

# Pembuatan dan Karakterisasi Briket Bio-Coal Berbahan Campuran Limbah Batubara dan Biomassa Rumput Melalui Proses Karbonisasi

Nurul F. Said<sup>1</sup>, Vita Yuliana, M. B. Budiono, Sindy A. Susilo

\*alamat email korespondensi: [faradilah.nf@gmail.com](mailto:faradilah.nf@gmail.com)

## Abstract

*This research aims to make Bio-coal Briquettes from a mixture of coal waste and grass biomass through a carbonization process and its characterization. Bio-coal briquettes are made from Coal Waste from Preparation (LBSP), Coal Waste from Proximate Test (LBSU), Carbonized Grass Cutting Waste (SPR), and using Tapioca Starch (TT) adhesive. Based on the analysis results, it was found that the greater the composition of coal waste, the higher the calorific value. Optimum conditions were obtained in samples with a composition of 60LBSP:30SPR:10TT with a calorific value of 5311 cal/gr, water content of 3.13%, ash content of 16.78%, volatile matter content of 42.53%, fixed carbon content of 37.55% and density value 0.90 gr/cm<sup>3</sup>, and 60LBSU:30SPR:10TT with calorific value 4844 cal/gr, water content 5.32%, ash content 19.05%, volatile matter content 36.78%, fixed carbon content 38,85% and a density value of 0.97 gr/cm<sup>3</sup>. Bio-coal briquettes can be used as an environmentally friendly alternative fuel.*

**Keywords:** Sustainable energy; Green Economy; Bio-coal Briquettes; Use of Grass; Carbonization.

## Abstrak

*Penelitian ini bertujuan membuat Briket Bio-coal berbahan campuran limbah batubara dan biomassa rumput melalui proses karbonisasi beserta karakterisasinya. Briket Bio-coal dibuat dengan Limbah Batubara Sisa Preparasi (LBSP), Limbah Batubara Sisa Uji Proximate (LBSU), Sisa Pemoangan Rumput (SPR) yang dikarbonisasi, dan Tepung Tapioka (TT) sebagai perekat dasar briket bio-coal. Berdasarkan hasil analisa didapatkan semakin banyak komposisi limbah batubara maka akan menghasilkan nilai kalori tinggi. Kondisi optimum didapatkan pada sampel dengan komposisi 60LBSP:30SPR:10TT dengan nilai kalori 5311 cal/gr, kadar air 3,13%, kadar abu 16,78%, kadar volatil matter 42,53%, kadar fix karbon 37,55% dan nilai densitas 0,90 gr/cm<sup>3</sup>, serta 60LBSU:30SPR:10TT dengan nilai kalori 4844 cal/gr, kadar air 5,32%, kadar abu 19,05%, kadar volatil matter 36,78%, kadar fix karbon 38,85% dan nilai densitas 0,97*

gr/cm<sup>3</sup>. Briket Bio-coal ini dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** *Sustainable energy; Green Economy; Briket Bio-Coal; Pemanfaatan Rumput; Karbonisasi.*

## I. PENDAHULUAN

Laboratorium Energi dan Lingkungan (LEL) berada dibawah Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM), dan merupakan satu-satunya laboratorium di ITS yang sudah terakreditasi ISO/ IEC 17025: 2017 oleh KAN. Salah satu parameter pengujian yang terakreditasi oleh KAN adalah uji proximate batubara, sehingga limbah sisa sampel batubara adalah bagian yang tidak terpisahkan dari hasil kegiatan di laboratorium.

Disisi lain, kampus ITS masih memiliki beberapa lahan yang belum dimanfaatkan dan

masih berupa tanah kosong yang sering ditumbuhi rumput-rumput yang semakin hari semakin bertambah tinggi seperti pada Gambar 1. Bagian Sarpras ITS terkadang melakukan pemotongan terhadap rumput-rumput namun tidak dilakukan secara menyeluruh. Sisa pemotongan rumput di dekat laboratorium masih kurang dimanfaatkan dengan optimal dan terbuang sia-sia, dimana sisa rumput ini dibiarkan saja mengering di lahan dan terkadang akan membusuk bila terkena hujan.



**Gambar 1** Rumput di belakang Gedung Robotika ITS

Biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh langsung atau tidak langsung dari tumbuhan dan digunakan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang banyak. Biomassa

bermacam-macam dan diklasifikasikan, namun secara khusus mengacu pada limbah pertanian seperti jerami, sekam padi, limbah hutan seperti serbuk gergaji, MSW, tinja,

kotoran hewan, sampah dapur, lumpur genangan, dan lain-lain. Dalam kategori jenis tanaman, yang termasuk biomassa adalah kayu putih, poplar *hybrid*, kelapa sawit, tebu, rumput, rumput laut, dan lain-lain [1].

Limbah batubara yang berada di laboratorium dan rumput sisa potong yang melimpah di ITS dapat ditingkatkan nilai ekonominya menjadi briket *Bio-coal*, dimana selaras dengan misi pengembangan dan pemanfaatan batubara adalah “mengoptimalkan penggunaan batubara dalam negeri dengan menerapkan teknologi ramah lingkungan (*Clean Coal Technology*) pada tahun 2045 [2]. Selain akan lebih aman terhadap lingkungan, pemanfaatan sisa rumput dan sisa limbah batubara ini juga diharapkan menjadi salah satu alternatif pengelolaan limbah.

Salah satu tujuan dari *Road map* Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian ESDM adalah menyediakan data sumber daya batubara dan bahan baku biomassa untuk pengembangan briket dengan menggunakan campuran batubara-biomassa, dimana salah satu fokus inisiatif kegiatan pada tahun 2021-2025 adalah pengujian skala laboratorium terkait komposisi yang sesuai antara batubara dan biomassa.

Pada penelitian sebelumnya, Tambaria dan Serli (2019) telah melakukan analisis proksimat pada Briket Batubara dan Briket

Biomassa dengan bahan baku briket batubara, batubara karbonisasi, bambu dan serbuk kayu [3]. Sampel yang memenuhi semua standar adalah briket batubara karbonisasi dan briket bambu karbonisasi. Proses karbonisasi menyebabkan peningkatan karbon dan penyimpan hidrogen yang lebih baik, sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dan tidak memiliki indikasi kontaminasi dan korosi.

Dalam riset ini, akan dibuat briket batubara dengan biomassa rumput. Briket ini merupakan bahan bakar alternatif yang paling murah dan dapat dikembangkan secara massal dalam waktu yang relatif singkat. Adapun jenis rumput yang digunakan meliputi Rumput Alang-Alang, Rumput Teki Ladang dan Rumput Grinting. Sebelum digunakan, rumput dipreparasi terlebih dahulu dengan proses karbonisasi serta dihaluskan dan diayak ukuran 20 mesh. Limbah batubara yang digunakan ada dua jenis yaitu limbah batubara sisa preparasi (LBSP) dan limbah batubara sisa uji proximate (LBSU). Dalam penelitian akan dibuat briket *Bio-coal* dengan beberapa variasi komposisi dan akan dilakukan pengujian meliputi kadar kalori, kadar air, kadar abu, kadar volatil matter, kadar fix karbon dan massa jenis atau densitas.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat

Peralatan yang digunakan meliputi gelas kimia, labu ukur, pipet tetes, cawan porselin, pengaduk kaca, alu mortar, loyang, ayakan ukuran 20 dan 60 mesh, Neraca Analitik (merk Boeco), Hot Plate (merk *Thermo*), Oven (merk Carbolite MFS), Oven (merk Memmert) , Bom Kalorimeter (Merk IKA C200), *Digital Muffle Furnace* (merk Wisetherm dan kondisi pengujian 27°C-500°C selama 1 jam, 500°C-750°C selama 1 jam, suhu 750°C selama 2 jam) , *Furnace VMF* (merk Carbolite VMF dan kondisi pengujian 900°C, 7 menit).

## 2.2 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi Aquades, limbah sisa preparasi batubara dari sampel pengujian dan sampel Uji Profisiensi di Laboratorium Energi dan Lingkungan ITS

Tahun 2022-2023, limbah sisa uji proximate batubara dari sampel pengujian dan sampel Uji Profisiensi di Laboratorium Energi dan Lingkungan ITS Tahun 2022-2023, Potongan Rumput dengan jenis Rumput Alang-Alang, Rumput Teki Ladang dan Rumput Grinting didapatkan disekitar Gedung Robotika ITS dan tepung tapioka.

## 2.3 Penyiapan Material Utama

### 2.3.1 Limbah Batubara Sisa Preparasi (LBSP) di Laboratorium

Setiap sampel batubara yang akan diuji di laboratorium, harus dilakukan preparasi terlebih dahulu untuk analisis sesuai standar dalam ASTM D 2013/ D2013M-12 [4]. Dalam preparasi sampel akan dihasilkan batubara dengan beberapa ukuran partikel seperti **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Tahapan Preparasi Sampel Batubara Sesuai ASTM D 2013/D2013M-12

Hancurkan hingga 95% lolos ayakan	Bagi menjadi berat minimum, gr <sup>*)</sup>	
	Grup A	Grup B
4,75 mm (No.4)	2000	4000
2,36 mm (No. 8)	500	1000
850 µm (No.20)	250	500
250 µm (No. 60)	50	50
(100% lolos)		

\*) Bila kelembaban sampel diperlukan, tambahkan jumlah No.4 (4,75 mm) atau No.8 (2,36 mm) sebanyak 500 gr

Batubara yang sudah dipreparasi bentuk ukurannya, yang digunakan untuk pengujian hanya sedikit sesuai kebutuhan parameter pengujian (sekitar 10 gram/ parameter pengujian), sehingga didapatkan limbah

batubara sisa preparasi yang tidak digunakan sekitar 100 gram-5 kg per sampel. Saat ini limbah batubara sisa preparasi tersedia cukup banyak di Laboratorium Energi dan Lingkungan seperti pada **Gambar 2**.

Limbah batubara sisa preparasi yang digunakan dalam pembuatan briket Bio-coal

dengan ukuran 60 mesh dan nilai kalori sebesar 5330 cal/gr.

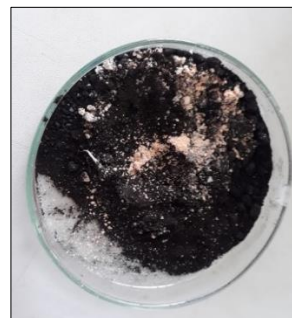


**Gambar 2.** Sisa Limbah Preparasi Batubara

### 2.3.2 Limbah Batubara Sisa Uji Proximate (LBSU) di Laboratorium

Salah satu parameter pengujian yang terakreditasi ISO 17025: 2017 oleh KAN di Laboratorium Energi dan Lingkungan ITS adalah uji proximate batubara, sehingga limbah sisa uji proximate adalah bagian yang tidak terpisahkan dari hasil kegiatan di laboratorium seperti pada **Gambar 3**.

Pengujian proximate batubara di laboratorium meliputi uji kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter* dan kadar *fix karbon*. Limbah uji proximate ini masih mendominasi berwarna hitam dengan nilai kalori sebesar 5307 cal/gr, dimana nilai kalorinya masih tinggi sehingga limbah sisa uji proximate ini akan digunakan dalam pembuatan briket *bio-coal*.



**Gambar 3.** Sisa Limbah Uji Proximate Batubara







### 2.3.3 Sisa Potongan Rumput (SPR) dan Proses Karbonisasi

Rumput yang digunakan dalam penelitian ini diambil di sekitar Gedung Robotika ITS, dan merupakan sisa

pemotongan yang dilakukan oleh Sarpras ITS dan tetap dibiarkan berada di taman selama beberapa hari hingga berubah warna kecoklatan. Sisa potongan rumput yang ada

disekitar Gedung Robotika ITS terdiri dari beberapa jenis rumput seperti tercantum pada **Tabel 2.**

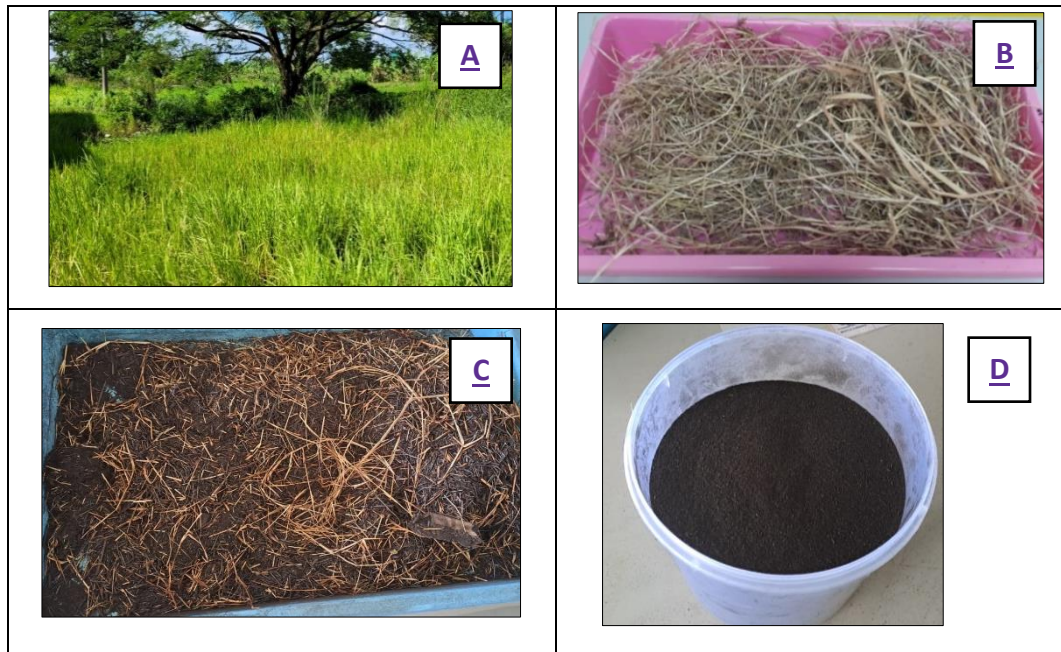
**Tabel 2.** Jenis Rumput disekitar Gedung Robotika ITS

No	Jenis Rumput	Nama Biologi	Foto Rumput	
1	Rumput Alang-alang	Imperata Cylindrica		
2	Rumput Teki Ladang	Cyperus Rotundus		
3	Rumput Grinting	Cynodon Dactylon		

Rumput dilakukan proses karbonisasi dengan cara rumput kering dimasukkan ke dalam wadah kemudian dibakar dan ditutup selama 5 menit. Hasil dari proses karbonisasi berupa arang rumput dan masih bercampur dengan rumput yang belum terbakar sempurna

sehingga dilakukan pemilahan seperti pada **Gambar 4.** Arang rumput kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan ukuran 20 mesh yang selanjutnya digunakan dalam pembuatan briket *Bio-coal*.





**Gambar 4.** (a) Rumput di Sekitar Gedung Robotika ITS, (b) Rumput Kering, (c) Rumput Setelah Proses Karbonisasi, (d) Rumput Karbonisasi Ukuran 20 mesh.

Berdasarkan hasil pada **Tabel 3**, diketahui bahwa rumput dengan proses karbonisasi memiliki nilai kalori yang lebih besar, sehingga akan digunakan dalam pembuatan briket Bio-coal. Menurut Haryono (2020), peningkatan nilai kalor serta peningkatan suhu karbonisasi disebabkan oleh peningkatan kandungan C total atau rasio molar C terhadap H dan O [5].

Rumput dengan proses karbonisasi memiliki nilai kalori yang lebih tinggi

**Tabel 3.** Pengujian Nilai Kalori Rumput

No	Sampel	Nilai Kalori	Satuan
1	Rumput Tanpa Karbonisasi	3850	Cal/g.
2	Rumput Karbonisasi	4813	Cal/g.

dikarenakan nilai kadar karbon juga meningkat ketika dilakukan proses karbonisasi sehingga dapat digunakan sebagai energi alternatif [3]. Haryono, (2020) juga membenarkan bahwa biomassa akan terurai secara termal tanpa adanya oksigen selama proses karbonisasi [5]. Selama dekomposisi termal, biomassa dapat diubah menjadi bio-arang, produk *bio-oil*, dan gas.

**2.4 Desain Penelitian (Pembuatan Briket *Bio-coal*)**

Pembuatan briket *Bio-coal* menggunakan perekat tepung tapioka

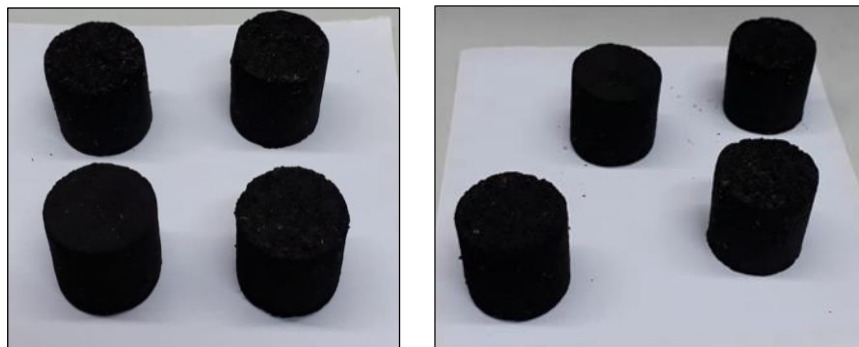
sebanyak 10% dari berat bio-briket sesuai penelitian yang telah dilakukan oleh Moeksin (2015) [6]. Pembuatan briket dilakukan dengan variasi komposisi sesuai **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Variasi Komposisi Pembuatan Briket *Bio-coal*

No Komposisi Briket	Komposisi (%)			
	Limbah Batubara Sisa Preparasi (LBSP) (60 mesh)	Limbah Batubara Sisa Uji Proximate (LBSU) (60 mesh)	Sisa Potongan Rumput (SPR) (20 mesh)	Tepung Tapioka (TT)
1	0	-	90	10
2	20	-	70	10
3	40	-	50	10
4	60	-	30	10
5	-	20	70	10
6	-	40	50	10
7	-	60	30	10

Metode pencampuran briket menghasilkan adonan briket yang lembab homogen dan dicetak dengan cetakan briket dan alat press yang ada. Briket yang sudah jadi

dikeringkan menggunakan oven suhu 70°C 24 jam. Briket *Bio-coal* yang sudah kering seperti pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Briket *Bio-coal*

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Kadar Kalori Briket *Bio-coal***

Nilai kalori merupakan energi yang dibebaskan oleh bahan bakar, semakin tinggi nilai kalori maka semakin baik pula kualitas dan kuantitas dari briket *Bio-coal* [7].

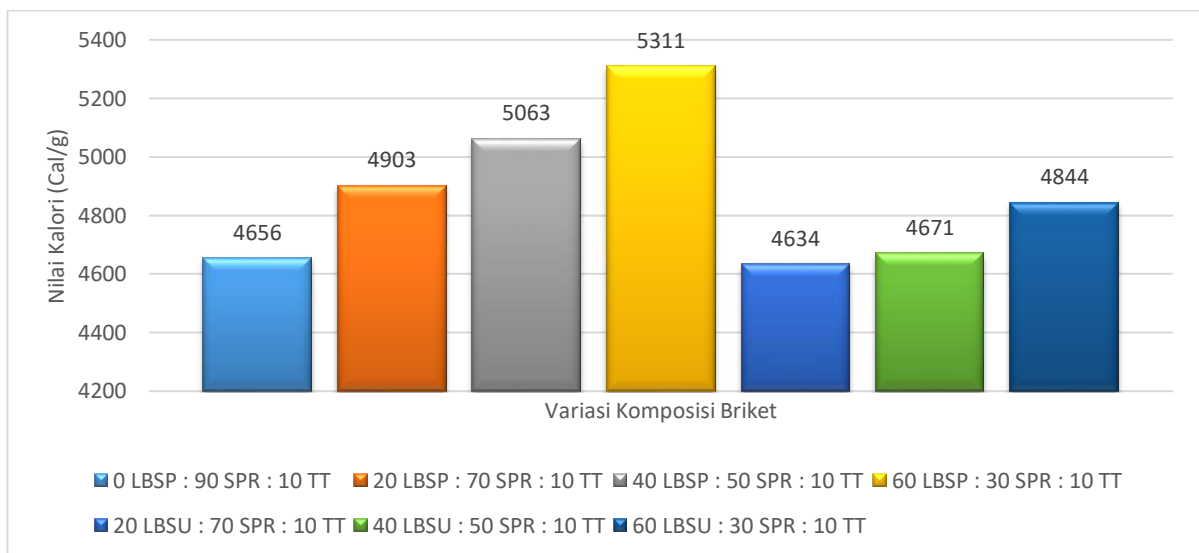
Pengujian nilai kadar kalori briket *Bio-coal* dilakukan sesuai Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Kalori Batubara [8-12]. Pengujian kadar kalori menggunakan



instrument Bomb Kalorimeter merk IKA C200 dengan sampel briket halus sebanyak  $\pm$  0,5 gram dan dimasukkan ke dalam krusibel serta dirangkaikan benang pembakaran agar menyentuh sampel. Gas Oksigen dialirkan kedalam instrument Bom Kalorimeter pada tekanan 20-30 atm. Setelah proses pengujian selesai, hasil nilai akan muncul pada display

alat. Hasil pengujian nilai kalori seperti pada **Gambar 6**.

Hasil pengujian nilai kalori terbaik terdapat pada sampel 4 dengan komposisi Briket 60 LBSP : 30 SPR: 10 TT sebesar 5311 Cal/g. Semakin sedikit jumlah rumput yang dimasukkan dalam komposisi briket maka akan menyebabkan nilai kalori semakin meningkat.



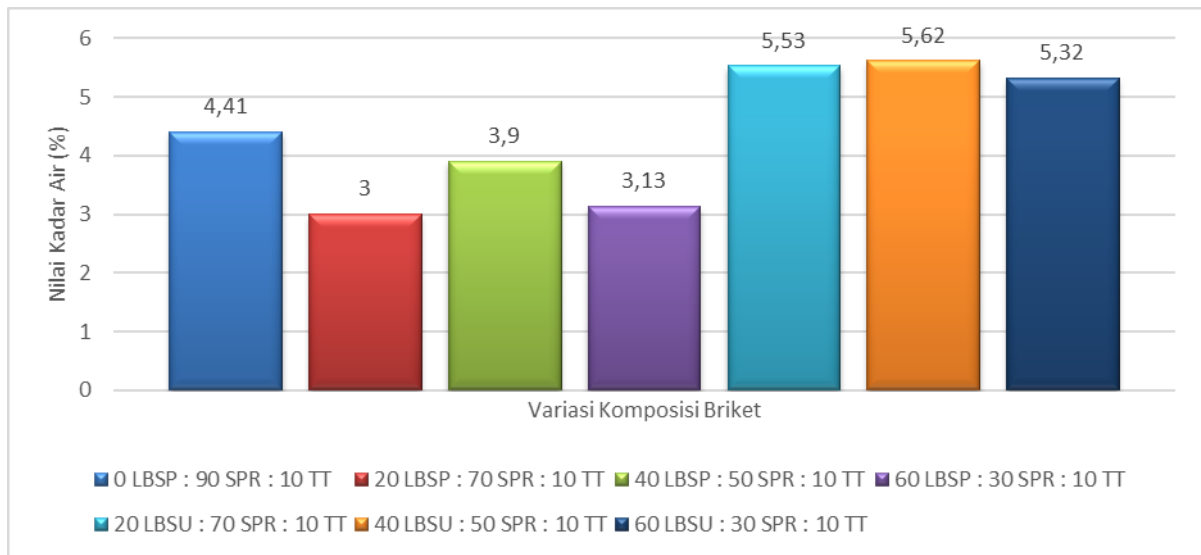
**Gambar 6.** Hasil Pengujian Nilai Kalori Briket Bio-coal

### 3.2 Kadar Air Briket *Bio-coal*

Kadar air adalah jumlah air yang tersisa di dalam briket setelah dilakukan pemanasan. Nilai kadar air dinyatakan sebagai moisture in sample. Besar dan kecilnya kadar air sangat berpengaruh pada nilai kalor dalam briket. Semakin tinggi nilai kadar air maka kualitas dari briket semakin rendah karena kadar air yang tinggi dapat menyulitkan briket untuk menyala [7]. Pengujian nilai kadar air briket *Bio-coal* dilakukan sesuai Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Kelembaban Dalam Sampel Batubara [8-12]. Pengujian kadar air menggunakan instrument Oven

Carbolite MFS pada suhu 107oC selama 1 jam. Hasil pengujian nilai kadar air seperti pada **Gambar 7**.

Hasil pengujian nilai kadar air terbaik terdapat pada sampel 2 dengan komposisi Briket 20 LBSP : 70 SPR: 10 TT sebesar 3%. Hasil kadar air keseluruhan memenuhi syarat mutu briket arang sesuai SNI 01-6235-2000. Semakin sedikit jumlah rumput yang dimasukkan dalam komposisi briket maka akan menyebabkan nilai kadar air semakin menurun.



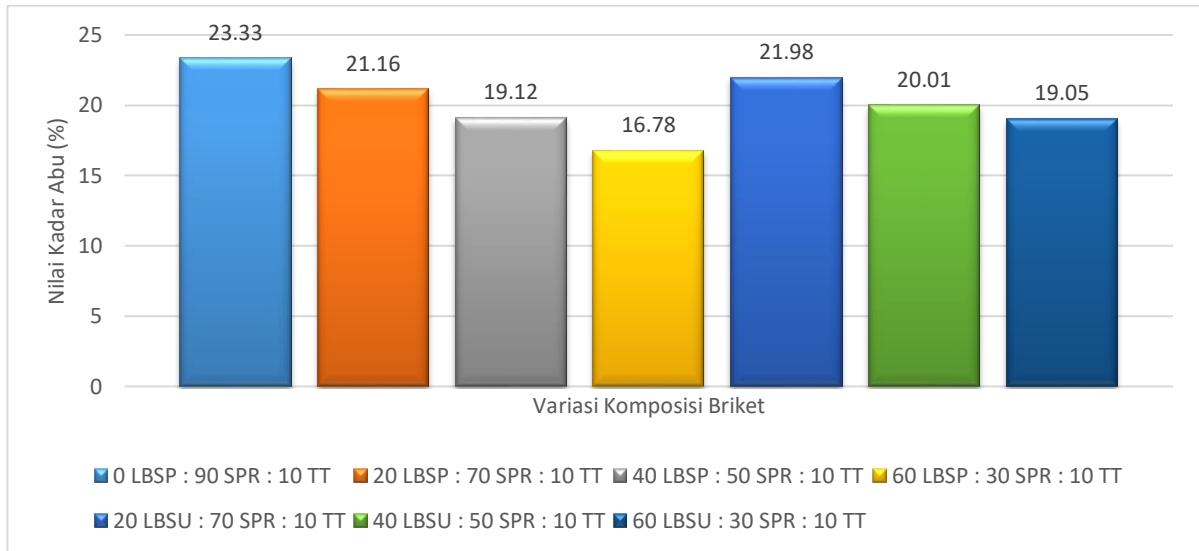
**Gambar 7.** Hasil Pengujian Nilai Kadar Air Briket Bio-coal

### 3.3 Kadar Abu Briket *Bio-coal*

Kadar Abu merupakan sisa hasil pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon. Briket dengan kadar abu yang tinggi dapat menurunkan kualitas briket karena kadar abu yang tinggi menurunkan nilai kalor [7]. Pengujian kadar air briket Bio-coal dilakukan sesuai Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Abu Batubara [8-12]. Pengujian kadar abu menggunakan instrument Furnace Wisetherm dengan kondisi pengujian 27°C - 500°C selama 1 jam, 500°C-750°C selama 1 jam, dan suhu 750°C selama 2 jam.

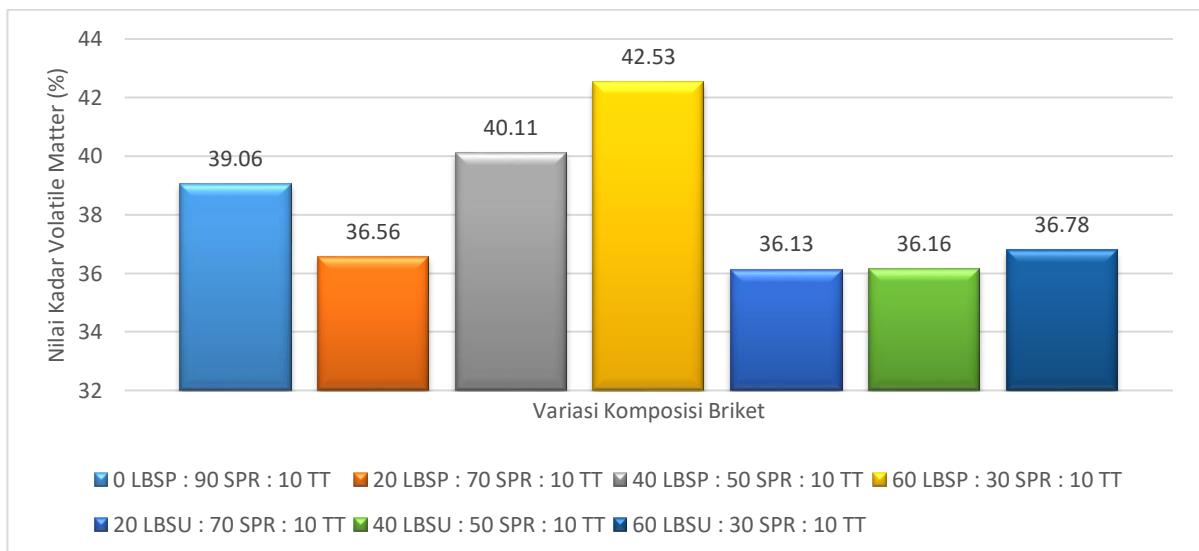
Hasil pengujian nilai kadar air seperti pada **Gambar 8.**

Hasil pengujian nilai kadar air terbaik terdapat pada sampel 4 dengan komposisi Briket 60 LBSP : 30 SPR: 10 TT sebesar 16,78%. Hasil kadar abu keseluruhan belum memenuhi syarat mutu briket arang sesuai SNI 01-6235-2000 [13]. Semakin sedikit jumlah rumput yang dimasukkan dalam komposisi briket maka akan menyebabkan nilai kadar abu semakin menurun.



**Gambar 8.** Hasil Pengujian Nilai Kadar Abu Briket *Bio-coal*

### 3.4 Kadar Volatile Matter Briket *Bio-coal*



**Gambar 9.** Hasil Pengujian Nilai Kadar Volatil Matter Briket *Bio-coal*

Kadar zat mudah menguap (Volatile Matter) dalam briket antara lain hidrokarbon, metana, dan karbon monoksida. Kandungan volatil yang tinggi pada briket akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat pembakaran, hal ini disebabkan oleh adanya reaksi antara karbon monoksida (CO)

dengan turunan alkohol [14]. Pengujian kadar volatile matter briket *Bio-coal* dilakukan sesuai Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Volatile Matter Batubara [8-12]. Pengujian kadar volatile matter menggunakan instrument Furnace Carbolite VMF dengan kondisi pengujian 900°C selama 7 menit.

Hasil pengujian nilai kadar volatile matter seperti pada **Gambar 9**.

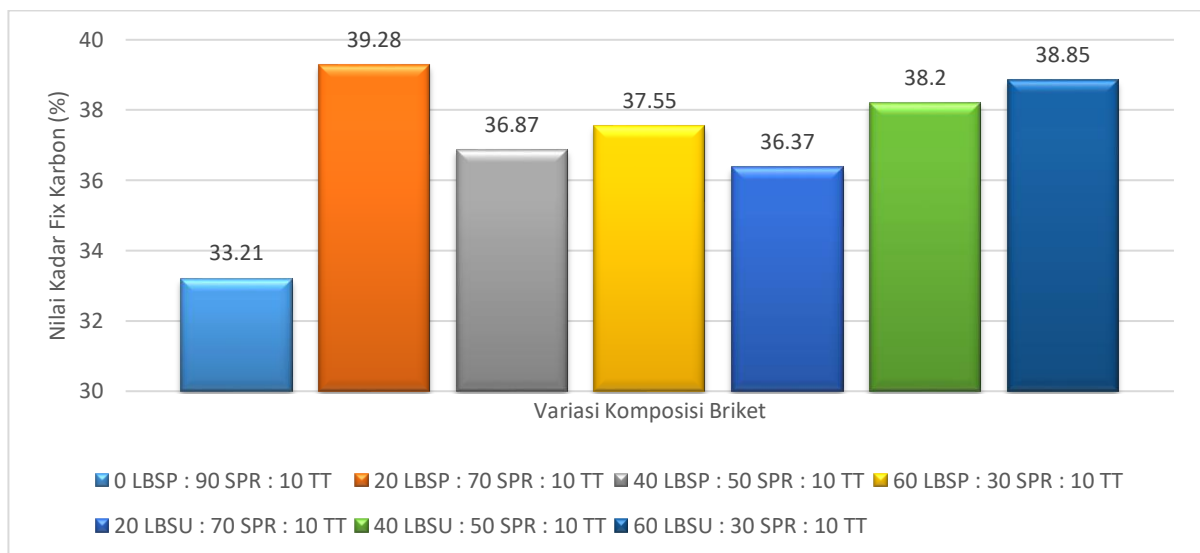
Hasil pengujian nilai kadar volatil terbaik terdapat pada sampel 5 dengan komposisi Briket 20 LBSU : 70 SPR: 10 TT sebesar 36,13%. Hasil kadar volatile matter keseluruhan belum memenuhi syarat mutu briket arang sesuai SNI 01-6235-2000.

### 3.5 Kadar Fix Karbon Briket *Bio-coal*

Kandungan karbon tetap adalah fraksi karbon (C) yang terikat pada briket, tidak termasuk air, abu, dan zat mudah menguap. Nilai kadar karbon tetap diperoleh dengan

menghitung berat sampel (100%) dikurangi kadar air, kadar abu, dan kadar bahan mudah menguap. Perhitungan kadar *fix carbon* briket *Bio-coal* dilakukan sesuai Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar *Fix* Karbon Batubara [8-12]. Hasil perhitungan nilai kadar *fix* karbon seperti pada **Gambar 10**.

Hasil perhitungan kadar *fix* karbon terbaik terdapat pada sampel 2 dengan komposisi Briket 20 LBSP : 70 SPR: 10 TT sebesar 39,28%. Hasil kadar *fix* karbon keseluruhan belum memenuhi syarat mutu briket arang sesuai SNI 01-6235-2000.

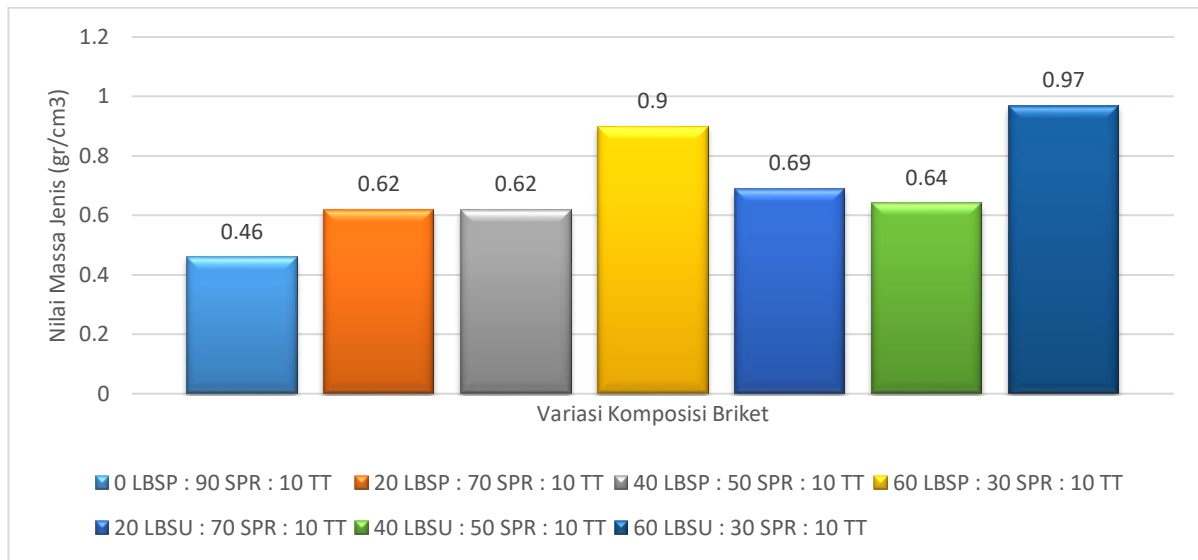


**Gambar 10.** Hasil Nilai *Fix Carbon* Briket *Bio-coal*

### 3.6 Massa Jenis Briket *Bio-coal*

Massa Jenis adalah suatu zat per satuan volume. Kepadatan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap laju pembakaran,

sehingga menentukan kualitas briket. Nilai massa jenis briket *Bio-coal* yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 11**.



**Gambar 11.** Hasil Nilai Massa Jenis/ Densitas Briket *Bio-coal*

Jika nilai massa jenis tetap rendah maka faktor pengepresan mungkin tidak maksimal karena menggunakan proses manual. Semakin tinggi nilai massa jenis maka semakin baik kualitas briket yang dihasilkan serta semakin mudah dalam penanganan, penyimpanan dan pengangkutannya. Tinggi rendahnya nilai kepadatan dipengaruhi oleh kepadatan bahan baku yang digunakan. Briket yang kepadatannya terlalu rendah dapat menyebabkan briket cepat terbakar karena bobotnya lebih rendah [15].

#### IV. KESIMPULAN

Kondisi optimum Briket *Bio-coal* dengan komposisi 60LBSP:30SPR:10TT dengan nilai kalori 5311 cal/gr, kadar air 3,13%, kadar abu 16,78%, kadar volatil matter 42,53%, kadar fix karbon 37,55% dan nilai densitas 0,90 gr/cm<sup>3</sup>, serta 60LBSU:30SPR:10TT dengan nilai kalori 4844 cal/gr, kadar air 5,32%, kadar abu 19,05%, kadar volatil matter 36,78%, kadar

fix karbon 38,85% dan nilai densitas 0,97 gr/cm<sup>3</sup>. Implikasi dari penelitian ini belum ditemukan komposisi pembuatan briket yang hasilnya memenuhi kriteria SNI 01-6235-2000, sehingga briket masih belum ramah terhadap lingkungan, dikarenakan kadar volatile matternya masih tinggi yang akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat pembakaran, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mencari bahan campuran alternatif agar memenuhi kriteria SNI 01-6235-2000 dan aman dan ramah terhadap lingkungan.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang telah memberikan dana penelitian bagi Tenaga Kependidikan Batch 1 pada tahun 2023 dengan nomor kontrak 1647/PKS/ITS/2023



sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Herlambang. S, Rina.S, Santosa AZ.P.Budi, Sutiono. H. Tri, "Biomassa Sebagai Sumber Energi Masa Depan", Buku Ajar, LPPM UPN Veteran Yogyakarta, 2017.
- [2] Kementerian ESDM Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, "Road Map Pengembangan dan Pemanfaatan Batubara 2021-2045", 2021.
- [3] Tambaria, Theodora Noely & Serly, Berlian Filda Yofita, "Kajian Analisis Proksimat pada Briket Batubara dan Briket Biomassa", Teknik Pertambangan ITERA, Lampung, 77-85, 2019.
- [4] ASTM D2013/D2013M-12, "Standard Practice for Preparing Coal Samples for Analysis", 1-2, 2012.
- [5] Haryono, I. Rahayu, Y.Deawati, "Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Kualitas Briket dari Tongkol Jagung Dengan Limbah Plastik Polietilen Terephtalat Sebagai Bahan Pengikat", Departemen Kimia FMIPA Unpad Padjajaran, Bandung, Jurnal Teknotan Vol.14, No.2, Desember, 2020.
- [6] Moeksin M.T, Rosdiana, Kunchoro.Adi; Zecy.Rengga Ulil Ambri, "Pengaruh Komposisi Pembuatan Biobriket Dari Campuran Serbuk Gergaji, Kulit Singkong dan Batubara Terhadap Nilai Pembakaran", Jurnal Teknik Kimia No.4, Vol 21, Desember 2015, Hal 20-27, 2015.
- [7] Sodiq, M.B.Permadi & Susila, Wayan, "Pembuatan Briket dari Campuran Arang Limbah Kulit Singkong dan Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Perekat Tetes Tebu", Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Volume 03, Nomor 02, 299-306, 2014.
- [8] Yuliana.V, "Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Kelembaban Dalam Sampel Batubara", Laboratorium Energi dan Lingkungan – DRPM ITS, No IKMU/LEL-ITS/02-02, Terbitan 2, Revisi 1, Tanggal Terbit 15 Juli 2022.
- [9] Yuliana.V, "Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Batubara", Laboratorium Energi dan Lingkungan – DRPM ITS, No IKMU/LEL-ITS/02-03, Terbitan 2, Revisi 1, Tanggal Terbit 15 Juli 2022.
- [10] Yuliana.V, "Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Volatile Matter Batubara", Laboratorium Energi dan Lingkungan – DRPM ITS, No IKMU/LEL-ITS/02-04, Terbitan 2, Revisi 1, Tanggal Terbit 15 Juli 2022.

- [11] Yuliana.V, "Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Fix Karbon Batubara", Laboratorium Energi dan Lingkungan – DRPM ITS, No IKMU/LEL-ITS/02-05, Terbitan 2, Revisi 1, Tanggal Terbit 15 Juli 2022.
- [12] Yuliana.V, "Instruksi Kerja Metode Uji Analisis Kadar Kalori Batubara", Laboratorium Energi dan Lingkungan – DRPM ITS, No IKMU/LEL-ITS/02-06, Terbitan 2, Revisi 1, Tanggal Terbit 15 Juli 2022.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia Briket Arang Kayu", SNI 01-6235-2000, 1-8, 2000.
- [14] Bahri. S, "Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu Untuk Pembuatan Briket Arang Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan", Tesis S2 Universitas Sumatra Utara, Medan, 2007.
- [15] Hendra.D & I. Winarni, "Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sabetan Kayu", Jurnal Hasil Penelitian Hutan, 21 (3):211-226, 2003.