



Potensi Limbah Arang Kayu Alaban (*Vitex pubescens* Bahl), Abu Dasar dan Abu Terbang Batubara Sebagai Bahan Briket

Ninis Hadi Haryanti¹⁾, Suryajaya¹⁾, Sadang Husain^{1,*)} Henry Wardhana²⁾, Yulia Anggraini¹⁾ dan Nada Sofi Andini¹⁾

¹⁾Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia, 70714

²⁾Program Studi Teknik Sipil FT, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia, 70714

^{*)} Email Korespondensi: sadanghusain@ulm.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v17i1.6394>

Submitted: 08 Mei 2019; Accepted: 16 Januari 2020

ABSTRACT. Characterization of wood waste from halaban wood, bottom ash, and coal fly ash has been done includes tests of water content, ash content, calorific value, and composition as well as morphology. One of the factors that influences the characteristics is the powder size. Therefore, this research uses 250 mesh sieve (smaller powder size) to make briquettes. From the test results, the average moisture content was 4.22% for halaban wood charcoal, 1.64% for bottom ash and 0.91% for fly ash. Average ash content of 41.93% for halaban wood charcoal, 82.03% for bottom ash and 89.69% for fly ash. Average Calorie Value of 6833.1 cal/g for halaban wood charcoal, 389.5 cal/g for bottom ash and for coal fly ash with calorie value of 0. From the SEM-EDX analysis results, there was no C mean of 76.69% In halaban wood charcoal, the average ash percentage of C was 41.87% and the average percentage of C was 16.17% in coal fly ash. The results of tests carried out are expected to be waste wood charcoal, basic ash and fly ash can be used as a mixture in the manufacture of briquettes.

KEYWORDS: fly ash, bottom ash, coal, briquette, halaban

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan energi yang tidak diimbangi dengan ketersediaannya membuat kenaikan harga Bahan Bakar Minyak (BBM). Satu diantara pilihan energi alternatif pengganti BBM adalah briket. Briket dipilih karena harganya murah serta memiliki sifat ramah lingkungan. Briket dapat dibuat dari berbagai biomassa dan limbah yang tidak dimanfaatkan. Briket mudah dibuat melalui perlakuan penggerusan, pencampuran bahan baku, pencetakan dan pengeringan pada kondisi tertentu, sehingga diperoleh briket yang mempunyai bentuk ukuran fisik, dan sifat kimia tertentu.

Aneka macam hayati atau biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket, antara lain sekam padi, jerami, tempurung kelapa, serbuk gergaji, kayu, daun, ranting, rerumputan, jerami padi,

kertas, atau limbah-limbah pertanian lainnya yang dapat dikarbonisasi (Melwita, Patria, & Putra, 2015; Moeksin, Aquariska, & Munthe, 2017). Selain limbah pertanian yang dapat dikarbonisasi abu sisa pembakaran batubara juga memiliki potensi untuk dibuat menjadi briket (Triantoro, Mustofa, Kartini, & Hanafi, 2019).

Potensi limbah yang dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai briket adalah limbah industri arang kayu berupa serbuk dan serpihan yang merupakan bagian dari rontokan arang yang layak jual. Salah satu perusahaan produsen arang kayu adalah PT. Citra Prima Utama Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Di perusahaan ini, menghasilkan arang yang mencapai 6 ton perhari. Limbah tersebut didapat dari proses seleksi kualitas arang kayu yang akan diekspor. Industri arang kayu tersebut

terletak di Desa Ranggung, Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Jenis kayu yang digunakan adalah Alaban, Ulin, Anglai, dan kayu rimba campuran (Purba, 2011). Pohon alaban merupakan sumber daya alam yang banyak tumbuh di Kalimantan Selatan dan memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga satu diantara produknya yaitu arang alaban memiliki potensi ekspor.

Batubara banyak digunakan oleh industri dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebagai bahan bakar *boiler* untuk menghasilkan kukus (*steam*) sebagai media pemanas atau pembangkit listrik. Dari pembakaran batubara dihasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu. Abu tersebut sekitar 10-25% adalah abu dasar (*bottom ash*) dan sekitar 75-90% abu terbang (*fly ash*) dari total abu yang dihasilkan (Goodarzi, Huggins, & Sanei, 2008). Limbah abu hasil proses pembakaran yang terdiri dari abu terbang dan abu dasar dengan kandungan unsur aluminium (Al), arsenik (As), cesium (Ce), kobalt (Co), krom (Cr), besi (Fe), kalium (K), lantanum (La), mangan (Mn), natrium (Na), skandium (Sc), samarium (Sm), titanium (Ti), (Lestiani, Muhyatun, & Adventini, 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Gunawan, Slamet, & Aferdo (2015) menunjukkan bahwa abu dasar dapat dijadikan sebagai bahan campuran briket alternatif dengan cara melakukan proses daur ulang untuk selanjutnya dilakukan proses karbonisasi dengan biomassa lain sehingga nilai kalor dapat ditingkatkan. Abu dasar memiliki karakteristik nilai kalor 610 kal/g, kadar air 2%, kadar abu 84% (Anetiesia, 2014). Penelitian pemanfaatan abu dasar sebagai campuran briket juga telah dilakukan oleh Triantoro, Mustofa, Kartini, & Hanafi, (2019). Penelitian tersebut menggunakan onggok tepung tapioka dan abu dasar batubara dan didapatkan bahwa dengan menggunakan campuran batubara masih didapatkan kalori sekitar 5.400 kal/kg. Penelitian oleh Sjaifudin dan Sugiyana (2016) menunjukkan bahwa dengan menggunakan abu dasar sebesar 22,5% pada campuran

briket sabut kelapa didapatkan kalor sebesar 5.185 kal/kg.

Jumlah limbah abu terbang dari PLTU Asam-asam unit 1 sampai dengan unit 4 adalah 120 ton per hari atau 3.600 ton per bulan atau 43.200 ton per tahun (Haryanti, 2014). Dari penelitian yang dilakukan, kandungan silika relatif tinggi (74,2% SiO_2) sedangkan alumina tidak terlalu tinggi (5,7% Al_2O_3), dan Fe_2O_3 sekitar 14,4% , kandungan logam alkali (2,4% CaO dan 2,03% MgO) , kandungan mineral besi (14,4% Fe_2O_3). Jika limbah abu ini tidak ditangani akan menimbulkan masalah pencemaran lingkungan.

Abu terbang dapat digunakan sebagai *filler* karena ukuran partikel yang sangat kecil sehingga dapat sebagai pengisi rongga dan sebagai pengikat antar agregat (Haryanti, 2015). Abu terbang dimanfaatkan sebagai pengganti semen Portland, batu bata, beton ringan, material konstruksi jalan, material pekerjaan tanah (Wardani, 2008). Selain itu abu terbang juga dimanfaatkan sebagai bahan baku keramik, refraktori, bahan penggosok (*polisher*), *filler* aspal, bahan baku semen aditif dalam pengolahan limbah, adsorben (Aziz & Ardha, 2006), *filler* di aluminium *alloy* dan pozolan di beton (Anggarwal, Gupta, & Sachdewa, 2010).

Penggunaan biomassa sebagai bahan utamabriket akan lebih ramah lingkungan dikarenakan biomassa tersebut tidak mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan terutama sulfur sebagaimana dijumpai pada batu bara murni. Semakin meningkatnya jumlah limbah biomassa dan abu batubara, maka perlu adanya inovasi dalam pemanfaatan limbah-limbah tersebut sebagai sumber energi alternatif, sehingga dapat memberikan nilai tambah dari limbah tersebut.

Pembuatan briket dengan memanfaatkan limbah arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang perlu dilakukan penelitian dan pengujian awal untuk mengetahui karakteristik masing-masing limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik dari limbah

industri arang kayu alaban dan limbah abu batubara, meliputi analisis kadar air, kadar abu, nilai kalori, komposisi unsur serta morfologi sampel dengan SEM-EDX.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah limbah industri arang kayu alaban dari PT. Citra Prima Utama Banjarbaru dengan lokasi industrinya di Desa Ranggung, Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan, limbah abu dasar dan abu terbang PLTU Asam-Asam Kab. Tanah Laut KalSel. Adapun alat-alat yang digunakan antara lain gelas ukur, saringan, neraca analitis, furnace, Bom Kalorimeter dan SEM-EDX.

Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik briket adalah berat jenis serbuk arang, temperatur karbonisasi, ukuran serbuk, dan tekanan pencetakan (Ajiboye, Abdulkareem, & Anibijuwon, 2016; Alfajriandi, Hamzah, & Hamzah, 2017; Usmayadi, Nurhaida, & Setyawati, 2018; Wang, Wu, & Sun, 2018). Oleh karena itu ketiga material yang akan digunakan dalam pembuatan briket (arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang batubara) dibuat dalam bentuk serbuk yang lebih halus, yaitu lolos pada saringan 250 mesh.

Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan memanfaatkan bahan limbah industri arang alaban serta abu dasar dan abu terbang batubara. Preparasi sampel dilakukan dengan menghaluskan sampel hingga lolos ayakan 250 mesh. Sampel yang dihasilkan dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 105°C.

Uji karakterisasi yang dilakukan adalah

analisis kadar air, kadar abu, nilai kalori, komposisi unsur serta morfologi sampel dengan SEM-EDX. Karakterisasi analisis uji dengan SEM-EDX dilakukan di Laboratorium Material Maju UM Malang. Analisis kadar air dan kadar abu dilakukan di laboratorium Material FMIPA Unlam, sedangkan analisis nilai kalori dilakukan di laboratorium ESDM Banjarbaru. Uji kadar air, kadar abu, dan nilai kalori berdasarkan pada SNI 01-6235-2000.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air, Kadar Abu dan Nilai Kalori

Hasil uji preparasi kadar air untuk arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang batubara seperti terlihat pada Tabel 1. Dari hasil uji pendahuluan didapatkan rerata kadar air 4,22% untuk arang kayu alaban, 1,64% untuk abu dasar dan 0,91% untuk abu terbang. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Putri & Andasuryani (2017). Sedangkan, standar SNI no. 01-6235-2000 untuk nilai kadar air yang digunakan dalam pembuatan briket $\leq 8\%$. Sehingga dari hasil uji pendahuluan yang dilakukan diharapkan arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan briket dengan kadar air $\leq 8\%$.

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa dari hasil uji pendahuluan didapatkan rerata kadar abu untuk arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang adalah 41,93%, 82,03% dan 89,69%. Standar SNI No. 01 – 6235 – 2000 untuk nilai kadar abu yang digunakan dalam pembuatan briket adalah $\leq 8\%$, sehingga dari hasil uji pendahuluan yang dilakukan diharapkan arang kayu alaban, abu dasar dan

Tabel 1 Kadar air, kadar abu, nilai kalori arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang batubara

Sampel	Kadar Air (%)			Kadar Abu (%)			Nilai Kalori (kal/g)		
	Arang Kayu Alaban	Abu Dasar Batubara	Abu Terbang Batubara	Arang Kayu Alaban	Abu Dasar Batubara	Abu Terbang Batubara	Arang Kayu Alaban	Abu Dasar Batubara	Abu Terbang Batubara
S.1	4,29	1,72	0,87	35,7	81,7	88,72	6838,1	361,4	-
S.2	4,19	1,64	0,85	44,5	82,0	82,55	6872,1	387,0	-
S.3	4,20	1,56	1,02	45,6	82,4	97,85	6789,2	420,1	-
Rerata	4,22	1,64	0,91	41,93	82,03	89,69	6833,1	389,5	-

Sumber: Hasil Uji di lab. Material FMIPA ULM dan lab. ESDM Banjarbaru

abu terbang dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan briket dengan kadar abu $\leq 8\%$. Persentase kadar abu yang tinggi pada abu batubara akan menjadikan pertimbangan pada saat menentukan komposisi campuran pembuatan briket. Abu yang terkandung dalam bahan bakar briket dapat disebabkan oleh mineral yang tidak terbakar tertinggal setelah proses pembakaran dan reaksi-reaksi yang menyertainya. Abu akan menurunkan mutu briket (Jamilatun, 2011).

Pengujian nilai kalori pada penelitian ini menggunakan metode *Bomb Calorimetri*. Rerata Nilai Kalori yang didapatkan adalah 6833,1 kal/g untuk arang kayu alaban dan 389,5 kal/g untuk abu dasar sedangkan untuk abu terbang batubara nilai kalorinya tidak terbaca. Beberapa penelitian nilai kalor briket dapat dilihat pada Tabel 2. Standar SNI No. 01-6235-2000 untuk nilai kalori yang digunakan dalam pembuatan briket haruslah ≥ 5000 kal/g. Jika merujuk pada Peraturan Menteri ESDM No. 047 tahun 2006, nilai kalori minimal adalah 3500 kal/g. Dengan demikian dari hasil uji pendahuluan yang dilakukan diharapkan arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan briket dengan nilai kalor ≥ 5000 kal/g.

Tabel 2 Nilai Kalor beberapa briket

Sumber briket	Nilai Kalor (kal/g)	Referensi
Tempurung kelapa	6.160	(a)
Kulit kakao	1.905	(b)
Jerami padi	4.609	(c)
Batubara	5.645	(c)
Daun pisang	4.646	(d)
Arang kelapa sawit	5.338	(e)
Sekam padi	3.073	(f)
Bonggol jagung	5.351	(f)

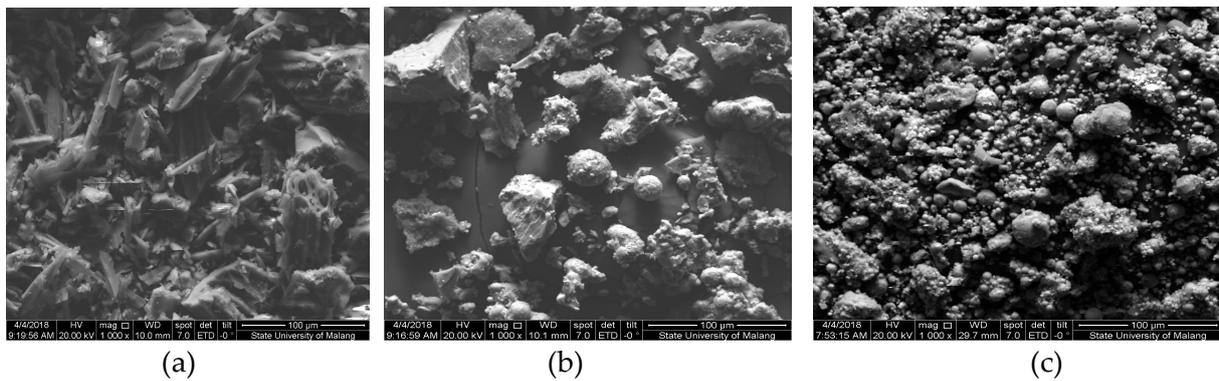
(a) Putri & Andasuryani, (2017); (b) Muzakir, Nizar, Yulianti (2017); Rinayu (2013); (d) Alfajriandi, Hamzah, F., & Hamzah (2017); (e) Usmayadi, Nurhaida, & Setyawati, (2018); (f) Jamilatun (2008).

Komposisi Unsur dan Morfologi

Pengujian Komposisi Unsur dan

Morfologi dengan menggunakan SEM-EDX. Hasil uji preparasi (uji pendahuluan) komposisi unsur dan morfologi untuk arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang batubara seperti terlihat pada Tabel 3. Dari hasil analisis EDX, di dapatkan rerata unsur-unsur yang terkandung pada arang kayu alaban yaitu karbon (C) 76,69%; oksigen (O) 20,82%; natrium (Na) 0,13%, klorida (Cl) 0,87%; kalium (K) 0,64%; kalsium (Ca) 0,47%; silikon (Si) 0,37%. Dari hasil uji tersebut persentase unsur yang terbesar pada arang kayu alaban adalah C sebesar 76,69%. Tabel 2 menunjukkan rerata unsur-unsur yang terkandung pada abu dasar batubara yaitu karbon (C) 41,87%; oksigen (O) 32,80%; magnesium (Mg) 1,28%; aluminium (Al) 1,31%; silikon (Si) 15,68%; kalsium (Ca) 2,80%; besi (Fe) 4,21%; kalium (K) 0,05%. Dari hasil uji tersebut persentase unsur yang terbesar pada abu dasar batubara adalah C sebesar 41,87%. Rerata unsur-unsur yang terkandung pada abu terbang batubara yaitu C 16,17%; O 33,68%; Mg 3,90%; Al 5,83%; Si 12,33%; K 0,75%; Ca 8,94%; Ti 0,66%; Fe 17,75%. Dari hasil uji tersebut persentase unsur yang terbesar adalah O sebesar 33,68%, Fe sebesar 17,75 %, C sebesar 16,17%. Persentase unsur C yang rendah pada abu terbang batubara akan menjadikan pertimbangan pada saat menentukan komposisi campuran pembuatan briket. Kadar karbon (C) merupakan salah satu penentu baik tidaknya kualitas arang. Kadar karbon terikat yang tinggi menunjukkan kualitas arang yang baik dan sebaliknya (Yuwono, 2009).

Morfologi kayu alaban, abu dasar batubara, dan abu layang batubara terlihat pada Gambar 1. Arang kayu alaban terlihat morfologinya berbentuk batangan memanjang dengan panampang luar yang tidak bulat tapi lebih berbentuk lekukan. Sementara abu dasar dan abu terbang batu bara lebih berbentuk serbuk bulat dengan ukuran yang bervariasi. Morfologi abu terbang lebih seragam dan lebih kecil jika dibandingkan dengan abu dasar.



Gambar 1 Hasil uji SEM-EDX pada (a) Arang Kayu Alaban, (b) Abu dasar batubara, dan (c) Abu Layang batubara

Tabel 3 Komposisi Unsur untuk Arang Kayu Alaban, Abu Dasar dan Abu Terbang Batubara

Material	Sampel	Wt (%)										
		C	O	Na	Cl	K	Ca	Si	Mg	Al	Fe	Ti
Kayu Alaban	Sampel A	81,20	17,14	0,40	0,74	0,51	0	0	0	0	0	0
	Sampel B	74,64	21,80	0,00	0,90	0,77	0,78	1,12	0	0	0	0
	Sampel C	74,24	23,51	0,00	0,96	0,65	0,64	0	0	0	0	0
	Rerata	76,69	20,82	0,13	0,87	0,64	0,47	0,37	0	0	0	0
Abu Dasar	Sampel A	66,51	26,82	0	0	0	2,07	2,45	1,19	0,96	0	0
	Sampel B	15,85	40,84	0	0	0	2,01	35,90	0,58	0,57	4,25	0
	Sampel C	43,25	30,73	0	0	0,16	4,31	8,69	2,07	2,40	8,39	0
	Rerata	41,87	32,80	0	0	0,05	2,80	15,68	1,28	1,31	4,21	0
Abu Layang	Sampel A	20,71	32,94	0	0	0,68	8,62	12,37	3,31	5,05	15,71	0,61
	Sampel B	15,13	34,28	0	0	0,17	8,70	12,31	4,03	6,23	17,91	0,64
	Sampel C	12,67	33,83	0	0	0,80	9,49	12,30	4,35	6,22	19,62	0,72
	Rerata	16,17	33,68	0	0	0,75	8,94	12,33	3,90	5,83	17,75	0,66

KESIMPULAN

Karakteristik limbah arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang batubara meliputi kadar air 4,22% untuk arang kayu alaban, 1,64% untuk abu dasar dan 0,9626% untuk abu terbang. Kadar abu 41,93% untuk arang kayu alaban, 82,03% untuk abu dasar dan 89,69% untuk abu terbang. Nilai Kalori 6833,1 kal/g untuk arang kayu alaban, 389,5 kal/g untuk abu dasar. Rerata persentase unsur C sebesar 76,69% pada arang kayu alaban, pada abu dasar batubara rerata persentase unsur C sebesar 41,87% dan rerata persentase unsur C sebesar 16,17% pada abu terbang batubara. Limbah arang kayu alaban, abu dasar dan abu terbang batubara dapat dijadikan material campuran dalam pembuatan briket. Berdasarkan hasil uji nilai kalori, kadar air, kadar abu yang telah dilakukan serta dengan melihat komposisi kandungan unsur dan morfologi disarankan persentase komposisi

material campuran lebih banyak pada arang kayu alaban dalam pembuatan briket yang memanfaatkan limbah tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan dana melalui Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, V., Gupta, S. M., & Sachdeva, S. N. (2010). Concrete Durability Through High Volume Fly Ash Concrete (HVFC) a Literature review. *International Journal of Engineering Science and Technologies*, 2(9), 4473-4477.
- Ajiboye, T. K., Abdulkareem, S., & Anibijuwon, A. O. Y. (2016). Investigation of Mechanical Properties

- of Briquette Product of Sawdust-charcoal as a Potential Domestic Energy Source. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 20 (4), 1179-1188.
- Alfajriandi, Hamzah, F., & Hamzah, F. H. (2017). Perbedaan Ukuran Partikel terhadap Kualitas Briket Arang Daun Pisang Kering. *JOM Faperta UR*, 4(1),1-13.
- Anetiesia, A. (2014). Pembuatan Briket Dari Bottom Ash dan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif, *Tugas Akhir*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Aziz, M., & Ardha, N. (2006). Karakterisasi Abu Terbang PLTU Suralaya dan Evaluasinya untuk Refraktori Cor. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(36), 1-8.
- Goodarzi, F., Huggins, F. E., & Sanei, H. (2008) Assesment of elements, speciation of As, Cr, Ni and emitted Hg for a Canadian power plant burning bituminous coal. *International Journal of Coal Geol*, 74,1-12.
- Gunawan, B., Slamet, S., & Aferdo, W. H (2015). Pengujian Nilai Kalor Dan Kadar Air Terhadap Briket Sebagai Bahan Bakar Padat yang Terbuat dari Bottom Ash Limbah PLTU Dengan Biomassa Tempurung Kelapa melalui Proses Karbonisasi. *Prosiding Snst Ke-6 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang Tahun 201.*, 1-3.
- Haryanti, N. H. (2014). Uji Abu Terbang PLTU Asam Asam Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan. *Jurnal Fisika Flux*, 11(2), 129-139
- Haryanti, N. I. (2015). Kuat tekan bata ringan dengan bahan campuran abu terbang PLTU asam-asam Kalimantan Selatan. *Jurnal Fisika Flux*, 12(1), 20-30.
- Jamilatun, S. (2008). Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2), 37-40.
- Jamilatun, S. (2011). 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". Malang.*
- Lestiani, D. D., Muhayatun, M., & Adventini, N. (2010). Karakteristik Unsur pada Abu Dasar dan Abu Terbang Batu Bara Menggunakan Analisis Aktivasi Neutron Instrumental. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 11(1), 27-34.
- Melwita, E., Patria, D. R., & Putra, R. P. (2015). Pembuatan Biobriket dari Campuran Tempurung dan Cangkang Biji Karet dengan Batubara Peringkat Rendah *Jurnal Teknik Kimia*, 21(1), 1-7.
- Moeksin, R., Aquariska, F., & Munthe, H. (2014). Pengaruh Temperatur dan Komposisi Pembuatan Biobriket dari Campuran Kulit Kakao dan Daun Jati Dengan Plastik Polietilen. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3), 173-182.
- Muzakir, M. T., Nizar, M., & Yulianti, C. S. (2017). Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Menjadi Briket Arang Menggunakan Kanji Sebagai Perekat. *Serambi Engineering*, 2(3), 124-129.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. (2006). *Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara*. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Purba, J. E. (2011). Pengaruh Variasi Tekanan Kempa dan Konsentrai Perekat Terhadap Sifat Fisika-Kimia Briket Arang dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Putri, R. E., & Andasuryani, A. (2017). Studi Mutu Briket Arang dengan Bahan Baku Limbah Biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 21(2), 143-151.
- Rinayu, H. (2013). Pengaruh Komposisi dan Ukuran Serbuk Briket yang Terbuat dari Batubara dan Jerami Padi Terhadap Karakteristik Pembakaran. *Jurnal AUTINDO*, 1(1), 10-27.
- Sjaifudin T. A., & Sugiyana, D. (2016). Sintesis dan Peningkatan Performa Bahan Bakar Briket dari Limbah Abu Dasar Batubara dan Limbah Sabut Kelapa di Industri

- Tekstil. *Arena Tekstil*, 31(1), 43-50.
- Triantoro, A., Mustofa, A., Kartini, K., & Hanafi, A. (2019). Studi Analisa Kualitas Biobriket Campuran Bottom Ash Batubara dan Onggok Tepung Tapioka Menggunakan Karbonisasi. *Jurnal Fisika Flux*, 1(1), 54 -60.
- Usmayadi, O. H., Nurhaida, N., & Setyawati, D. (2018). Kualitas Briket Arang dari Batang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Berdasarkan Ukuran Serbuk. *Jurnal Tengawang*, 8(1), 18 – 25.
- Wang, Y., Wu, K., & Sun, Y. (2018). Effects of raw material particle size on the briquetting process of rice straw. *Journal of the Energy Institute*, 91(1), 153-162.
- Wardani, S. P. R. (2008). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Pidato Pengukuhan*. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Yuwono, J. (2009). Pengaruh Penambahan Bahan Penyala Pada Briket Arang dari Limbah Serbuk Kayu Jati, *Tesis, Magister Sistem Teknik*, UGM. Yogyakarta.