PENGARUH VARIASI BENTUK (SEGI EMPAT DAN SEGI ENAM), UKURAN PARTIKEL DAN TEKANAN TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET LIMBAH ARANG KAYU ALABAN DAN SEKAM PADI

EFFECT OF VARIATION FORM (QUADRILATERAL AND HEXAGON), PARTICLE SIZE AND PRESSURE ON THE CHARACTERISTICS OF BURNING CHARCOAL WOOD WASTE BRIQUETTES ALABAN AND RICE HUSK

Akhmad Syarieff¹⁾, A'yan Sabitah²⁾, Luqmanul Hakim³⁾, Fadliyanur⁴⁾, Dhanu Suryanta⁵⁾, Defrihans Galang P⁶⁾, Hansen Rivaldo Napitulu⁷⁾, Aulia Aufa Ramadhasari⁸⁾, Ichwan Noor Ardiyat⁹⁾

^{1,3,4,5,6,7,8}Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

^{2,9}Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin

email: akhmadsyarief@gmail.com*

Received:
17 Mei 2021

Accepted:
26 Juni 2021

Published:
30 Juni 2021

© 2021 SJME
Kinematika All
Rights Reserved.

Abstrak

Bahan bakar briket sudah banyak diteliti dan dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar padat seperti kayu. Salah satunya briket terbuat dari biomassa yang sudah tidak terpakai seperti serbuk gergaji, sekam padi bahkan limbah sisa industri. Pada penelitian ini peneliti tertarik untuk mengetahui karakteristik pembakaran briket yang terbuat dari sekam padi dicampur limbah arang kayu alaban yang meliputi penyalaan awal, laju pembakaran dan temperatur pembakaran. Adapun sampel briket yang digunakan dengan memvariasikan berupa bentuk segi empat dan enam, mesh 20 dan mesh 40 dan tekanan cetak briket sebesar 50 kg/cm² dan 100 kg/cm². Hasil menunjukkan temperatur tertinggi dimiliki briket segi empat dengan mesh 40 dan kekuatan tekan 50 kg/cm² sebesar 412⁰C dan yang terendah dimiliki briket segi empat dengan mesh 20 dengan kekuatan tekan 100 kg/cm² sebesar 333,33⁰C. Semakin rendah tekanan pencetakan penyalaan awal semakin cepat dan laju pembakaran lebih lama karena ada rongga udara dan tingginya tekanan pencetakan mempengaruhi lamanya proses pembakaran.

Kata Kunci: briket, sekam padi, arang kayu alaban

Abstract

Briquettes have been researched and developed as a substitute for solid fuels such as wood. One of them is briquettes made from processing waste such as sawdust, rice husks and even industrial waste. In this journal research, researchers are interested in knowing the characteristics of burning briquettes made from rice husk mixed with alaban wood charcoal waste which includes initial ignition, combustion rate and combustion temperature. The briquette samples used were varied in the form of rectangular and hexagonal shapes, mesh 20 and mesh 40 and the briquette printing pressure of 50 kg/cm² and 100 kg/cm². The results showed that the highest temperature for rectangular

briquettes with a mesh of 40 and a compressive strength of 50 kg/cm² was 412°C and the lowest for rectangular briquettes with a mesh of 20 and a compressive strength of 100 kg/cm². 333.33 °C. Pressure strength affects the ignition speed, the faster the initial ignition and the longer the combustion rate due to the presence of air voids and the high moulding pressure affects the duration of the combustion process.

Keywords: *briquettes, rice husks, alaban wood charcoal*

DOI: 10.20527/sjmekinematika.v6i1.187

How to cite: Syarief, A., Sabitah, A., Hakim, L., Fadliyanur, Suryanta, D., Galang, P. D., Napitulu, H. R., Ramadhasari, A. A., Ardiyat, I. N., "Pengaruh Variasi Bentuk (Segi Empat Dan Segi Enam), Ukuran Partikel Dan Tekanan Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Arang Kayu Alaban Dan Sekam Padi. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*", 6(1), 43-52, 2021.

PENDAHULUAN

Kalimantan Selatan merupakan provinsi penghasil gabah padi terbesar di pulau kalimantan sebesar 1.343 juta ton pada tahun 2019 [1]. Perbandingan antara gabah-sekam adalah 1:0.24 sehingga pada tahun 2019 Kalimantan Selatan memproduksi sekam padi sebanyak 322.320 ton. Selain sebagai lumbung padi kalimantan, Kalimantan Selatan juga memiliki arang khas yang cukup terkenal bahkan dapat mencapai kualitas ekspor yaitu arang kayu alaban. Namun tidak semua kayu alaban yang diolah dapat menjadi arang kualitas jual. Terdapat arang yang tidak memenuhi standar dan tidak dapat dijual sehingga disebut dengan limbah arang alaban. Limbah hasil dari pertanian dan hasil pembuatan arang dari kayu alaban dapat dimanfaatkan ulang menjadi bahan bakar alternatif berupa briket, agar limbah tersebut bisa memiliki nilai ekonomis lebih tinggi [2,3].

Teknik pembuatan briket menerapkan suatu tekanan pada suatu massa partikel agar menghasilkan suatu material baru yang padat, solid dan geometris massa jenis tinggi [4]. Teknik ini memiliki berbagai keuntungan, seperti peningkatan kemampuan transportasi dan penyimpanan, produksi biofuel dengan kualitas pembakaranyang seragam, mengurangi kemungkinan terjadinya pembakaran spontan danbiodegradasi residu. Secara umum, bahan bakar briket memiliki parameter energiyang lebih baik, densitas yang lebih tinggi, nilai kalor yang lebih tinggi (terutama per unit volume) dan kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakunya [5]. Karena kelembaban briket yang rendah, tungku dengan cepat mencapai suhutinggi, menghasilkan lebih sedikit asap dan jelaga. Selain itu, material yangdihasilkan dari kompresi mencapai hasil temperatur yang lebih tinggidan telah meningkatkan keteraturan termal, sehinggamempertahankan panas yang homogen [6].

Kualitas briket dan desain serta operasi pembakaran biomassa bergantungpada karakteristik biomassa seperti nilai kalor, kadar air dan komposisi unsur [7,8]. Nilai kalor adalah energi yang dilepaskan per satuan massaatau per satuan volume bahan bakar ketika dibakar sempurna termasuk energiyang terkandung dalam uap air dalam gas buang; umumnya dinyatakan sebagainilai kalor yang lebih tinggi (HHV) bahan bakar [9]. Sifat ini sangat penting,terutama dalam penggunaan limbah sebagai sumber energi untuk menggantikanbahan bakar minyak bumi dan pemulihan energi [10-12].

Mengenai kadar air, residu yang memiliki kadar air tinggi dapat menyebabkanmasalah selama proses. Kelembaban berlebih ini dapat menyebabkan penyalaan yang buruk dan menurunkan suhu pembakaran yangmempengaruhi kualitas pembakaran [11]. Selain itu letak dan tempat tumbuh berkembang jenis biomassa yang digunakan juga mempengaruhi kadar air biomassa. Jenis sekam padi yang tumbuh dikawasan pesisir sungai memiliki kadar air yang tinggi dibandingkan dengan sekam padi yang tumbuh berkembang di kawasan gambut.

Faktor lain yang melibatkan karakterisasi biomassa untuk sumber energi adalah karbon tetap dan bahan mudah menguap, yang terdiri dari energi kimia, disimpan dalam bentuk senyawa tersebut [14]. Karbon tetap dan hal-hal yang mudah menguap dapat memberikan ukuran seberapa mudah bahan tersebut dapat dinyalakan. Kandungan zat volatil yang tinggi dapat meningkatkan proses penyalakan dan pembakaran, meskipun pembakaran diharapkan akan cepat dan berbeda. Kandungan volatile matter yang tinggi juga diperkirakan akan mempengaruhi proses pembakaran secara keseluruhan [13].

Kandungan abu merupakan bahan tidak terpakai dan tidak berkontribusi terhadap total panas yang dilepaskan oleh pembakaran, dan mengurangi nilai kalor dari bahan tersebut. Komposisi kimiawi abu merupakan parameter penting yang harus diperhatikan selama konversi termokimia yang dapat menimbulkan masalah signifikan dalam operasional seperti pembentukan terak pada suhu yang lebih tinggi, sehingga mengurangi efisiensi dan meningkatkan biaya proses [14].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel dan tekanan terhadap karakteristik pembakaran briket limbah arang kayu alaban dan sekam padi berbentuk segi empat dan segi enam.

METODE PENELITIAN

Percobaan dilakukan dalam dua langkah: i) Untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk briket segi empat dan segi enam terhadap karakteristik pembakaran briket limbah arang kayu alaban - sekam padi; ii) Untuk mengetahui pengaruh tekanan dan ukuran partikel briket terhadap karakteristik pembakaran briket limbah arang kayu alaban – sekam padi.

Sekam padi diperoleh di tempat selipan padi yang terdapat di daerah Anjir Pasar, dimana daerah tersebut merupakan daerah penghasil padi yang cukup besar dan kualitasnya juga bagus. Sedangkan limbah arang alaban diperoleh dari hasil sisa proses pengarangan yang terdapat di daerah Hulu Sungai, dimana limbah ini tidak terpakai dan banyak menumpuk disekitar tempat produksi arang alaban.

Pengujian pembakaran dilakukan setelah semua bahan dilakukan seleksi berupa pembersihan, pengeringan penghalusan dan penyaringan setelah itu baru dibentuk briket menggunakan alat cetak briket dengan tekanan cetak sebesar 50 kg/cm² dan 100 kg/cm² selama 60 detik. Selain memvariasikan tekanan disini juga melakukan variasi bentuk dan pencampuran antara arang alaban dan sekam padi.

Tabel 1. Data sampel

Sampel	Presentasi Perekat (g)	Jenis Perekat (g)	Bentuk	Ukuran Partikel (mesh)	Tekanan Pembriketan
Sekam padi 90% - Arang alaban 10%	2	Tepung Sagu	Segi Empat	20	50 kg/cm ²
				40	
				20	100 kg/cm ²
				40	
			Segi Enam	20	50 kg/cm ²
				40	
				20	100 kg/cm ²
				40	

Tabel 2. Pemberian kode briket

Segi empat		Segi enam	
Kode	Keterangan sampel	Kode	Keterangan sampel
A1	20 mesh, tekanan cetak 50 kg/cm ²	C1	20 mesh, tekanan cetak 50 kg/cm ²
A2	40 mesh, tekanan cetak 50 kg/cm ²	C2	40 mesh, tekanan cetak 50 kg/cm ²
B1	20 mesh, tekanan cetak 100 kg/cm ²	D1	20 mesh, tekanan cetak 100 kg/cm ²
B2	40 mesh, tekanan cetak 100 kg/cm ²	D2	40 mesh, tekanan cetak 100 kg/cm ²

Bahan bakar briket yang sudah jadi selanjutnya dilakukan uji visualisasi terlebih dahulu untuk menentukan briket yang sudah jadi layak digunakan dan di uji. Setelah dilakukan seleksi visualisasi dilanjutkan proses pengeringan terlebih dahulu sebelum diuji karakteristik pembakarannya.

Gambar 1. Briket Segi Empat dan Briket Segi Enam

Proses pengeringan dilakukan dengan dijemur dibawah terik matahari selama 7 hari. Parameter karakteristik briket yang diamati selama penelitian ini meliputi temperatur pembakaran, penyalan awal, laju pembakaran dan lama pembakaran.

Gambar 2. Alat Uji Pembakaran Briket

Pada gambar 2 menunjukkan alat yang digunakan selama penelitian untuk mengamati karakteristik briket. Briket diletakkan di stand yang terletak diatas heater listrik, selanjutnya heater listrik dinyalakan menggunakan arus listrik, namun arus listrik harus melewati trafo terlebih dahulu agar tegangan arus listrik dapat stabil. Pengamatan selama proses pembakaran menggunakan kamera, stopwatch digunakan untuk mengukur waktu, timbangan digital digunakan untuk mencatat penurunan masa briket selama proses pembakaran dan termometer infrared digunakan untuk mengukur temperatur pembakaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik pembakaran briket yang meliputi temperatur pembakaran, penyalaan awal, laju pembakaran dan lama pembakaran. didapatkan data pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 3. Hasil temperatur briket

Waktu Pembakaran (menit)	Temperatur (C)							
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
10	144,33	173,33	140,33	109,00	129,00	139,00	147,67	125,67
20	279,33	247,67	179,33	178,67	169,33	240,33	190,67	199,67
30	351,67	325,33	244,67	186,00	204,00	314,00	272,67	296,67
40	275,67	412,33	260,67	342,00	354,67	327,67	258,33	332,67
50	289,67	328,33	333,33	311,67	379,00	323,67	338,00	340,67
60	392,33	329,00	319,67	276,00	367,00	322,33	391,33	334,67
70	271,67	272,33	289,33	260,00	370,67	374,33	340,67	383,00
80	198,67	256,33	215,33	235,67	253,00	316,67	266,00	334,00
90	147,67	196,33	249,33	180,33	207,67	241,67	226,00	247,33
100	95,67	118,33	177,00	133,00	145,33	188,00	125,67	210,33
110	64,33	71,00	114,33	100,00	73,33	105,00	103,00	151,33
120	41,00	51,50	86,50	58,00	28,00	55,33	54,00	85,00
130	3	48,00	39,50	28,00	0,00	12,00	14,00	46,00
140	0	33,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	12,33

Tabel 4. Hasil penyalaan awal, lama pembakaran, dan laju pembakaran

Penyalaan awal (menit)							
A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
2,172	4,10	4,56	4,73	3,38	4,54	3,36	4,40
Lama pembakaran (menit)							
A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
130	140	130	140	120,00	130,00	130,00	140,00
Laju pembakaran (gram/menit)							
A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
0,17	0,16	0,17	0,16	0,18	0,17	0,17	0,16

Pembahasan

Temperatur Pembakaran

Dari hasil tabel 3 dapat kita lihat hasil temperatur selama proses pembakaran briket dan hasilnya dapat kita amati pada grafik pada gambar 2.

Gambar 2. Grafik hasil temperatur terhadap lama waktu pembakaran briket sekam padi bercampur arang kayu alaban

Pada gambar 2 dapat melihat temperatur tertinggi selama proses pembakaran dimiliki oleh briket sekam padi campur alaban segi empat dengan mesh 40 dan tekanan 50 kg/cm² dengan temperatur tertinggi selama proses adalah 412 °C dan memiliki waktu pembakaran lebih lama sekitar 140 menit. Sedangkan nilai temperatur yang terendah dimiliki oleh briket sekam padi bercampur arang alaban dengan persegi empat dan mesh 20 dan tekanan 100 kg/cm² dimana nilai tertinggi temperatur selama proses pembakarannya sebesar 333,33°C.

Adapun dari gambar 2 dapat diamati pada grafik, dimana hasil temperatur dari briket sekam padi bercampur arang kayu alaban memiliki kenaikan dan penurunan temperatur yang teratur, namun ada satu briket dengan kode A1 yaitu briket segi empat dengan mesh20, dan tekanan pencetakan sebesar 50 kg/cm² yang mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak teratur.

Dari hasil grafik yang terdapat pada gambar 2 dapat disimpulkan bahwa selain bentuk saat pembriketan, besarnya partikel yang digunakan juga mempengaruhi temperatur dan lama proses pembakaran hal ini dapat dilihat pada grafik pada gambar 2. Dimana dari rata-rata briket dengan mesh 20 baik itu segi empat ataupun enam memerlukan waktu selama 110 menit baru terbakar semua, sedangkan briket dengan mesh 40 rata-rata memiliki lama pembakaran selama 140 menit. Ukuran partikel berpengaruh terhadap kadar air, kadar abu, nilai kalor, sisa pembakaran, temperatur dan laju pembakaran briket [17,18].

Penyalan Awal

Hasil dari pengujian penyalan awal briket sekam padi bercampur arang alaban dengan memvariasikan bentuk dan tekanannya dimana hasil dapat dilihat pada tabel 4 dan dari tabel tersebut dapat dibuat suatu grafik yang terdapat pada gambar 3 untuk dibahas lebih mendalam pengaruh dari bentuk dan tekanan pada saat pembuatan briket.

Gambar 3. Grafik hasil penyalan awal briket sekam padi bercampur arang kayu alaban

Dari gambar 3 dapat dilihat hasil penyalan awal briket persegi empat dengan mesh 20 dengan tekanan 50 kg/cm^2 memiliki kecepatan nyala yang paling cepat dimana hanya memerlukan waktu 2,17 menit sedangkan nilai penyalan awal yang paling lama dimiliki briket persegi empat dengan mesh 40 dan kekuatan tekanan 100 kg/cm^2 dimana penyalan awalnya memerlukan waktu selama 4,73 menit. Sedangkan untuk briket persegi enam dapat terlihat jelas perbedaan nilai penyalan awal dimana briket segi enam dengan tekanan 50 kg/cm^2 baik mesh 20 maupun mesh 40 memiliki waktu yang hampir sama yaitu sekitar 3,5 menit, namun untuk briket segi enam dengan tekanan 100 kg/cm^2 memiliki waktu yang lebih lama sekitar 4 menit lebih.

Dari hasil gambar 3 dapat disimpulkan bahwa bentuk, mesh dan tekanan mempengaruhi hasil penyalan awal briket yang terbuat dari sekam padi bercampur arang kayu alaban. Selain bahan yang digunakan bentuk dan juga ukuran partikel yang digunakan saat pembriketan mampu mempengaruhi penyalan awal, selain itu juga tinggi dan rendahnya hasil yang diperoleh disebabkan oleh kandungan air yang terdapat di dalam briket yaitu semakin tinggi kadar air semakin lama proses penyalan dan semakin rendah kadar air semakin cepat proses penyalan sampai timbul [15].

Lama Pembakaran

Dari gambar 4 dapat dilihat laju pembakaran briket sekam padi bercampur arang alaban, dimana waktu yang paling cepat selama pembakaran dimiliki briket dengan mesh 40 baik itu persegi empat maupun persegi enam dimana waktu lama pembakaran selama 140 menit, namun ada satu briket dengan mesh 40 yang memiliki lama pembakaran selama 130 menit yaitu briket dengan bentuk persegi enam dengan tekanan sebesar 50 kg/cm^2 .

Gambar 4. Grafik hasil lama pembakaran briket sekam padi bercampur arang kayu alaban

Sedangkan untuk briket sekam padi bercampur arang kayu alaban dengan mesh 20 memiliki lama pembakaran rata-rata selama 130 menit, baik itu persegi empat maupun persegi enam, namun disini juga ada satu briket dengan mesh 20 dengan persegi enam dengan tekanan 50 kg/cm^2 memiliki laju pembakaran lebih cepat dimana waktu yang diperlukan selama pembakaran hanya 120 menit. Tekanan pembriketan berpengaruh terhadap lama pembakaran, yaitu semakin tinggi tekanan pembriketan maka akan memperlama pembakaran briket.

Dari semua briket yang diujikan dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan yang digunakan dapat memperpanjang waktu lama pembakaran. Semakin besar partikel dan semakin besar tekanan cetak yang digunakan saat pembuatan briket maka semakin lama proses pembakaran, namun bukan hanya itu faktor yang mempengaruhi lamanya pembakaran, ada faktor-faktor lain seperti kandungan kadar air, bahan yang digunakan dan lain sebagainya [11].

Laju Pembakaran

Briket dapat memberikan pembakaran yang lebih bersih daripada kayugelondongan, meskipun laju pembakaran bisa lebih cepat. Laju pembakaran merupakan fungsi dari sifat kimiawi biomassa (dan pengikat), massa jenis briket, sifat geometris dan kerapuhan [15]. Laju pembakaran briket adalah kecepatan briket habis sampai menjadi abu dengan berat tertentu. Untuk menghitung laju pembakaran yaitu dengan membagi massa briket yang terbakar dengan waktu pembakaran atau lamanya pembakaran. Dari hasil pengujian didapat data pada tabel 4 dan dapat dibuat grafik seperti gambar 5.

Gambar 4. Grafik hasil laju pembakaran briket sekam padi bercampur arang kayu alaban

Dari hasil grafik gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin besar tekanan pencetakan dan besar mesh briket maka laju pembakaran semakin cepat. Hal ini dapat dilihat dimana pada briket segi empat dan enam dengan mesh 40 dan tekanan 100 kg/cm^2 nilainya tidak jauh berbeda. Adapun nilai untuk briket dengan mesh 40 dan tekanan 100 kg/cm^2 rata-rata laju pembakaran $0,16 \text{ gram/menit}$. Namun untuk bentuk segi enam dengan mesh 20 dengan tekanan pencetakan 100 kg/cm^2 memiliki laju pembakaran $0,17 \text{ gram/menit}$. Sedangkan briket dengan pencetakan 50 kg/cm^2 baik segi empat maupun segi enam disini nilainya juga tidak jauh berbeda dimana nilai laju pembakarannya sebesar $0,17 \text{ gram/menit}$.

Briket dengan kualitas baik memiliki sifat seperti tekstur yang halus, tidak mudah pecah, keras, aman bagi manusia dan lingkungan serta memiliki sifat-sifat penyalan yang baik. Sifat penyalan ini diantaranya adalah mudah menyala, waktu nyala cukup lama, tidak menimbulkan jelaga, asap sedikit dan cepat hilang serta nilai kalor yang cukup tinggi.

KESIMPULAN

Dari semua hasil uji karakteristik pembakaran briket sekam padi bercampur arang kayu alaban dengan memvariasikan bentuk, mesh dan tekanan yang meliputi penyalan awal, laju pembakaran dan temperatur pembakaran dapat disimpulkan:

1. Ukuran partikel mempengaruhi temperatur dan lamanya pembakaran, selain itu semakin besar partikel laju pembakaran memerlukan waktu lebih lama untuk menjadi abu.
2. Tekanan pembuatan briket mempengaruhi hasil seperti temperatur, lama pembakaran dan laju pembakaran. Semakin besar tekanan yang digunakan penyalan awal lebih lama, namun laju pembakaran mengalami peningkatan, dan temperatur lebih tinggi. Temperatur tertinggi briket sekam padi bercampur arang kayu alaban dimiliki briket segi empat dengan mesh 40 dan kekuatan tekan 50 kg/cm^2 sebesar 481°C dan yang terendah dimiliki briket segi enam dengan mesh 40 dengan kekuatan tekan 50 kg/cm^2 sebesar 341°C . Sedangkan penyalan awal tercepat dimiliki briket segi empat dengan mesh 20 dengan kekuatan tekan 50 kg/cm^2 dengan waktu $2,17 \text{ menit}$.

3. Bentuk briket dalam pengujian ini tidak terlalu berpengaruh terhadap temperatur, penyalaan awal, lama pembakaran dan laju pembakaran. Hal ini terlihat dari hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda.

REFERENSI

- [1] BPS. 2020. Luas Panen Dan Produksi Padi Di Indonesia 2019. Berita Resmi Statistik XXIII(16):1–12.
- [2] Syukri, M.N., 2014. Karakteristik Limbah Padi Sebagai Bahan Baku Bioenergi. PT. Insan Fajar Mandiri Nusantara.
- [3] Syarief, A., Nugraha, A. and Satria, M.A., 2020. Pengaruh Ukuran Partikel Dan Variasi Komposisi Briket Pada Campuran Limbah Arang Kayu Alaban Dengan Sekam Padi Terhadap Karakteristik Briket Dan Pembakaran. JMIO: Jurnal Mesin Industri dan Otomotif, 1(02), pp.6-16.
- [4] Y. Li, H. Liu, High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel, Biomass Bioenergy 19 (2000) 177e186.
- [5] M.J. Stolarski, S. Szczukowski, J. Tworkowski, M. Krzyzaniak, P. Gulczynski, M. Mleczek, Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass, Renew. Energy 57 (2013) 20e26.
- [6] S.C. Bhattacharya, M.A. Leon, M.M. Rahman, A study on improved biomass briquetting, Energy sustain. Dev. 1 (2) (2002) 67e71.
- [7] V.A.J. Rodrigues, C.M. Silva, A.C.O. Carneiro, A.A.P. Rezende, L.S. Santos, G.A. Ikawa, The use of pulp mill solid wastes for energy production, in: Proceedings of the 3th International Symposium on Energy from Biomass and Waste, 2010. Nov 8-11; Venice, Italy.
- [8] C. Sheng, J.L.T. Azevedo, Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data, Biomass Bioenergy 28 (2005) 499e507.
- [9] S.B. Ghugare, S. Tiwary, V. Elangovan, S.S. Tambe, Prediction of higher heating value of solid biomass fuels using artificial intelligence formalisms, Bioenergy Resour. 7 (2014) 681e692.
- [10] M. Erol, H. Haykiri-Acma, S. Küçükbayrak, Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data, Renew. Energy 35 (2010) 170e173.
- [11] J. Werther, M. Saenger, E.U. Hartge, T. Ogada, Z. Siagi, Combustion of agricultural residues, Prog. Energy Combust. Sci. 26 (2000) 1e27.
- [12] A. Williams, M. Pourkashanian, J.M. Jones, Combustion of pulverized coal and biomass, Prog. Energy Combust. Sci. 27 (2001) 587e610.
- [13] J. Szyszlak-Barglowicz, G. Zajac, W. Piekarski, Energy biomass characteristics of chosen plants, Intern. Agrophys. 26 (2012) 175e179.
- [14] P. McKendry, Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, Bioresour. Technol. 83 (2002) 37e46.
- [15] E.J.S Mitchell, B. Gudka, C. Whittaker, I. Perisai, A. Price-Allison, D. Maxwell, JM Jones, A. Williams. The use of agricultural residues, wood briquettes and logs for small-scale domestic heating, Fuel Processing Technology 210 (2020) 106552.
- [16] A'yan Sabitah, Apip Amrullah, Akhmad Syarief, Uji Ekspremental Karakteristik Briket Arang Berbahan Baku Limbah Sekam Padi Siam dan Pandak, INFO TEKNIK Volume 20 No. 1 Juli 2019 (47-58).