

Analisis Uji Emisi Pada Asap Hasil Pembakaran Briket Dari Campuran Batubara Dan Limbah Plastik LDPE

Emission Test Analysis On Bricket Combustion Smoke From Mixed Coal And LDPE Plastic Waste

Nur Asmiani, Ayu Lestari, Alam Budiman Thamsi
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

Info Artikel

Diajukan: 14 April 2024

Diterima: 11 Agustus 2024

Diterbitkan: 30 September 2024

Keywords:

LDPE; Coal; Briquettes:

Emission: Smoke

Kata Kunci:

LDPE; Batubara; Briket: Emisi:

Asap



Lisensi: cc-by-sa

ABSTRACT

This research was conducted by mixing coal and Low-Density Polyethylene (LDPE) waste. This study aimed to determine the smoke resulting from burning briquettes with a calorific value of 9,187 Kcal/gr. Judging from the emission levels of carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO₂), and nitrogen oxides (NO₂), it becomes a consideration for the feasibility of briquettes be produced as alternative fuels, harmful or not for human health and the surrounding environment. They are first testing the quality of the briquettes and the smoke emissions from burning briquettes. From the test results, the sulfur content is 0.01%, the moisture content is 1.15%, the ash content is 10.22%, the volatile matters are 87.76%, and the calories are 9187.64 Kcal/gr. Then the smoke resulting from burning briquettes was tested for emission levels of carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO₂), and nitrogen oxides (NO₂). The results obtained with a high value and exceed the maximum standard that has been set by PERMEN ESDM No. 047 of 2006, namely CO 13715 mg/Nm³ and SO 2550 mg/Nm³, while the NO₂ produced does not exceed the maximum standard set by PERMEN ESDM No. 047 of 2006 which is 7 mg/Nm³. Based on the test results, it can be concluded that the briquettes produced have the potential to pollute the environment and are dangerous if inhaled at high levels by humans. The resulting briquettes are also unfit to be produced as an alternative fuel.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan batubara dan limbah Low Density Polyethylene (LDPE). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui asap hasil pembakaran briket dengan nilai kalori 9.187 Kkal/gr. Ditinjau dari tingkat emisi karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan nitrogen oksida (NO₂) sehingga menjadi pertimbangan kelayakan briket untuk diproduksi menjadi bahan bakar alternatif, berbahaya atau tidak bagi kesehatan manusia dan lingkungan sekitar. Dengan menguji kualitas pada briket dan uji emisi asap yang dihasilkan dari pembakaran briket. Dari hasil pengujian yaitu kadar sulfur 0,01%, moisture content 1,15%, ash content 10,22%, volatile matters 87,76% dan kalori 9187,64 Kkal/gr. Kemudian asap hasil pembakaran briket diuji tingkat emisi karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen oksida (NO₂). Didapatkan hasil dengan nilai yang tinggi dan melebihi standar maksimal yang telah ditetapkan oleh PERMEN ESDM No. 047 Tahun 2006, yaitu CO 13715 mg/Nm³ dan SO₂ 2550 mg/Nm³ sedangkan NO₂ yang dihasilkan tidak melebihi standar maksimal yang telah ditetapkan oleh PERMEN ESDM No. 047 Tahun 2006 yaitu 7 mg/Nm³. Berdasarkan hasil pengujian, maka dapat disimpulkan briket yang dihasilkan sangat berpotensi untuk mencemari lingkungan, dan berbahaya jika terhirup dalam kadar yang tinggi oleh manusia. Briket yang dihasilkan juga tidak layak untuk diproduksi menjadi bahan bakar alternatif.

Corresponding Author:

Alam Budiman Thamsi

Universitas Muslim Indonesia; alambudiman.thamsi@umi.ac.id



PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia pada peralatan ataupun bahan penghasil energi yang bebas polusi, mudah diaplikasikan, serta fleksibel dan juga dapat digunakan sebagai energi cadangan di luar ketergantungan kita terhadap energi yang selama ini disuplai oleh negara. Pencarian energi alternatif ini akan lebih meringankan beban negara karena dapat mengurangi jumlah kebutuhan energi masyarakat yang harus disediakan negara (Edwar, 2013). Provinsi Indonesia bagian timur mempunyai cadangan batubara sebesar 368,49 juta ton tersebar di Propinsi Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Maluku Utara dan Papua. Sedangkan Sulawesi Selatan memiliki cadangan batubara sekitar 231,12 juta ton yang tersebar di 9 kabupaten Cadangan batubara terbesar ada di kabupaten Maros, Barru, Bone dan Sidrap hingga kini baru tereksplorasi sekitar 20,06 % dari total cadangan yang ada sehingga sisanya 79,94% masih dibiarkan karena belum ada investor yang berminat mengingat rank/klasifikasi cadangan batubara yang ada di Sulawesi Selatan ini mayoritas merupakan batubara dengan rank atau klasifikasi jenis batubara Subbituminus atau batubara kualitas rendah dengan kadar air, kadar zat terbang, kadar abu tinggi sedangkan kadar karbon dan nilai kalor rendah (Brotowati dkk, 2018). Batubara adalah batuan sedimen organik yang digunakan sebagai bahan bakar yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang telah mengalami penguraian secara biokimia, kimia dan fisika dalam kondisi bebas oksigen yang berlangsung pada tekanan serta temperatur tertentu pada kurun waktu yang sangat lama (Widodo dkk, 2019).

Menurut Undang-Undang no 4 tahun 2009 tentang mineral dan batubara, batubara merupakan endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuh-tumbuhan dan bisa terbakar. Dalam pengertian lain, batubara adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, serta warna coklat sampai hitam, yang sejak pengendapannya terakibatkan proses fisika dan kimia yang menjadikan kandungan karbonnya kaya (Sukandarumidi, 2009). Peranan batubara sebagai sumber energi substitusi dari minyak dan gas bumi semakin besar terutama untuk meningkatkan laju pembangunan dan pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, produksi dan konsumsi batubara Indonesia akan terus ditingkatkan terutama sebagai bahan bakar langsung pada pembangkit listrik, industri besar dan menengah, hingga industri rumah tangga (Budiman dan Ansharia, 2017). Briket adalah padatan yang umumnya berasal dari limbah pertanian. Sifat fisik briket yaitu kompak, keras, dan padat. Dalam aplikasi produk, ada beragam jenis briket, yaitu briket arang selasih, briket serbuk gergaji dan sekam, briket kotoran sapi, briket cangkang kopi, maupun cangkang jarak pagar (Fuad, 2008).

Low Density Poli-Etilena (LDPE) adalah salah satu jenis plastik yang banyak kita jumpai sehari-hari dalam berbagai aplikasi dan sering kali berakhir sebagai sampah, misalnya kantong plastik dan plastik *wrap*. Plastik jenis ini sangat berpotensi untuk dijadikan briket karena memiliki nilai kalor yang sangat tinggi; yaitu 11.758 Kal/gram. Namun sayangnya kadar zat terbang yang mencapai 98,53 % membuatnya memiliki kecenderungan untuk lebih cepat habis jika dibakar sehingga diperlukan pencampuran dengan material lainnya yang telah dikenal memiliki kualitas yang cukup baik untuk dijadikan briket untuk mengatasi hal ini (Asip dkk., 2018). Bahan perekat adalah bahan pencampur pada pembuatan briket yang terdiri dari bahan perekat organik dan bahan pengikat anorganik. Bahan pengikat diperlukan dalam pembuatan briket biocoal ini karena dengan adanya perekat maka batubara dan biomassa dapat dibentuk menjadi briket biocoal. Adapun jenis-jenis perekat terdiri dari perekat anorganik, perekat hidrokarbon dan perekat kanji atau molase (Permen ESDM, 2006).

Berdasarkan bahan pengikat dan kualitasnya sangat penting dalam pembuatan briket biocoal yang baik antara lain pemilihan bahan perekat harus didasarkan pada pengikat dengan memiliki daya adhesi yang baik bila dicampur dengan batubara dan biomassa (Adi dkk., 2008). Ada tiga jenis utama emisi gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran batubara, yaitu, SO_x, CO dan NO_x (Speight et al., 1994). Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Sisa hasil pembakaran berupa air (H₂O), gas CO atau disebut juga karbon monoksida yang beracun, CO₂ atau disebut juga karbon dioksida yang merupakan gas rumah kaca, NO_x senyawa nitrogen oksida, dan HC berupa senyawa Hidrat arang sebagai akibat ketidaksempurnaan proses pembakara serta partikel lepas (Khan et al., 2008). Alasan peneliti mengangkat judul mengenai analisis uji emisi pada asap hasil pembakaran briket dari campuran batubara dan limbah plastik LDPE dengan menggunakan uji emisi untuk mengetahui apakah briket yang dihasilkan memiliki mutu terbaik ramah lingkungan ditinjau dari tingkat emisi karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan nitrogen oksida (NO₂). Dilakukan



penelitian untuk mengetahui asap hasil pembakaran briket dengan nilai kalori 9187 Kkal/gr berbahaya atau tidak bagi kesehatan manusia dan lingkungan sekitar ditinjau dari tingkat emisi karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan nitrogen oksida (NO₂) dan menjadi pertimbangan kelayakan briket untuk diproduksi menjadi bahan bakar alternatif. Selain itu, peneliti juga berharap dapat mengurangi limbah plastik LDPE dengan menjadikannya bahan dasar dalam pembuatan briket batubara yang kemudian diharap nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Syarat mutu briket batubara disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Analisis Emisi Briket (Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral No 047 Tahun 2006 tentang Standar Emisi Kompor dengan Bahan Bakar Briket Batubara dan Kompor dengan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara) (ESDM, 2011).

No	Parameter	Batas Maksimum (mn/Nm ³)
1.	Total Partikel	250
2.	Sulfur Dioksida, CO	726
3.	Sulfur Dioksida, SO ₂	130
4.	Nitrogen Oksida, NO ₂	140

METODE

Pelaksanaan kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Bahan Galian pada Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Muslim Indonesia. Kegiatan penelitian ini berlangsung selama ± 2 bulan, terhitung sejak t Januari 2024 sampai dengan Maret 2024. Tahap dalam penelitian ini dimulai dari tahap pendahuluan dimana Tahapan ini merupakan kegiatan pendahuluan yang dilakukan dengan tujuan mempersiapkan segala sesuatu berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan, beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu Studi pustaka, Persiapan administrasi, Persiapan perlengkapan dan peralatan, Perencanaan biaya dan jadwal kegiatan. Tahap Pengambilan data merupakan data yang digunakan dalam penelitian yang diambil langsung pada lokasi penelitian yang dimana Sampel batubara berasal dari Desa Bontomatinggi Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan, limbah plastik LDPE berasal dari Kota Makassar dengan menggunakan bahan perekat tepung kanji dan tepung biji durian yang juga berasal dari Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Tahap Pengolahan dan Analisis Data yaitu merupakan Data-data yang didapatkan di lapangan berupa data mentah, baik itu data primer maupun data sekunder, selanjutnya diolah berdasarkan tipe data yang didapatkan. Dan juga meliputi proses pembuatan briket sampai dengan pengujian kualitas briket dengan melakukan pengujian Kadar air, Kadar abu, Nilai sulfur, Volatile matter, Nilai kalori dan Uji emisi yang dihasilkan dari briket.

HASIL DAN PEMBAHASAN

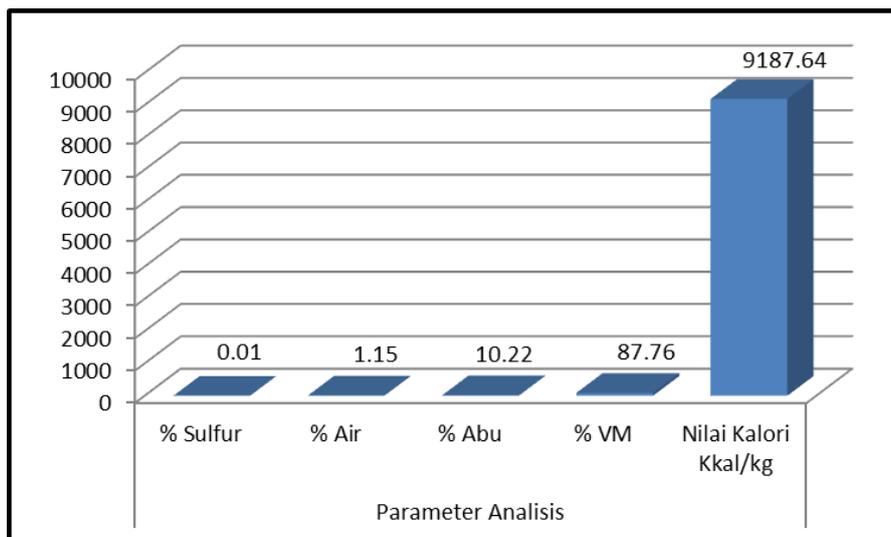
Hasil Pengujian Briket Bahan Baku Batubara dan Limbah Plastik LDPE

Hasil penelitian briket batubara campuran limbah plastik LDPE dengan menggunakan perekat tepung biji durian dengan melakukan pengujian sifat fisik dan kimia yaitu kadar air, kadar abu, zat terbang, nilai kalori, total sulfur.

Tabel 2. Hasil Pengujian Bahan Baku Briket Batubara dan Plastik LDPE

Nama Sampel	Parameter Analisis				Nilai Kalori K Kal/gr
	% Sulfur	% Air	% Abu	% VM	
BB30LDPE50	0,01	1,15	10,22	87,76	9187,64





Gambar 1. Grafik pengujian briket.

Kadar Sulfur

Kadar nilai kalor yang dihasilkan dari briket bahan baku batubara dan plastik LDPE konstan pada persentasi nilai 0,01%, dapat dilihat pada tabel 2. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai sulfur yang dihasilkan tidak melebihi standar yang ditentukan PERMEN ESDM No 47 tahun 2006 yaitu maksimal 1%.

Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan nilai kadar air dari briket campuran batubara dan plastik LDPE serta pengaruh persentase pencampuran kedua bahan baku tersebut terhadap kualitas briket yang dihasilkan. Berdasarkan tabel 2 nilai kadar air yang dihasilkan 1,15 %. Hasil ini memperlihatkan bahwa kandungan kadar air dalam briket tersebut tidak melebihi PERMEN ESDM no 47 tahun 2006 yaitu < 10. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya pencampuran plastik pada briket batubara akan menyebabkan air susah meresap pada plastik LDPE sehingga kadar air sendiri akan menurun.

Kadar Abu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh persentase pencampuran batubara dan plastik LDPE terhadap kandungan nilai kadar abu dari briket, karena briket dengan kadar abu tinggi akan menghasilkan briket dengan nilai kalor yang rendah. Berdasarkan tabel 2 kadar abu yang dihasilkan dari bahan baku batubara dan limbah plastik LDPE yaitu 10,22%. Hasil ini memperlihatkan bahwa kandungan abu briket ada yang memenuhi standar baku mutu PERMEN ESDM No.47 Tahun 2006 yaitu 10% - 12%.

Kadar Zat Mudah Menguap (*Volatile Matte*)

Pengujian kadar zat mudah menguap dilakukan untuk mengetahui kualitas briket dari pencampuran batubara dan plastik LDPE terhadap waktu pembakaran briket dan intensitas nyala api. Semakin banyak kandungan volatile matter pada briket maka semakin mudah untuk terbakar dan menyala. Berdasarkan tabel 2 kadar zat mudah menguap briket dari pencampuran batubara dan limbah plastik LDPE yaitu 87,76 %. Hasil ini memperlihatkan bahwa kadar zat mudah menguap melebihi standar yang ditentukan PERMEN ESDM No.47 tahun 2006 yaitu <15. Kadar zat mudah menguap cukup tinggi dari standar baku mutu karena penambahan plastik LDPE. Kadar zat mudah menguap yang cukup tinggi mengakibatkan asap yang dikeluarkan briket banyak.

Nilai Kalori

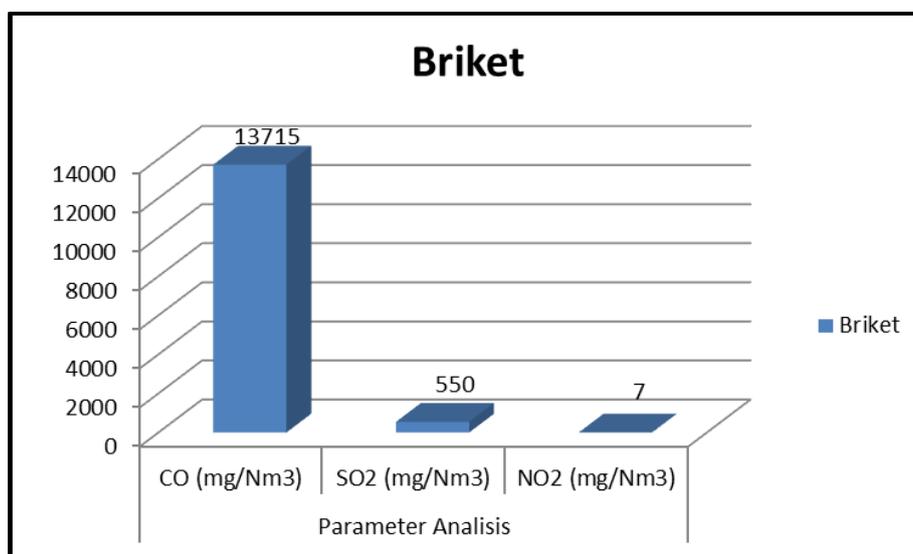
Nilai kalor merupakan karakteristik yang penting dalam menentukan kualitas briket. Hal ini dikarenakan masyarakat pada umumnya akan memilih bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh persentase pencampuran plastik LDPE dan batubara terhadap nilai kalor briket yang dihasilkan. Berdasarkan tabel 2 kadar nilai kalor yang dihasilkan dari briket bahan baku batubara dan plastik LDPE yaitu 9187,64 Kkal/kg. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kalor yang dihasilkan cukup tinggi dan berada di atas standar yang ditentukan PERMEN ESDM No 47 tahun 2006 yaitu ≥ 4400 Kkal/kg.

Hasil Uji Emisi Briket Bahan Baku Batubara dan Limbah Plastik LDPE

Hasil Uji Emisi briket batubara campuran limbah plastik LDPE dengan menggunakan perekat tepung biji durian dengan melakukan pengujian asap hasil pembakaran briket khususnya karbon monoksida (CO), sulfur monoksida (SO₂), dan nitrogen oksida (NO₂).

Tabel 3. Hasil Uji Emisi

Sampel	Parameter Analisis		
	Co (mg/Nm ³)	SO ₂ (mg/Nm ³)	NO ₂ (mg/Nm ³)
Briket	13.715	550	7



Gambar 2. Grafik uji emisi.

Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar dan sangat beracun. Merupakan hasil utama pembakaran karbon monoksida dan senyawa yang mengandung karbon monoksida yang tidak lengkap (Handayani, 2008). Pengukuran pencemar udara berupa kadar karbon monoksida (CO) digunakan untuk mengetahui kadar CO yang terlepas dari briket pada saat pembakaran. Kadar CO pada briket mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Dalam penggunaannya, briket melalui proses pembakaran dimana dapat terjadi pembakaran sempurna atau pembakaran tidak sempurna. Pada pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan emisi karbon monoksida, semakin rendah kadar CO yang dihasilkan maka kualitas briket yang dihasilkan maka akan semakin baik. Tetapi nilai kadar CO yang diperoleh sangat tinggi untuk sebuah briket, yaitu 13715 mg/Nm³ dan hasil tersebut melebihi batas maksimum yaitu 726 mg/Nm³ berdasarkan Permen ESDM No. 047 Tahun 2006. Gas ini bersifat racun karena menyebabkan tubuh kekurangan oksigen.

Sulfur Dioksida (SO₂)

Sulfur dioksida berasal dari dua sumber yakni sumber alamiah dan buatan. Sumber-sumber SO₂ alamiah adalah gunung-gunung berapi, pembusukan bahan organik oleh mikroba dan reduksi sulfat secara biologis. Sumber-sumber SO₂ buatan adalah pembakaran bahan bakar minyak, gas dan batubara yang mengandung sulfur tinggi (Slamet, 2009). Pengukuran terhadap SO₂ dilakukan untuk mengetahui kandungan SO₂ yang akan ditimbulkan pada saat pembakaran briket, karena diketahui kandungan SO₂ pada batubara cukup tinggi. Setelah dilakukan pengukuran menggunakan gas analyzer, hasil kadar SO₂ yang didapat melebihi Permen ESDM No. 047 Tahun 2006 dengan kadar SO₂ maksimal 130 mg/Nm³, yaitu 550 mg/Nm³. Gas ini bersifat racun karena iritasi sistem pernafasan.

Nitrogen Dioksida (NO₂)

Gas nitrogen dioksida (NO₂) merupakan polutan udara ambien bersama unsur nitrogen monoksida (NO) yang biasanya dihasilkan dari kegiatan manusia seperti pembakaran bahan bakar mesin kendaraan, pembakaran sampah, pembakaran batubara dan industri. Karakteristik gas ini memiliki bau tajam dan berwarna cokelat dimana dampaknya terhadap kesehatan terutama adalah penurunan fungsi paru, menyebabkan sesak napas, bahkan berujung pada kematian (Suryono, 2014).

Udara tersusun oleh unsur oksigen (O₂) dan nitrogen (N₂). Kedua unsur tersebut dalam reaksi pembakaran terbentuk gas NO_x, gas ini biasanya berupa NO dan NO₂. Sebenarnya gas NO bukan merupakan gas pencemar tetapi gas NO ini mempunyai tendensi untuk menjadi NO₂. Dari hasil pembakaran sampel briket diketahui bahwa nilai NO₂ tidak melebihi Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral No. 047 Tahun 2006 dengan kadar maksimal 140 mg/Nm³. Sedangkan hasil NO₂ yang didapatkan adalah 7 mg/Nm³.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah gas CO dan SO₂ yang dihasilkan dari pembakaran briket memiliki nilai yang tinggi, sehingga melebihi standar maksimal yang telah ditetapkan oleh PERMEN ESDM No. 047 Tahun 2006, yaitu CO 13715 mg/Nm³ dan SO₂ 550 mg/Nm³. Sedangkan NO₂ yang dihasilkan tidak melebihi standar maksimal, yaitu 7 mg/Nm³. Akan tetapi asap pembakaran briket yang dihasilkan sangat berpotensi untuk mencemari lingkungan dan sangat berbahaya jika terhirup dalam kadar yang tinggi oleh manusia. Briket yang dihasilkan juga tidak layak untuk diproduksi menjadi bahan bakar alternatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak Laboratorium Pengolahan Bahan Galian Tambang Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia dan Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar, yang telah memberikan kesempatan dalam melakukan pengujian sampel.

REFERENSI

- Adi Chandra dan Febrina, (2008). Pembuatan Briket Arang dari Enceng Gondok (*Eichornia Crasipess Solm*) dengan Sagu sebagai Pengikat. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Asip, F., Anggun, T., Fitri, N., (2014), Pembuatan Briket dari Campuran Limbah Plastik Ldpe, Tempurung Kelapa dan Cangkang Sawit, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan.
- Budiman, A. A. and Ansharia. (2017) 'Penentuan Kualitas Batubara Pada Kabupaten Enrekang Berdasarkan Analisis Proksimat Dan Ultimat', *Jurnal Geomine*, 5(2), pp. 5358. doi: 10.33536/jg.v5i2.126.
- Brotowati, S., Sofia, I. and Saleh, M. (2018) 'Proses Upgrading Batubara Kualitas Rendah Asal Sulawesi Selatan Menggunakan Larutan Kimia Dan Proses Pemanasan', 2018, pp. 22–29.
- Edwart, Johan. (2013). Laporan Briket Arang Kelapa. Geologi Pertambangan. Johannes. 1991. Biomass.



- Fuad, M. (2008). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kopi untuk Pembuatan Briket Bioarang menggunakan Perikat Amilum. Palembang.
- Handayani, L., (2008). Gas Karbon Monoksida (CO) dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, pelajaran kuliah pencemaran gas karbon monoksida (CO), Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
- Khan, A.A; De Jong, W; Jansens, P.J; Spliethoff, H., (2008) "Biomass Combustion in Fluidized Bed Boilers: Potential Problems and Remedies", www.sciencedirect.com., p. 21-50.
- Kementerian ESDM, Badan Geologi. (2011). Peta Lokasi Penyebaran Sumber Daya dan Cadangan Batubara Indonesia.
- Slamet,J.S. (2009). Kesehatan Lingkungan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sukandarrumidi., (1995), Batubara dan Gambut. Gajah Mada University press: Jogjakarta.
- Peraturan Menteri dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No: 047 Tahun (2006). Jurnal Pertambangan Vol. No. Bulan Tahun ISSN 2549-1008
- Speight, James G, , The Chemistry and Technology of Coal, Marcel Dekker, Inc. New York, (1994), page. 569, 282.
- Suyono. (2014). Pencemaran Kesehatan Lingkungan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Widodo, S., Sufriadin. and Suhendar, E. (2019) 'Desulfurisasi dan Deashing pada Barubara Menggunakan NaOH dan HCl Sebagai Leaching Agent', Jurnal Geomine, 7(1), pp. 67-79.

