

POTENTIALS OF PLASTIC WASTE FOR MAKING BRICKETS: THE EFFECT OF COMPOSITION ON PROCSIMATE ANALYSIS

Erlinda Ningsih*, Kartika Udyani

Chemical Engineering Department, Institut Teknologi Adhi Tama
Jalan Arief Rahman Hakim No. 100 Surabaya 60117 Indonesia

*E-mail corresponding author: erlindaningsih84@itats.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 21-07-2020 Received in revised form: 30-10-2020 Accepted: 31-10-10 Published: 31-10-2020</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Food Plastic Briquettes Compositions Proximate</p>	<p><i>Abstract Handling to reduce and use plastic waste is still not optimal. The volume of plastic waste continues to grow as the population grows. Plastic waste is a source of environmental pollution that is difficult to degrade. The purpose of this study is to examine the effect of the composition of plastic waste charcoal as a raw material for briquettes on proximate analysis. The plastic waste used is bottle caps and snack packaging. Pyrolysis is carried out at a temperature of 450oC for bottle caps and 280oC for packaging snacks with a 60-minute process. The particle size of plastic charcoal is 40, 60, and 100 mesh. The composition of the plastic charcoal bottle caps and snacks combined 1:90; 50:50; 90: 1 with the addition of tapioca flour as an adhesive. Analysis carried out on this plastic briquette is proximate including water content, ash, volatile matter, carbon bound and heat value. Based on the results of the proximate analysis, it was found that water content was 5.47%, ash content was 4.95%, volatile matter 13, bound carbon content was 76.58% and calorific value was 8565.914 cal / gram. Proximate analysis data obtained meets SNI standards.</i></p>

POTENSI LIMBAH PLASTIK UNTUK PEMBUATAN BRIKET: PENGARUH KOMPOSISI TERHADAP ANALISIS PROKSIMAT

Abstrak- Penanganan untuk mengurangi dan pemanfaatan limbah plastik masih belum optimal. Volume limbah plastik terus bertambah seiring bertambahnya jumlah penduduk. Limbah plastik merupakan sumber pencemaran lingkungan yang sulit terdegradasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh komposisi arang limbah plastik sebagai bahan baku briket terhadap analisis proksimat. Limbah plastik yang digunakan adalah tutup botol dan kemasan makanan ringan. Pirolisis dilakukan pada suhu 450oC untuk tutup botol dan 280oC untuk kemasan makanan ringan dengan lama prosesnya 60 menit. Ukuran partikel arang plastik adalah 40,60, dan 100 mesh. Komposisi arang plastik tutup botol dan makanan ringan dikombinasikan 1:90; 50:50; 90:1 dengan penambahan tepung tapioka sebagai perekat. Analisis yang dilakukan terhadap briket plastik ini adalah proksimat meliputi kandungan air, abu, volatile matter, karbon terikat dan nilai kalor. Berdasarkan hasil analisis proksimat didapatkan kandungan air 5,47%, kadar abu 4,95%, volatile matter 13, kadar karbon terikat 76,58% dan nilai kalor sebesar 8565,914 cal/gram. Data analisis proksimat yang didapatkan sudah memenuhi standar SNI.

Kata kunci: Limbah, Plastik, Briket, Komposisi, Proksimat.

PENDAHULUAN

Sumber energi yang berasal dari fosil sudah mengalami keterbatasan, sehingga diperlukan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat (Sudding & Jamaluddin, n.d.; Zafeiriou et al., 2011). Selain itu, adanya revolusi industri mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi di berbagai sektor seperti industri, transportasi, dan domestic (Wu, 2013; Zubairu &

Gana, 2014), sehingga dibutuhkan energi terbarukan yang ramah lingkungan (Zubairu & Gana, 2014). Potensi besar yang dapat dijadikan sumber energi alternatif adalah biomass (Garrido et al., 2017). Energi biomass yang digunakan adalah batubara, briket dan biobriket.

Teknologi pembuatan briket sangat sederhana dan bahan baku yang digunakan mudah didapatkan. Bahan baku yang dapat digunakan

berasal dari sumber daya alam yang jumlahnya melimpah dan dapat diperbaharui, berupa limbah pertanian, perkebunan, industri dan rumah tangga (M. Brožek et al., 2012; Milan Brožek, 2013). Penelitian yang memanfaatkan limbah sumber daya alam menjadi briket sudah banyak dilakukan dan berdasarkan analisis analisis proksimat yang dihasilkan, briket yang dihasilkan sudah memenuhi standar SNI briket (Rumiyanti et al., 2018).

Upaya untuk meningkatkan kualitas briket dari sumber daya alam, beberapa penelitian melakukan inovasi dengan penambahan plastik jenis HDPE, LDPE, PP dan PE (Bhoumick et al., 2016; Ruslinda et al., 2017; Septhiani & Septiani, 2015). Peningkatan persentase kadar penambahan plastik sebagai bahan campuran briket dapat meningkatkan nilai kalor (Irfansyah et al., 2016). Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa adanya plastik dapat meningkatkan nilai kalor dari 5000 kJ/kg menjadi 8743 kJ/kg (Suwinarti et al., 2018).

Analisis kualitas briket dipengaruhi oleh ukuran partikel dan komposisi bahan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Setiawan et al., 2018) menghasilkan semakin kecil ukuran mesh memiliki nilai inherent moisture semakin kecil, memiliki nilai kalor tertinggi untuk 40 mesh yaitu 6719 cal/g dibandingkan dengan ukuran mesh 8 dan 30 mesh. Sedangkan (Pribadyo, 2016) menghasilkan kualitas briket pada ukuran mesh 30 lebih baik dibandingkan 50 mesh. Selain ukuran partikel, perbandingan komposisi juga memberikan pengaruh terhadap kualitas briket. Menurut (Muhammad, 2017) variasi penambahan plastik yang semakin bertambah dapat berpengaruh terhadap hasil uji proksimat yang sebagai penentu kualitas briket dan hal yang sama juga disimpulkan bahwa variasi komposisi mempengaruhi karakteristik briket (Syarif et al., 1995).

Volume limbah plastik ini akan terus bertambah seiring bertambahnya jumlah penduduk serta penggunaan plastik oleh industri makanan. Jenis plastik yang terbanyak digunakan adalah Polypropylene yaitu sebanyak 30,19% (Widiyatmoko et al., 2014). Hal ini karena polypropylene banyak digunakan untuk kemasan makanan, minuman dan memiliki daya regang yang tinggi. Jumlah yang besar dan memiliki sifat yang mudah terbakar dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku energi alternatif (Sahwan et al., 2005).

Berdasarkan literasi yang sudah dilakukan, penelitian ini ditujukan untuk meningkatkan kualitas briket dari plastik dengan mengkaji pengaruh ukuran arang dan perbandingan komposisi bahan. Plastik yang digunakan adalah tutup botol minuman mineral (jenis plastik HDPE) dan plastik kemasan makanan ringan (jenis plastik PP). Mengingat pentingnya ukuran arang terhadap kualitas briket, maka ukuran arang dijadikan

parameter awal sebagai acuan dengan tolak ukur dilihat dari kadar abu dan akar air. Setelah didapatkan ukuran mesh terbaik, maka dikaji pengaruh komposisi arang plastik HDPE dan PP untuk meningkatkan kualitas briket.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan untuk briket adalah botol plastik air mineral, kemasan makanan ringan, tepung tapioka sebagai perekat dan air sebagai pelarut perekat.

Alat

Furnace untuk proses pengarangan (pirolisis) dan alat cetak briket.

Proses Pengarangan

Pembuatan briket dari plastik ini menggunakan tutup botol dan kemasan makanan ringan. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 450°C untuk tutup botol dan 280°C untuk kemasan makanan ringan dengan lama prosesnya 60 menit. Variasi ukuran arang 40, 60, dan 100 mesh dijadikan penentuan awal berdasarkan kadar air dan kadar abu. Setelah mendapatkan mesh terbaik maka dikombinasikan komposisi antara arang tutup botol dan kemasan makanan ringan yaitu 1:9; 5:5; 9:1. Perekat yang digunakan adalah tepung tapioka dalam air dengan perbandingan 1:5. Setelah dilakukan perekatan dilanjutkan dengan percetakan. Alat percetakan memiliki spesifikasi alat cetak briket manual rangka kokoh dengan material terbuat dari besi UNP (U-channel). Ukuran briket yang didapatkan adalah 2x3 cm. Briket yang dihasilkan dilakukan pengujian berupa analisis proksimat yang terdiri dari kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan nilai kalor.

Pengujian Kadar Air

Penetapan kadar air ditentukan dengan metode oven. Sampel ditimbang dengan berat sampel dalam cawan yang telah diukur bobot keringnya, kemudian dikeringkan ke dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat konstan. Sampel didinginkan dalam desikator (ASTM, 2013). Kemudian kadar air bahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Rumus menghitung kadar air

$$M_{ad} (\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\%$$

Pengujian Kadar Abu

Pengujian kadar abu merupakan pengukuran hasil pembakaran bahan organik pada suhu 600 – 800°C selama 4 jam. Abu hasil pembakaran dimasukkan ke dalam desikator untuk

didinginkan(Zhu, 2010). Kemudian menghitung kadar abu dengan persamaan berikut:

Rumus menghitung kadar abu

$$A(\%) = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \times 100\%$$

Pengujian *Volatile matter*

Pengujian *Volatile matter* adalah untuk mengukur senyawa yang mudah menguap hasil dari pembakaran tanpa/sedikit oksigen. Sampel yang akan diuji dipanaskan dalam furnace dengan suhu 750oC selama 7 menit. Abu hasil pembakaran didinginkan dalam desikator(Zhu, 2010). Kadar *Volatile matter* (%) dihitung dengan persamaan:

Rumus menghitung *volatile matter*

$$VM(\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% - M_{ad}$$

Pengujian *fixed carbon*

Penentuan kadar Fixed carbon dengan menggunakan rumus berikut(Zhu, 2010) :

Rumus menghitung *fixed carbon*

$$FC(\%) = 100\% - (M_{ad} - A - VM)\%$$

Keterangan:

M = Kadar air total (%)

Mad = Kadar air lembab (%)

VM = Kadar zat terbang (%)

A = Kadar abu (%)

FC = Kadar karbon tertambat (%)

M = Berat cawan (g)

m₂ = Berat cawan dan arang sebelum dipanaskan (g)

m₃ = Berat cawan dan arang setelah dipanaskan (g)

(Rumiyanti et al., 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ukuran partikel arang briket sangat memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas briket(Priyanto et al., 2018). Berdasarkan hasil yang didapatkan (Priyanto et al., 2018) menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel arang briket memiliki kerapatan yang tinggi dan waktu laju pembakaran yang lebih lama. Berikut data hasil analisis proksimat dengan variabel perubahan ukuran partikel.

Tabel 1. Hasil Analisis Proksimat Briket Plastik dengan variasi ukuran partikel

Analisis Proksimat	Baku Mutu	Kemasan Makanan Ringan			Tutup Botol		
		40	60	100	40	60	100
Kadar Air (%)	≤ 8	3,9	5,5	6,5	0,5	1	2
Kadar Abu (%)	≤ 8	3,9	5,9	7,2	2	5	6,9

Tabel 1. menunjukkan data bahwa ukuran partikel arang plastik berpengaruh terhadap kandungan air dan abu. Berdasarkan Tabel 1 tersebut baik kadar air dan kadar abu dengan variasi ukuran partikel semua memenuhi standar SNI 01-6235-200. Kadar air cenderung naik dengan semakin kecilnya ukuran partikel, hal ini disebabkan karena ukuran partikel yang kecil mudah menyerap air karena memiliki luas permukaan yang luas(Priyanto et al., 2018). Sedangkan kadar abu memiliki kecenderungan meningkat dengan ukuran partikel semakin kecil, fenomena ini disebabkan oleh ukuran partikel, tekanan tempa dan iteraksi (Purwanto, 2015). Berdasarkan data Tabel 1, ukuran partikel yang dijadikan acuan untuk mendapatkan kualitas briket plastik yang baik adalah ukuran 40 mesh.

Upaya mendapatkan nilai kalor terbaik pada briket plastik dengan mencampur atau mengkombinasikan komposisi arang plastik kemasan makanan ringan dan tutup botol. Perbandingan komposisi yang dipakai adalah 1:9;

5:5; 9:1. Briket yang dihasilkan dilakukan analisis proksimat, dengan hasil yang didapatkan sebagai berikut:

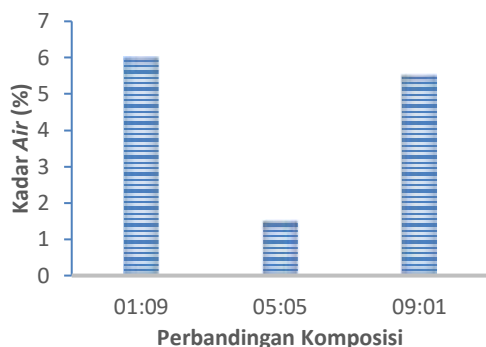
Kadar Air

Hasil analisis proksimat sesuai parameter dalam SNI 01-6235-200 yaitu kadar air, kadar abu, volatile matter, fixed carbon dan nilai kalor disajikan pada Tabel 2.

Kandungan air dalam suatu briket sangat berpengaruh terhadap kualitas dan merupakan pengotor karena dapat menurunkan nilai kalor arang(Garrido et al., 2017). Kadar air briket campuran plastik berada pada range 1 – 6 % dan masih memenuhi standar SNI. Briket yang bagus memiliki kandungan air 6 – 8 %, pada range tersebut briket kuat dan bebas dari retakan(Bhoumick et al., 2016). Fluktuasi kadar air dapat dilihat pada Gambar 1, di mana kadar air terendah dimiliki perbandingan kemasan makanan ringan:tutup botol 5:5 yaitu 1,5%.

Tabel 2. Hasil Analisis Proksimat Briket Plastik dengan variasi komposisi

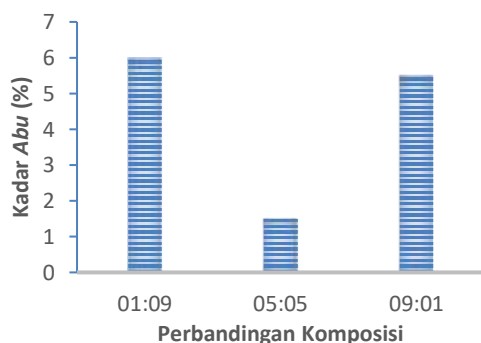
Analisis Proksimat	Baku Mutu	Campuran Kemasan Makanan Ringan dan tutup botol		
		1:9	5:5	9:1
Kadar Air (%)	≤ 8	6	1,5	5,5
Kadar Abu (%)	≤ 8	5,7	7,1	4,9
Kadar Zat Menguap (%)	≤ 15	14,7	10,9	13
Kadar Karbon Terikat (%)	Min 77	73,7	80,5	76,6
Nilai Kalor (kal/gram)	≥5000		8565,9	



Gambar 1. Grafik Hubungan Perbandingan Komposisi dan Kadar Air

Kadar Abu

Briket dari arang plastik memiliki kadar abu yang lebih rendah dibandingkan dengan briket batubara(Sawir, 2016). Kadar abu tinggi tergantung dari kandungan bahan baku biomassa yang digunakan, karena kandungan kimia abu adalah kalsium, Kalium, magnesium, natrium, mangan, besi, Aluminium, seng, silica, tembaga, dan kromium(Naryono et al., 2019). Kadar abu yang disajikan pada Gambar 2 diperoleh terendah 4,9 % dan tertinggi 7,1%, dari data yang didapatkan sudah memenuhi SNI.

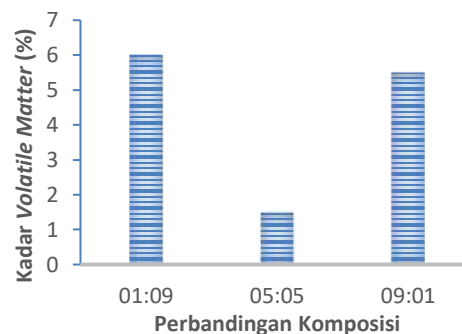


Gambar 2. Grafik Hubungan Perbandingan Komposisi dan Kadar Abu

Kadar Volatile Matter

Nilai kadar volatile matter pada briket harus disesuaikan dengan SNI 01-6235-200, berdasarkan Gambar 3, kadar volatile matter briket plastik sudah

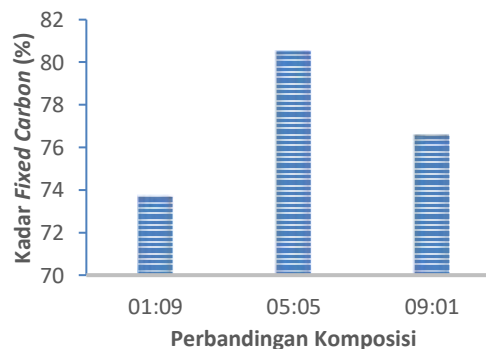
memenuhi dan cenderung tidak stabil(Malo et al., 2018). Kandungan *volatile matter* cukup tinggi, hal ini karena sifat bahan baku yaitu plastik yang sangat mudah terbakar(Suwinarti et al., 2018), dan juga semakin panjang rantai ikatan senyawa atom maka dapat meningkatnya kadar *volatile matter*(Sawir, 2016). Kandungan zat *volatile matter* tinggi memiliki keuntungan yaitu penyalaaan dan pembakaran lebih mudah, tetapi dapat menimbulkan asap yang banyak ketika penyalaaan(Hendra, 2011; Satmoko et al., 2013) .



Gambar 3. Grafik Hubungan Perbandingan Komposisi dan Kadar Volatile Matter

Kadar Fixed Carbon

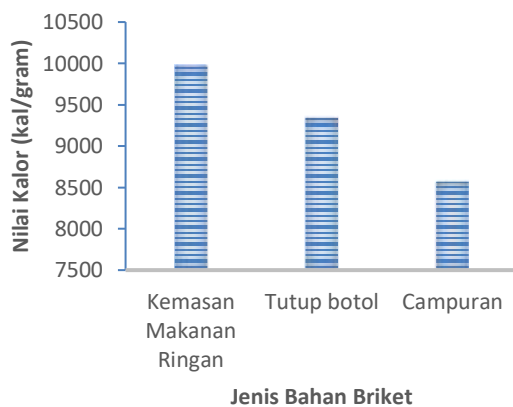
Kadar *fixed carbon* tinggi disebabkan adanya plastik, nilai yang tinggi menunjukkan kualitas bahan bakar yang baik(Satmoko et al., 2013). Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa nilai *fixed carbon* 73,6% dan tertinggi 80,5 % yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Perbandingan Komposisi dan Kadar Fixed Carbon

Nilai Kalor

Nilai kalor yang didapatkan berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa Nilai kalor tertinggi adalah nilai kalor briket dari bahan kemasan makanan ringan dan yang terendah adalah briket campuran arang kemasan makanan ringan dan tutup botol yaitu 99982,79 kal/gram dan 8565,9 kal/gram. Nilai kalor yang tinggi dipengaruhi oleh bahan baku yang merupakan polimer yang memiliki nilai kalor sebesar 10.956 kal/g (Almu et al., 2014; Ruslinda et al., 2017). Dari data nilai kalor ini plastik jenis PP (kemasan makanan ringan) lebih tinggi dari tutup botol yang merupakan jenis plastik HDPE, hal ini karena pada plastik makanan ringan bagian dalam terdapat lapisan Aluminium yang berpengaruh terhadap nilai kalor. Nilai kalor yang didapatkan menunjukkan bahwa briket dengan bahan dasar utama dari plastik sangat berpotensi untuk dijadikan briket.



Gambar 5. Grafik Hubungan Jenis plastik dan Nilai Kalor

KESIMPULAN

Ukuran mesh yang terbaik pada briket plastik ini adalah 40 mesh dengan kandungan air dan abu sebesar 3,9 % dan 3,9 % untuk briket dari kemasan makanan ringan, sedangkan untuk briket dari tutup botol diperoleh sebesar 0,5% untuk kadar air dan 2 % untuk kadar abu.

Analisis proksimat untuk briket campuran diperoleh kandungan air 5,47%, kadar abu 4,95%, volatile matter 13, kadar karbon terikat 76,58% dan nilai kalor sebesar 8565,914 cal/gram.

DAFTAR PUSTAKA

Almu, M. A., Syahrul, S., & Padang, Y. A. (2014). ANALISA NILAI KALOR DAN LAJU PEMBAKARAN PADA BRIKET CAMPURAN BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum Inophyllum*) DAN ABU SEKAM PADI. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 117–122. <https://doi.org/10.29303/d.v4i2.61>

- ASTM. (2013). Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke 1. *Statistics*, 03(February 2008), 1–3.
- Bhounick, M. C., Sarker, N. C., Hasan, M. M., & Roy, B. K. (2016). Conversion of Waste Plastic into Solid Briquette in Combination with Biomass: Bangladesh Perspective. *Iarjset*, 3(3), 142–146. <https://doi.org/10.17148/iarjset.2016.3332>
- Brožek, M., Nováková, A., & Kolářová, M. (2012). Quality evaluation of briquettes made from wood waste. *Research in Agricultural Engineering*, 58(1), 30–35. <https://doi.org/10.17221/33/2011-rae>
- Brožek, Milan. (2013). Study of briquette properties at their long-time storage. *Journal of Forest Science*, 59(3), 101–106. <https://doi.org/10.17221/27/2012-jfs>
- Garrido, M. A., Conesa, J. A., & Garcia, M. D. (2017). Characterization and production of fuel briquettes made from biomass and plastic wastes. *Energies*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/en10070850>
- Hendra, D. (2011). PEMANFAATAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*) UNTUK BAHAN BAKU BRIKET SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF. In *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* (Vol. 29, Issue 2, pp. 189–210). <https://doi.org/10.20886/jphh.2011.29.2.189-210>
- Irfansyah, M., Muttaqin, I., & Hariadi, M. (2016). Pembuatan Briket Berbahan Dasar Sekam Padi Dan Kantong Plastik. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 01(02), 10–12.
- Malo, H. A., Iskandar, T., Wandal, S. K., & Diah, D. T. (2018). *Optimalisasi Proses Karbonisasi Limbah Plastik Menggunakan Teknologi Teknologi Pyrolysis Menjadi Briket Arang (Briquette Charcoal)*. 3(2), 128–136.
- Muhammad, C. A. (2017). Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE dan Tempurung Kelapa di Kampung Nelayan Kabupaten Cilacap Selatan sebagai Briket Biomassa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 110(9), 1689–1699.
- Naryono, E., Prayito, P., & Santosa, S. (2019). *Pembuatan Briket Campuran Sampah Organik dan Sampah Plastik Sebagai Binder untuk Bahan Bakar padat*. 3, 7–9.
- Pribadyo. (2016). Pengaruh Ukuran Mesh Terhadap Kualitas Briket Batu Bara Campur Biomassa Kulit Kacang Tanah Dan Tepung Kanji Sebagai Perikat Dengan Tekanan 8 , 43 kg / cm 2. *Jurnal Mekanova*, 2(3), 127–135.
- Priyanto, A., Hartanum, & Sudarno. (2018). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket Terhadap Kerapatan, Kadar Air, Dan Laju

- Pembakaran Pada Briket Kayu Sengon. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 6, 541–546.
- Purwanto, D. (2015). Pengaruh Ukuran Partikel Tempurung Sawit Dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Biobriket. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(4), 303–313. <https://doi.org/10.20886/jphh.v33i4.931.303-313>
- Rumiyanti, L., Irnanda, A., & Hendronursito, Y. (2018). Analisis Proksimat Pada Briket Arang Limbah Pertanian. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 3(1), 15–22. <https://doi.org/10.21009/spektra.031.03>
- Ruslinda, Y., Husna, F., & Nabila, A. (2017). Karakteristik Briket Dari Komposit Sampah Buah, Sampah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) Dan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di Rumah Tangga. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 14(1), 5. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v14i1.5-14>
- Sahwan, F. L., Martono, D. H., Wahyono, S., & Wisoyodharmo, L. A. (2005). Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia. *Jurnal Sistem Pengolahan Limbah J. Tek. Ling. P3TL-BPPT*, 6(1), 311–318.
- Satmoko, M. E. A., Saputro, D. D., & Budiyono, A. (2013). Karakterisasi Briket Dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon Dengan Metode Cetak Panas. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 2(1), 1–8. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jmel>
- Sawir, H. (2016). *Pemanfaatan Sampah Plastik menjadi Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Kiln di Pabrik PT Semen Padang*. 16(1), 1–8.
- Septiani, S., & Septiani, E. (2015). Peningkatan Mutu Briket dari Sampah Organik dengan Penambahan Minyak Jelantah dan Plastik High Density Polyethylene (HDPE). *Jurnal Kimia VALENSI, November*, 91–96. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3567>
- Setiawan, D. K., Triantoro, A., & Annisa, A. (2018). Analisis Kualitas Pembakaran Briket Batubara Dengan Metode Karbonisasi Berdasarkan Parameter Kualitas Briket, Ukuran Partikel Dan Komposisi. In *Jurnal GEOSAPTA* (Vol. 4, Issue 01). <https://doi.org/10.20527/jg.v4i01.4433>
- Sudding, & Jamaluddin. (n.d.). *The Processing Of Coconut Shell Based On Pyrolysis Technology To Produce Renewable Energy Sources. October 2016*, 498–510.
- Suwinarti, W., Amirta, R., & Yuliansyah. (2018). Production of high-calorie energy briquettes from bark waste, plastic and oil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 144(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/144/1/012034>
- Syarief, A., Satria, M. A., & Nugraha, A. (1995). Pengaruh Ukuran Partikel dan Variasi Komposisi Briket pada Campuran Limbah Arang Kayu Alaban dengan Sekam Padi terhadap Karakteristik Briket dan Pembakaran. 29(5), 842.
- Widiyatmoko, H., Purwaningrum, P., & P, F. P. A. (2014). *PENGOLAHANNYA Abstrak Tujuan studi ini adalah untuk meneliti sampah plastik di Kecamatan Tebet berdasarkan pilot project fasilitas pengelolaan sampah terpadu yang pernah dimiliki oleh kecamatan ini . Sampah plastik termasuk sampah non organik yang tidak m.* 7(1), 24–31.
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, 28(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- Zafeiriou, E., Arabatzis, G., & Koutroumanidis, T. (2011). The fuelwood market in Greece: An empirical approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3008–3018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.03.019>
- Zhu, Q. (2010). Coal sampling and analysis standards. *IEA Clean Coal Centre, 2014*, 123. https://www.usea.org/sites/default/files/042014_Coal_sampling_and_analysis_standards_ccc235.pdf
- Zubairu, A., & Gana, S. A. (2014). Production and Characterization of Briquette Charcoal by Carbonization of Agro-Waste. *Energy and Power*, 4(2), 41–47. <https://doi.org/10.5923/j.ep.20140402.03>