ratio On the Mechanical Properties of Biomass Pellets During Storage. *Fuel Processing Technology* 2024; 265: 108149.