Karakteristik Biobriket Campuran Bottom Ash Batubara dengan Arang Tempurung Kelapa dan Arang Kayu

Biobricket Characteristics of Coal Bottom Ash Mixed with Coconut Shell Charcoal and Wood Charcoal

Agus Triantoro[1*], Adip Mustofa[2], Michael Owen Gultom[3]
[1-3]Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km 36,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan
Corr Author : *[1]agus@ulm.ac.id, [2]adip@ulm.ac.id, [3]owengultomjr@gmail.com

ABSTRAK

Pemenuhan kebutuhan bahan bakar energi dalam masyarakat semakin meningkat maka diperlukan penanganan khusus. Potensi *bottom ash* yang melimpah berasal dari limbah penggunaan batubara pada PLTU, serta banyaknya produksi arang tempurung kelapa dan arang kayu yang dapat dibuat menjadi bahan pembuatan briket yang ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan sampel dengan menggunakan komposisi variasi *bottom ash*, arang tempurung kelapa, arang kayu, perekat dan kapur. Kemudian dilakukan uji analisis proximate, *uji calorific value* dan uji pembakaran pada ukuran partikel 60 *mesh* dan 80 *mesh*. Berdasarkan hasil uji laboratorium semakin banyak komposisi bottom ash maka akan semakin naik nilai kandungan air, kandungan air terbesar 10.10% terdapat pada sampel 60A, sedangkan komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu semakin banyak maka kandungan airnya semakin kecil. Komposisi nilai kandungan air terkecil terdapat pada sampel 80D yaitu sebesar 5.77%. Nilai kalori yang dihasilkan berbanding lurus dengan komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu, semakin naik komposisi arangnya maka nilai kalorinya juga semakin naik. Nilai kalori tertinggi terdapat pada biobriket sampel 80D yaitu sebesar 6,515.89 cal/gram. pada ukuran *mesh* 80 *mesh* analisis kualitas briket dan kualitas uji pembakaran lebih baik dibandingkan dengan ukuran partikel 60 *mesh.*

Kata kunci: Biobriket, *bottom ash*, arang kayu, tempurung kelapa

ABSTRACT

Fulfilling the need for energy fuel to society is increasing, so special handling is needed. The abundant bottom ash potential comes from the waste of coal use at the power plant, as well as the large production of coconut shell charcoal and wood charcoal that can be made into environmentally friendly briquettes. This research was conducted by making samples using the composition variations in bottom ash, coconut shell charcoal, wood charcoal, adhesive and lime. Then the proximate analysis test, calorific value test and combustion test were carried out on particle sizes of 60 mesh and 80 mesh. Based on the results of laboratory test , the more bottom ash composition, the higher the water content value, the largest water content of 10.10% is in sample 60A, while the composition of coconut shell charcoal and wood charcoal is increasing, the water content is getting smaller. The composition of the smallest water content value is found in the 80D sample, which is 5.77%. The calorific value produced is directly proportional to the composition of coconut shell charcoal and wood charcoal, the higher the charcoal composition, the higher the calorific value. The highest calorific value is found in the 80D sample biobriquette, which is 6,515.89 cal/gram. at a mesh size of 80 meshes , the analysis of the quality of the briquettes and the quality of the combustion tested was better than the particle size of 60 meshes.

Keywords: Biobriquette, bottom ash, wood charcoal, coconut shell

Submitted: 25-08-2022; Revised: 11-10-2022; Accepted: 12-10-2022; Available Online: 30-09-2022
Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat
This is an open access article under the CCBY license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya jumlah perkembangan jumlah penduduk, kemajuan teknologi bahkan sampai meningkatnya perkembangan industri-industri yang mengharuskan ketersediaan bahan bakar juga ikut harus terpenuhi. Permintaan kebutuhan bahan bakar yang melonjak membuat masyarakat bahkan industri besar harus memutar otak menggunakan potensi sumber daya yang bisa digunakan, contohnya adalah *bottom ash* batubara, tempurung kelapa dan arang kayu yang dalam penelitian ini menjadi bahan utama untuk pembuatan bahan bakar ramah lingkungan [8].

Kalimantan Selatan adalah daerah yang terkenal dengan sumber daya alam seperti tambang batubara. Namun batubara memiliki limbah padat seperti *bottom ash* dan *fly ash* yang berasal dari sisa penggunaan batubara di PLTU. *Bottom ash* yang berasal dari PLTU yang menggunakan tipe boiler *Fixed Bed* biasanya masih bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena masih mengandung nilai kalori yang cukup besar. Potensi arang kayu yang melimpah yang ada di Kalimantan selatan belum dimanfaatkan secara optimal [9]. Kelapa di Indonesia sangat diminati oleh industri makanan dengan berbagai pengolahan. Namun limbah tempurung kelapa yang sampai sekarang masih perlu inovasi lebih untuk pemanfaatannya seperti pembuatan kerajian bahkan dijadikan bahan bakar.

Dalam hal ini untuk mewujudkan kebutuhan masyarakat dan industri serta pemanfaatan limbah yang ramah lingkungan dengan cara pengolahan bahan bakar *bottom ash* batubara yang dicampurkan dengan biomassa atau bisa dikatakan sebagai biobriket.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14240

METODOLOGI

Proses Pembuatan Biobriket

Pada penelitian biobriket yang digunakan kali ini adalah dengan menggunakan komposisi dasar yaitu *bottom ash*, arang tempurung kelapa dan serbuk kayu serta bahan tambahan seperti perekat (minyak tanah + serbuk damar) ukuran 1:1. Bahan dasar biobriket *bottom ash* dan arang tempurung kelapa dan arang kayu melalui proses preparasi dan selanjutkan diayak untuk mendapatkan ukuran yang halus agar bisa hoomogen dengan ukuran partikel *bottom ash* dan arang tempurung kelapa. Ukuran yang digunnakan yaitu 60 mesh dan 80 mesh. Salah satu pencampuran komposisi biobriket dengan jumlah berat 200 gram setiap sekali cetakan mendapatkan 8 buah biobriket tipe telur. Pengujian kualitas biobriket berdasarkan dari analisis *proximate* dan kualitas pembakaran biobriket. Seluruh data yang didapatkan dimuat dalam *Miscrosoft Excel* 2010 dengan pengolahan grafik dari analisis *proximate* dan kualitas pembakaran. Analisis data dilajutkan dengan membandingkan dengan standar mutu serta karakteristik dari Pedoman Pembuatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara Untuk Industri Kecil Dan Rumah Tangga No 47 Tahun 2006 [1].

Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan berdasarkan rumusan masalah seperti bagaimana pengaruh nilai analisis *proximate*, *calorific value* dan ukuran butir partikel yang digunakan pada bahan briket terhadap kualitas briket dan kualitas pembakaran serta pengaruh komposisi terhadap kualitas briket dan kualitas pembakaran.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut tipe birobriket yang dibuat adalah tipe telur, *bottom ash* yang digunakan berasal dari PLTU Cahaya Borneo Sukses Agrosindo Kalimantan Selatan, pengujian hanya analisis *proximate* dan *calorific value* dengan mengkorelasikan nilai analisis tersebut dengan komposisi briket, kualitas briket dan kualitas pembakaran tanpa analisis *ultimate*, sedangkan ukuran partikel yang digunakan 60 *mesh* dan 80 *mesh* serta tidak adanya uji kuat tekan dan densitas briket.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Analisis Karakteristik Briket

Hasil analisis laboratorium yang dilakukan terhadap biobriket adalah sebagai berikut:

A. Komposisi Biobriket

Biobriket yang dihasilkan dalam penelitian ini terdiri dari komposisi yang terdiri dari *bottom ash*, arang tempurung kelapa, arang kayu, dan getah kayu damar sebagai binder (perekat) serta kapur. Berikut adalah tabel komposisi biobriket

Presentase komposisi *bottom ash* yang digunakan dari 30% sampai 60%, sedangkan komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu dari 10% sampai 25%. Untuk komposisi perekat 15% dan kapur5% pada semua ukuran partikel yang digunakan untuk pembuatan biobriket.

Tabel-1. Komposisi Biobriket

Ukuran (Mesh)	Bottom Ash (%)	Arang Kelapa (%)	Arang Kayu (%)	Perekat(%)	Kapur (%)
60A	60	10	10	15	5
60B	50	15	15	15	5
60C	40	20	20	15	5
60D	30	25	25	15	5
80A	60	10	10	15	5
80B	50	15	15	15	5
80C	40	20	20	15	5
80D	30	25	25	15	5

B. Analisis *Inherent Moisture (adb)*

Hasil pengujian kandungan *inherent moisture* pada sampel ukuran partikel 60 *mesh* didapat nilai yang paling besar 10.10% pada komposisi sampel 60A dan nilai terendahnya pada komposisi sampel 60C, kemudian pada sampel ukuran partikel 80 *mesh* didapat yang paling nilai yang terbesar 8,34% pada sampel 80A dengan nilai terendahya pada komposisi sampel 80C. Nilai *inherent moisture* dapat dilihat pada Tabel-2.

Tabel-2. Hasil uji *Inherent Moisture*

Kode sampel	Nilai Inherent Moisture (%)	Rata-rata Inherent Moisture (%)	Kode sampel	Nilai Inherent Moisture (%)	Rata-rata Inherent Moisture (%)
60A	10.02 10.17	10.10	80A	8.02 8.67	8.34
60B	7.75 7.87	7.81	80B	6.39 6.63	6.51
60C	7.99 6.28	7.14	80C	5.35 5.38	5.36
60D	8.06 7.93	7.99	80D	5.77 5.77	5.77

Ditinjau dari Permen ESDM No 47 Tahun 2006 dimana karakteristik briket untuk nilai *inherent moisture* paling maksimal adalah 20%. Dilihat dari tabel-2. didapatkan hasil pengujian *inherent moisture* nilainya paling rendah 5.35% dan paling tinggi 8.67% sehingga biobriket yang dihasilkan berdasarkan nilai *inherent moisture* sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam Permen ESDM diatas.

C. Analisis *Ash (adb)*

Pada pengujian nilai *ash content* pada sampel ukuran partikel 60 *mesh* didapat nilai yang paling besar 6.80% pada sampel 60D dengan nilai terendahnya sama dengan 6.48% pada komposisi sampel 60A, lalu pada sampel ukuran partikel 80 *mesh* didapat yang paling besar 6.13% pada sampel 60D dengan nilai terendahya sama dengan 5.30% pada komposisi sampel 60A dapat dilihat detail dari Tabel-3.

D. Analisis *fix carbon*

Pada hasil analisis *fixed carbon* pada sampel briket didapatkan nilai tertinggi pada ukuran sampel 60D *mesh* yaitu 83.47%, sedangkan nilai fixed carbon terendah pada sampel 60A. sama hasilnya dengan ukuran partikel 80 *mesh* dimana nilai tertinggi berasal dari sampel 80D dan yang terendah pada sampel 80A yang dapat dilihat secara detail pada Tabel-4.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14240

Tabel-3. Hasil analisis *ash content*

Kode sampel	Nilai Ash (%)	Rerata Ash (%)	Kode sampel	Nilai Ash (%)	Rerata Ash (%)
60A	7.58	6.48	80A	4.50	5.30
	5.39			6.09	
60B	7.45	6.52	80B	4.55	5.37
	5.58			6.20	
60C	6.49	6.53	80C	5.66	5.92
	6.56			6.18	
60D	7.11	6.80	80D	5.11	6.13
	6.49			7.16	

Tabel-4. Hasil uji *fix carbon*

Sampel	Fixed Carbon (%)	Sampel	Fixed Carbon (%)
60A	77.23	80A	82.57
60B	81.87	80B	83.7
60C	82.48	80C	84.62
60D	83.47	80D	85.22

E. Analisis *Calorific Value (adb)*

Pada pengujian nilai kalori pada sampel ukuran partikel 60 *mesh* didapat nilai yang paling besar 6430.00 Cal/g pada sampel 60D dengan nilai kaori terendahnya sebesar 5834,18 Cal/g pada komposisi sampel 60A, kemudian pada sampel ukuran partikel 80 *mesh* didapat yang paling besar 6515.89 Cal/g pada sampel 80D dengan nilai terendahya dengan nilai 5977.84 Cal/g pada komposisi sampel 80A. Nilai kalori dapat dilihat pada Tabel-5. Pengujian nilai kalori dilakukan dua kali untuk setiap sampel dan hasil dari pengujian tersebut kemudian diambil rata-rata.

Tabel-5. Hasil uji *calorific value (adb)*

Kode sampel	Calorific Value (Cal/g)	Rerata CV (Cal/g)	Kode sampel	Calorific Value (Cal/g)	Rerata CV (Cal/g)
60A	5,976.72	5,834.18	80A	5,778.05	5,977.84
	5,691.64			6,177.63	
60B	6,089.25	6,076.72	80B	6,206.25	6,098.03
	6,064.18			5,989.80	
60C	6,078.18	6,017.75	80C	6,179.59	6,177.13
	5,957.31			6,174.66	
60D	6,350.00	6,390.00	80D	6,241.27	6,515.89
	6,430.00			6,790.50	

F. Analisis Uji Pembakaran

Tabel-6. Hasil uji bakar biobriket

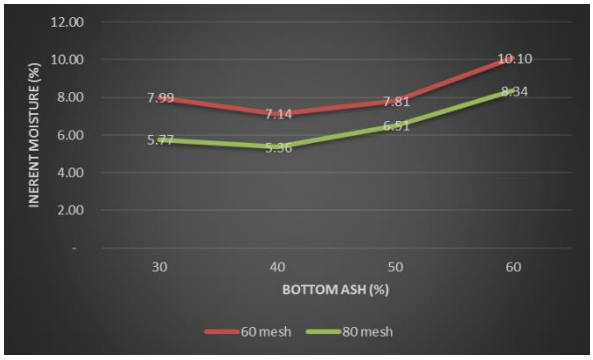
Sampel	Uji Bakar (S)	Sampel	Uji Bakar (S)
60A	695	80A	825
60B	785	80B	873
60C	798	80C	923
60D	890	80D	945

Pada hasil uji bakar sampel didapat waktu pembakaran pada sampel ukuran sampel 60 *mesh* yang paling lama ialah pada sampel 60D dengan waktu 890 detik sedangkan waktu tercepat pada sampel 60A dengan waktu 695 detik. Untuk sampel ukuran 80 *mesh* dengan waktu paling lama dengan waktu 945 detik dari sampel 80D serta waktu tercepat pada 825 detik pada sampel 80A. Nilai uji bakar terlihat pada tabel 6.

Analisis Pengaruh Komposisi dan Ukuran Partikel

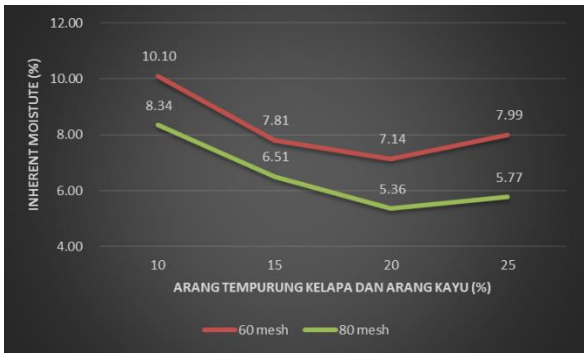
A. *Inherent Moisture* (Kandungan air)

Gambar-1 menjelaskan bahwa semakin tinggi komposisi *bottom ash* maka nilai *inherent moisture* semakin tinggi. Hal ini dikarenakan *bottom ash* mempunyai kandungan air yang lebih besar dibandingkan dengan material lain yang digunakan dalam pembuatan biobriket ini. Kandungan air untuk ukuran partikel 60 mesh lebih tinggi daripada ukuran 80 mesh hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin luas permukaan partikel dan penguapan kandungan air akan semakin mudah.



Gambar-1. Pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap *inherent moisture*

Hal ini juga terlihat sama untuk kandungan air ditinjau prosentase jumlah arang tempurung kelapa dan arang kayu bahwa untuk ukuran mesh yang lebih kecil maka kandungan airnya juga lebih kecil.



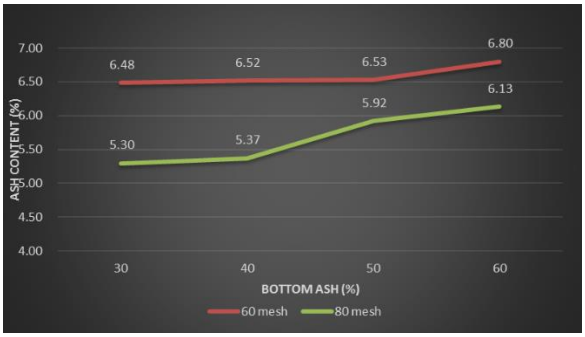
Gambar-2. Pengaruh komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu terhadap kandungan *inherent moisture*

B. *Ash Content* (Kandungan abu)

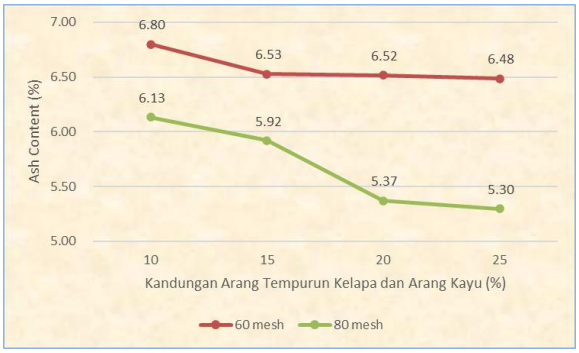
Hasil yang berbeda ditunjukkan dari kedua ukuran, nilai kandungan abu cenderung lebih rendah pada ukuran 80 *mesh* dibandingkan dengan ukuran partikel 60 mesh (Gambar-3).

Besarnya kandungan abu dipengaruhi oleh komposisi *bottom ash* semakin naik komposisi *bottom ash* maka akan semakin kandungan abu dalam biobriket begitu pula sebaliknya (Gambar-4).

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14240



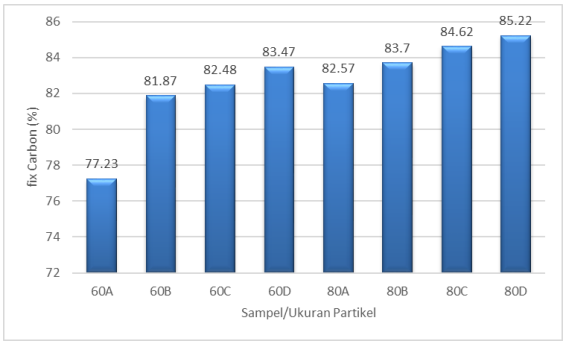
Gambar-3. Pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap *ash content*



Gambar-4. Pengaruh komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu terhadap kandungan *ash content*

Kandungan abu yang dihasilkan oleh biobriket bottom ash diatas masih sesuai dengan Permen ESDM No. 47 Tahun 2006 tentang pedoman pembuatan dan pemanfaatan briket batubara dan bahan bakar padat berbasis batubara. Kandungan abu yang diperbolehkan adalah <10% [5] sedangkan kandungan abu terbesar yang dihasilkan dari biobriket ini adalah 6.8%.

C. *Fix carbon*

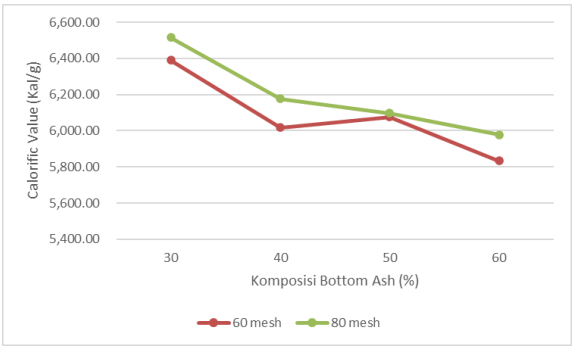


Gambar 4. Kandungan *fix carbon* dalam berbagai ukuran sampel

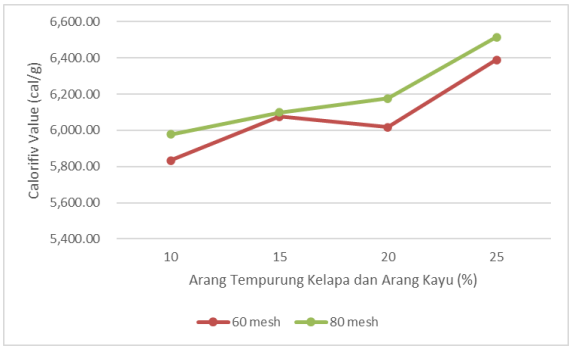
Adanya perbedaan ukuran ternyata mempengaruhi nilai *fix carbon* yang dihasilkan oleh biobriket, semakin kecil ukuran partikel nilai *fix carbon* yang dihasilkan semakin tinggi. Tinggi rendahnya nilai *fix carbon* akan mempengaruhi nilai kalori yang akan dihasilkan jika biobriket tersebut dibakar.

D. *Calorifiv Value* (Nilai Kalori)

Nilai kalori yang dihasilkan oleh biobriket tergantung dari komposisi biobriket tersebut. Nilai kalori akan semakin tinggi jika komposisi *bottom ash* yang digunakan semakin kecil dan begitu sebaliknya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar-5.



Gambar-5. Pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap nilai *calorific value*



Gambar-6. Pengaruh komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu terhadap nilai *calorific value* yang dihasilkan

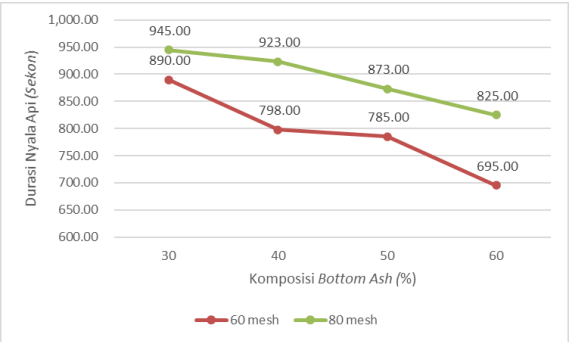
Komposisi arang kayu dan arang tempurung kelapa sangat mempengaruhi nilai kalori biobriket yang dihasilkan, semakin tinggi komposisi arang kayu dan arang tempurung kelapa dalam biobriket maka nilai kalorinya akan semakin tinggi pula demikian sebaliknya. hal ini dikarenakan nilai kalori dari arang kayu dan arang tempurung kelapa lebih tinggi daripada nilai kalori dari *bottom ash* batubara. Nilai kalori tertinggi tertinggi sebesar 6.515,89 cal/g terdapat pada biobriket ukuran 80 mesh dengan komposisi 30% *bottom ash*, arang kayu 25% dan 25% arang tempurung kelapa. Nilai kalori biobriket pada ukuran 80 mesh cenderung lebih tinggi daripada biobriket ukuran 60 mesh hal ini dikarenakan kadungan air pada biobriket ukuran 80 mesh lebih kecil dibandingkan pada ukuran 60 mesh. Semakin banyak kandungan air dalam biobriket maka panas yang dihasilkan akan digunakan untuk menguapkan air pada waktu pembakaran sehingga akan mengurangi nilai kalori yang dihasilkan.

E. Uji Pembakaran

Komposisi pada biobriket berpengaruh pada durasi pembakaran. Semakin sedikit komposisi *bottom ash* yang digunakan maka durasi pembaran akan semakin besar. Hal ini dikarenakan jika komposisi *bottom ash* semakin besar dibandingkan dengan komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu maka pada saat pembakaran biobriket tidak semuanya terbakar. Hal ini berbeda jika komposisi arang kayu dan arang tempurung kelapa semakin besar maka biobriket akan habis terbakar dan durasi pembakaran semakin lama.

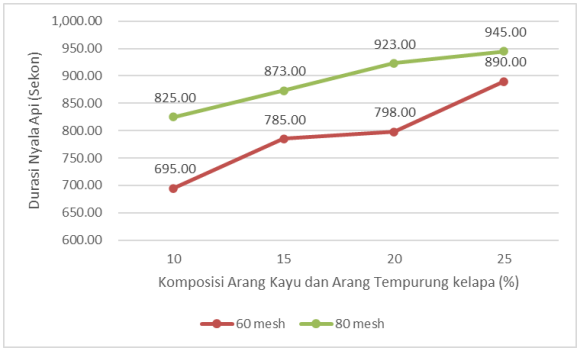
Durasi pembakaran/nyala api dari masing-masing komposisi *bottom ash* dapat dilihat pada gambar 7. Durasi paling lama dihasilkan oleh komposisi *bottom ash* 30 % yaitu sebesar 890 detik untuk ukuran partikel 60 mesh dan 945 detik untuk 80 mesh.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14240



Gambar-7. Pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap lama durasi pembakaran

Dilihat dari grafik pada Gambar-7 durasi pembakaran pada ukuran partikel 80 mesh lebih lama dibandingkan dengan ukuran 60 mesh. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran yang digunakan maka semakin kuat biobriket yang dibuat sehingga pada saat dibakar maka biobriket tersebut tidak cepat pecah.



Gambar-8. Pengaruh komposisi arang kayu dan arang tempurung kelapa terhadap lama durasi pembakaran

Pada Gambar-8 memperlihatkan bahwa semakin meningkatnya komposisi arang kayu dan arang tempurung kelapa maka durasi pembakarannya akan semakin lama.

KESIMPULAN

1. *Bottom ash* dari PLTU dengan boiler tipe *fixed bed* masih bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi salah satunya dibuat biobriket.
2. Komposisi *bottom ash* sangat mempengaruhi kandungan abu dalam biobriket.
3. Komposisi arang tempurung kelapa dan arang kayu berpengaruh besar pada kualitas biobriket yang dihasilkan.
4. Kualitas terbaik biobriket terdapat pada ukuran partikel 80 mesh dengan komposisi bottom ash 30%, arang tempurung kelapa 25%, arang kayu 25% perekat 15% dan kapur 5% dengan hasil analisa *Inherent Moisture* 5,77%, Ash 5,30%, Kalori 6.515,89 kal/g serta durasi pembakaran 945 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu kegiatan penelitian ini yaiut:
1. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan pendanaan melalui Program Dosen Wajib Meneliti 2022.
2. Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara Prodi Teknik Pertambangan yang telah menyediakan peralatan yang dibutuhkan.
3. Laboratorium Batubara Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Selatan yang telah membantu untuk Analisa proximate dan ultimate sampel biobriket.
4. PT PLN Unit Pembangkit Asam-asam dan PT CBSA yang telah memberikan sampel *bottom ash* batubara.

DAFTAR ACUAN

[1] Anonim. Permen ESDM No.47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara

[2] Bhattacharya, S. C., Leon, M.A., and Rahman M.M., A Study on Improved Biomass Briquetting, *Proceedings Of The Internasional Conference on Biomass-based Fuels and Cooking Systems*, India, 2000, hal. 1-8.

[3] Gunawan, B., Slamet, S., Pembuatan Biobriket dari Limbah Bottom Ash PLTU dengan Biomassa Cangkang Kopi, *Jurnal Simetris*, Vol. 6, No.2, 2015, hal.289-294

[4] Jamilatun, S., Kualitas Sifat – sifat Penyalaan dari Pembakaran Briket Tempurung Kelapa, Briket Serbuk Gergaji Kayu Jati, Briket Sekam Padi dan Briket Batubara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Yogyakarta, 2011, hal. 1-7

[5] Jamilatun, S., Sifat-sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu, *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 2, No. 2, 2008, hal. 37-40

[6] Rismiyanti, S., Sjaifudin, A. T., Pembuatan Biobriket Dari Limbah Sabut Kelapa dan Bottom Ash, *Jurnal Ilmiah Arena Tekstil*, Vol.26, No.1, 2011, hal. 47-54

[7] Slamet S., B. Gunawan, Karakterisasi Biobriket Campuran Bottom Ash dan Biomassa Melalui Proses Karbonisasi Sebagai Bahan Bakar Padat, *Proseding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Jakarta, 2015, hal. 1-8.

[8] Sulistyanto, A., Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa, *Media Mesin*, Vol.7, No.2, 2006, hal.77-84

[9] Triantoro, A., A. Mustofa, Kartini, A. Hanafi. Studi Analisa Kualitas Biobriket Campuran Bottom Ash Batubara dan Onggok Tepung Tapioka Menggunakan Karbonisasi, *Jurnal Flux* Vol.01, No.1, 2019

[10] Qomarudin, M., Sudarno. Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Pengganti Agregat Halus dengan Tambahan Kapur Pada Pembuatan Paving, *Jurnal Riviews in Civil Engineering*, Vol.01, No.1, 2017, hal. 13-18

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14240