



Optimasi Pembuatan Briket Berdasarkan Analisis Kalor Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Dan Hazelnut Oil

Heri Suropto^{a,*}, Purwo Subekti^a, Yose Rizal^a, Saiful Anwar^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Pasir Pengaraian
 Jl. Tuanku Tambusai, Rambah, Kec. Rambah Hilir, Kabupaten Rokan Hulu, Riau 28558

INFO ARTIKEL

Histori artikel:
 Tersedia Online: 24 Juni 2023

ABSTRAK

Briket telah dikembangkan sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah yang memiliki keterbatasan akses terhadap sumber daya energi konvensional seperti listrik atau gas alam. Briket ini merupakan alternatif energi yang lebih terjangkau dan tersedia secara lokal. Biasanya, briket dibuat dari limbah biomassa seperti biomassa, limbah pertanian, serbuk kayu, atau tempurung kelapa. Untuk meningkatkan nilai kalor atau kandungan energi briket sebagai sumber energi alternatif, beberapa langkah dapat diambil, seperti memilih bahan baku dengan nilai kalor yang tinggi, menggunakan bahan tambahan yang memiliki sifat pembakaran baik, meningkatkan densitas briket, dan mengatur parameter proses produksi seperti suhu, tekanan, dan waktu pembakaran. Dalam penelitian ini, tahapannya melibatkan pembuatan briket dengan kombinasi arang tempurung kelapa dan hazelnut oil dalam perbandingan 3:1, serta menggunakan komposisi perekat 90:10%, 85:15%, 80:20%, dan 75:25%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kalor optimal terdapat pada sampel B, yaitu sebesar 6061 kJ. Hal ini menunjukkan bahwa sampel B memiliki potensi energi yang paling tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya. Briket tersebut memiliki kandungan debu sebesar 4,3% dan kandungan air sebesar 4,7%. Waktu bakar untuk briket tersebut adalah 1,6 g/menit.

Kata kunci: Briket ; Energi alternatif; Limbah biomassa; Nilai kalor; Parameter produksi

E - MAIL

heri.suroptodotone@gmail.com

ABSTRACT

Briquettes have been developed as a viable solution to address the energy needs in regions with limited access to conventional energy sources like electricity or natural gas. These briquettes offer a more affordable and locally available alternative energy option. Typically, they are produced from biomass waste such as agricultural residues, wood dust, or coconut shells. To enhance the energy content or calorific value of these briquettes as an alternative energy source, various techniques can be employed, including selecting high-calorific raw materials, incorporating combustion additives with favorable burning properties, increasing briquette density, and optimizing production parameters like temperature, pressure, and burning time. In this study, the process involved creating briquettes using a combination of coconut shell charcoal and hazelnut oil in a 3:1 ratio, with binder compositions ranging from 90:10%, 85:15%, 80:20%, to 75:25%. Test results revealed that the optimal calorific value was achieved in sample B, measuring 6061 kJ. This finding indicates that sample B possesses the highest energy potential compared to other samples. Additionally, these briquettes exhibited a dust content of 4.3% and a moisture content of 4.7%. The burning time for the briquettes was recorded as 1.6 g/minute.

Kata kunci: Briquette; Alternative energy; Biomass waste; Calorific value; Production parameters

I. PENDAHULUAN

Briket tempurung kelapa merupakan jenis biofuel yang terbuat dari tempurung kelapa yang telah mengalami proses tertentu. Tempurung kelapa sendiri adalah lapisan keras yang melindungi buah kelapa [1–5]. Untuk membuat briket tempurung kelapa, tempurung kelapa diolah menjadi serbuk halus atau serat, kemudian dikeringkan dan dipadatkan sehingga membentuk briket yang padat [6–10]. Penggunaan briket tempurung kelapa sebagai biofuel didasarkan pada kebutuhan akan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Tempurung kelapa merupakan limbah yang dihasilkan oleh industri pengolahan kelapa dan ketersediaannya sangat melimpah [11–14]. Dengan mengolahnya menjadi briket, limbah ini dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan [15–19].

Briket tempurung kelapa merupakan salah satu jenis biofuel yang memiliki jejak karbon yang rendah. Saat dibakar, briket ini menghasilkan emisi gas rumah kaca yang lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti batu bara [20–24]. Pemanfaatan briket tempurung kelapa membantu mengurangi pembuangan limbah tempurung kelapa ke lingkungan. Dengan mengolah limbah tersebut menjadi briket, potensi polusi lingkungan dapat diperkecil [25–27]. Penggunaan briket tempurung kelapa sebagai pengganti bahan bakar dalam industri, rumah tangga, dan sistem pemanas lainnya dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menjaga keberlanjutan sumber daya energi. Briket tempurung kelapa berperan sebagai biofuel alternatif yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan berkontribusi pada upaya pengurangan emisi gas rumah kaca [28–31]

Dalam rangka meningkatkan efisiensi pembakaran, sifat fisik, kekuatan, atau karakteristik lainnya dari briket tempurung kelapa, dilakukan pengembangan komposisi dengan penambahan bahan lain [36–40]. Beberapa bahan tambahan dapat digunakan untuk memodifikasi sifat fisik briket, seperti kepadatan, kekuatan mekanik, dan waktu pembakaran. Bahan seperti serat kelapa, limbah pertanian, atau bahan pengikat seperti tepung terigu dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat ini [32–34]. Dengan menggabungkan tempurung kelapa dengan bahan lain yang tersedia secara lokal atau berlimpah, dapat tercipta alternatif sumber

energi yang beragam dan dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi yang terbatas atau mahal [35–38].

Untuk meningkatkan Efisiensi pada briket perlu dilakukan inovasi baru, efisiensi energi briket dapat ditingkatkan melalui optimasi produksi, Upaya ini melibatkan penyesuaian komposisi bahan baku, proses produksi, dan karakteristik briket yang dihasilkan. Dengan meningkatkan efisiensi energi, kita dapat menghasilkan lebih banyak energi menggunakan jumlah bahan baku yang sama, atau mengurangi kehilangan energi dalam proses produksi [39, 40]. Sebagai salah satu produsen kelapa terbesar di dunia, Indonesia memiliki ketersediaan yang melimpah dari tempurung kelapa sebagai bahan baku. Di sisi lain, wilayah Asia Tenggara kaya akan biji kemiri. Dengan menggabungkan kedua bahan ini dalam produksi briket, dapat dimanfaatkan sumber daya alam yang melimpah tersebut [41–43]. Tempurung kelapa dan biji kemiri memiliki karakteristik yang saling melengkapi dalam pembuatan briket. Tempurung kelapa memberikan kepadatan dan stabilitas struktural, sementara biji kemiri memiliki nilai energi tinggi dan sifat pembakaran yang baik. Dengan menggabungkan keduanya, briket yang dihasilkan memiliki kualitas dan performa yang lebih baik daripada menggunakan hanya satu bahan baku [44, 45].

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan briket yang terbuat dari kombinasi tempurung kelapa dan biji kemiri guna mencapai efisiensi yang lebih baik dalam hal performa dan nilai kalor briket tersebut.

II. MATERIAL DAN METODE

2.1 Material

Briket tempurung kelapa dan biji kemiri adalah jenis bahan bakar padat yang dibuat dari tempurung kelapa dan biji kemiri yang telah diproses. Bahan-bahan ini digunakan untuk menghasilkan energi panas dan dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar biomassa. Proses pembuatan briket tempurung kelapa dan biji kemiri melibatkan beberapa material diantaranya adalah:

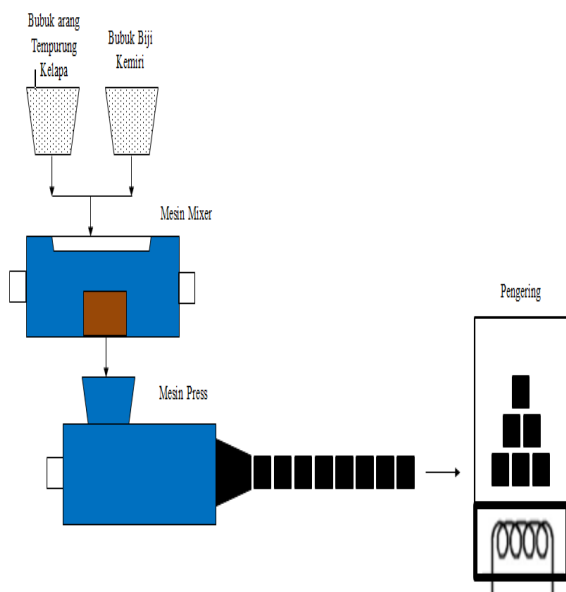
1. Tempurung kelapa : Tempurung kelapa merupakan lapisan keras yang berfungsi sebagai pelindung bagi daging kelapa yang ada di dalamnya, dan bersihkan dari serat-serat kelapa yang menempel pada bagian luarnya.

2. Biji kemiri : Biji kemiri merupakan benih yang berasal dari pohon kemiri. Pastikan biji kemiri telah mengalami proses pengeringan yang memadai sebelum digunakan.
3. Bahan perekat : Perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung tapioka dengan perbandingan 90 % : 10 %, 85% : 15%, 80% : 20% dan 75% : 25%.

Berikut ini adalah beberapa peralatan yang mungkin diperlukan untuk membuat briket dari tempurung kelapa dan biji kemiri:

1. Mesin penggiling : Digunakan untuk menghaluskan tempurung kelapa dan biji kemiri menjadi serbuk halus
2. Timbangan : Untuk mengukur bahan-bahan dalam proporsi yang tepat
3. Mangkuk besar : Digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan serbuk tempurung kelapa, serbuk biji kemiri, dan bahan perekat
4. Sendok atau pengaduk : Untuk mencampurkan bahan-bahan secara merata
5. Cetakan briket : Cetakan khusus untuk membentuk briket dalam ukuran dan bentuk yang diinginkan

Selain peralatan-peralatan ini, pastikan juga mempersiapkan perlengkapan keamanan tambahan seperti sarung tangan tahan panas dan pelindung mata jika diperlukan.



Gambar 1. Proses pembuatan briket

2.1 Evaluasi dan Prosedur Optimasi briket

1). Penentuan Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi panas maksimum yang dilepaskan atau ditimbulkan oleh

suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna per satuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Untuk menentukan nilai kalor dapat menggunakan persamaan seperti yang digunakan oleh berikut [46, 47]:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Dimana:

Q = Nilai kalor (joule)

m = Masa air (kg)

C = Kalor jenis air = 4,18 (cal/g°C) [48, 49]

ΔT = Perubahan suhu

2). Penentuan Kadar Air

Kadar air biomassa mentah ditentukan dengan menghitung kehilangan berat material menggunakan oven udara panas metode sekarat pada 105°C hingga 110°C selama satu jam dan hingga konstan penurunan berat briket [48–50].

$$\text{Kadar Air (\%)} = \left(\frac{W - W_0}{W} \right) \times 100$$

Dimana:

W adalah berat awal sampel briket sebelum dikeringkan (gram).

W₀ adalah berat sampel briket setelah dikeringkan (gram).

3). Penentuan kadar debu

Sampel residu dalam wadah dipanaskan tanpa tutup dalam tungku meredam pada 700 ± 50°C selama satu setengah jam. cawan kemudian dikeluarkan, didinginkan terlebih dahulu di udara, kemudian di desikator dan ditimbang. Pemanasan, pendinginan, dan penimbangan adalah dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh berat konstan [51, 52].

$$\text{Kadar debu (\%)} = \left(\frac{W_D}{W_T} \right) \times 100$$

Dimana:

W_D = Berat Debu adalah berat debu yang ada dalam briket (g)

W_T = Berat Total Briket adalah berat total briket, termasuk berat bahan bakar dan debu (g)

4) Penentuan Laju Pembakaran

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui laju pembakaran seperti yang digunakan oleh [53–55] adalah sebagai berikut:

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{m}{t}$$

Dimana:

m = Massa briket terbakar (massa briket awal - massa briket sisa) (gram)

t = Waktu pembakaran (menit)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Parameter Proses Pembriketan

4. Dalam eksperimen penelitian ini dilakukan kombinasi dari proses pembriketan, kombinasi bahan briket terdiri dari 3 : 1 yaitu 3 bagian untuk arang tempurung kelapa dan 1 bagian untuk biji kemiri, dengan persentase perekat 90 % : 10 %, 85 % : 15%, 80% : 20% dan 75% : 25%.

Tabel 1. Tabel Pengujian Temperatur Air

Waktu (menit)	Temperatur Air (°C)			
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D
5	60	60	72	72
10	80	79	83	83
15	92	84	87	83
20	80	89	85	86
25	70	75	78	75
30	60	70	70	65
35	51	60	60	59
40	49	55	51	49
45	40	53	44	41

Dari data pada tabel 1, terlihat bahwa suhu sampel A mengalami kenaikan dan penurunan yang berbeda-beda seiring berjalannya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa suhu sampel A dipengaruhi oleh faktor waktu secara signifikan. Sampel B juga mengalami fluktuasi seiring berjalannya waktu. Terdapat kenaikan suhu yang cukup signifikan dari awal hingga waktu 20 menit, namun kemudian suhu turun dan naik kembali pada waktu 40 dan 45 menit. Ini menunjukkan bahwa faktor waktu juga berpengaruh pada suhu sampel B. Suhu sampel C juga mengalami fluktuasi yang cukup signifikan seiring berjalannya waktu. Terdapat kenaikan suhu dari awal hingga waktu 15 menit, namun kemudian suhu turun secara bertahap setelah itu. Faktor waktu memiliki pengaruh yang jelas terhadap suhu sampel C. suhu sampel D juga mengalami fluktuasi seiring berjalannya waktu. Terdapat kenaikan suhu dari awal hingga waktu 15 menit, namun kemudian suhu turun secara bertahap setelah itu. Faktor waktu juga mempengaruhi suhu sampel D.

Dalam analisis ini, terlihat bahwa waktu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan suhu sampel. Terdapat tren kenaikan dan penurunan suhu yang berbeda-beda tergantung

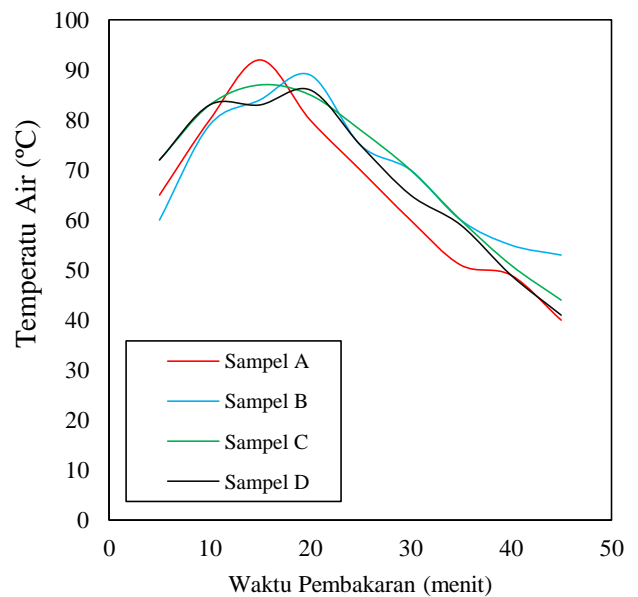
pada waktu yang berlalu. Selain itu, suhu awal sampel juga mempengaruhi suhu akhirnya.

Tabel 2. Tabel Kadar Debu dan Air Briket

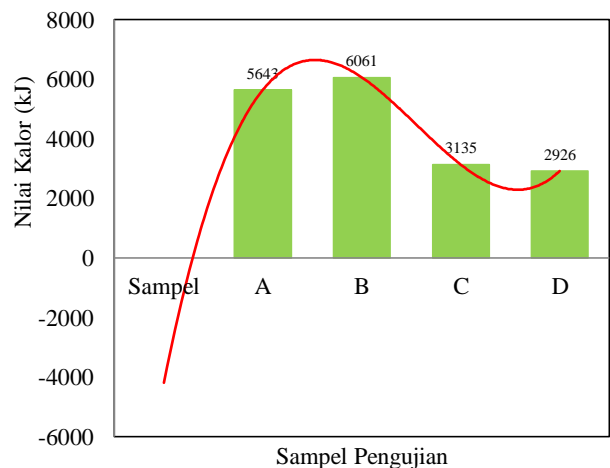
Sampel	Kadar Debu (%)	Kadar Air (%)
A	4,5	5
B	4,3	4,7
C	3,7	5
D	2,1	5

Tabel 3. Tabel Nilai Kalor Briket

Sampel	Nilai Kalor Briket (kJ)
A	5643
B	6061
C	3135
D	2926



Gambar 2. Nilai Optimal Lama Pembakaran



Gambar 3. Nilai Kalor Briket

Gambar 3 menunjukkan tren yang fluktuatif artinya bahwa sampel B memiliki nilai kalor briket yang tertinggi (6061 kJ), diikuti oleh sampel A (5643 kJ), sampel C (3135 kJ), dan sampel D (2926 kJ). Dengan demikian, nilai optimal untuk kalor briket terdapat pada sampel B dengan nilai 6061 kJ. Dengan demikian, dapat diamati bahwa secara umum, terdapat peningkatan nilai kalor briket dari sampel A ke sampel B. Namun, ada penurunan signifikan dalam nilai kalor dari sampel B ke sampel C, dan kemudian penurunan lebih lanjut dari sampel C ke sampel D. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sampel B diantaranya adalah Komposisi Kimia, Kandungan Air, Densitas, Proses Produksi, Kualitas Bahan Baku, dan Pengeringan.

IV KESIMPULAN

Briket dibuat dengan mencampur tempurung kelapa dan minyak hazelnut dengan perbandingan 3:1, yang berarti menggunakan 3 bagian arang tempurung kelapa dan 1 bagian minyak hazelnut. Persentase perekat yang digunakan bervariasi, antara lain 90:10%, 85:15%, 80:20%, dan 75:25%. Nilai kalor optimal ditunjukkan pada sampel B sebesar 6061 kJ. Hal ini menunjukkan bahwa sampel B memiliki potensi energi yang paling tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya. Briket tersebut memiliki kandungan debu sebesar 4,3% dan kandungan air sebesar 4,7%. Waktu bakar untuk briket tersebut adalah 1,6 g/menit.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Kurniawan, F., Udayana, I. W. S., & Sunarsih, "Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Biofuel", *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol 7, no 1, bll 36–45, 2018.

[2] M. Sari, V. P., & Hasan, "Pembuatan Briket Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif", *J. Sains dan Teknol. Kim.*, vol 2, no 2, bll 27–32, 2019.

[3] B. Hidayat, A., & Hariyadi, "Karakteristik Briket Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif", *J. Tek. Mesin*, vol 8, no 1, bll 29–38, 2020.

[4] P. E. Sinaga, M. S., & Hasibuan, "Pembuatan Briket Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif", *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin*, vol 2, no 1, bll 67–73, 2021.

[5] M. Fatmawati, F., Sari, V. P., & Hasan, "Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Pengepresan terhadap Kualitas Briket

Tempurung Kelapa sebagai Biofuel", *J. Tek. Kim.*, vol 3, no 2, bll 99–105, 2021.

[6] B. Rosyid, A., Susanto, B. H., & Susilo, "Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif", *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol 9, no 2, bll 121–128, 2021.

[7] P. K. Patel, M., Kaladharan, P., & Abdul Azis, "Coconut husk as a potential renewable energy source in India", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol 60, bll 167–178, 2016.

[8] K. Jaya, N., Rani, H. A., & Zaman, "Pembuatan dan Karakterisasi Briket Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif", *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol 8, no 1, bll 9–18, 2019.

[9] S. Cahyono, R. B., Nugroho, Y. A., & Suryadi, "Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Pengeringan pada Pembuatan Briket Tempurung Kelapa", *J. Tek. Kim.*, vol 3, no 2, bll 51–57, 2020.

[10] S. M. A. Alam, M. Z., Mofijur, M., Islam, A. S., Ahmed, S. F., Rahman, S. M. A., & Rahman, "Co-firing of biomass and coal: The key to low-cost bioenergy", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol 53, bll 1417–1427, 2016.

[11] D. Akhmad, F. N., Kartika, D., & Fitriani, "Sustainable Energy from Coconut Shells: A Review of Biochar, Briquette, and Activated Carbon", *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol 882, no 10, bl 12017, 2021.

[12] A. S. Yacoubou, A., Ibrahim, I., Idris, A., Musa, U., & Muhammad, "Characterization and Evaluation of Coconut Shell Briquette as an Alternative Energy Source", *Int. J. Energy Environ. Eng.*, vol 11, no 1, bll 37–48, 2020.

[13] G. Kumar, V., Ponnusamy, V. K., & Nagarajan, "Sustainable energy from coconut shells: A review", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol 145, bl 111053, 2021.

[14] A. S. Sinaga, B. M., & Silitonga, "Coconut Shell Briquettes as Renewable and Sustainable Energy Sources", *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol 140, no 1, bl 012050, 2018.

[15] A. S. Sinaga, B. M., & Silitonga, "Optimalisasi Karbonisasi Tempurung Kelapa untuk Pembuatan Briket Biomassa sebagai Bahan Bakar Alternatif", *J. Tek. Kim. Indones.*, vol 16, no 1, bll 9-16., 2017.

[16] M. Fitriani, R., Paramitha, M. D., & Azizah, "Pembuatan Briket Tempurung Kelapa dengan Variasi Suhu Pengeringan dan Waktu Penyimpanan sebagai Bahan

- Bakar Alternatif”, *J. Rekayasa Kim. Lingkungan.*, vol 16, no 1, bll 10–19, 2021.
- [17] W. Sastro, A., Asmara, F., & Pradoto, “Karakteristik Briket Tempurung Kelapa dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Bakar Alternatif”, *J. Teknol. Lingkungan.*, vol 20, no 2, bll 137–145, 2019.
- [18] M. Paramitha, M. D., Fitriyani, R., & Azizah, “Pembuatan Briket Tempurung Kelapa dengan Variasi Kadar Bahan Perekat sebagai Bahan Bakar Alternatif”, *J. Ris. Teknol. Pencegah. Pencemaran Ind.*, vol 11, no 2, bll 83–90, 2020.
- [19] H. Fahmi, R., Sudiby, H., & Sulisty, “Pembuatan dan Karakterisasi Briket Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif”, *J. Teknol. dan Ind. Pertan. Indones.*, vol 11, no 2, bll 88–94, 2019.
- [20] A. Oladeji, J. T., Adekunle, K. F., Ajayi, B. R., & Gbabo, “Comparative Analysis of Biomass Briquette Blends with Bituminous Coal for Heat Generation”, *Cogent Eng.*, vol 4, no 1, bl 1322457, 2017.
- [21] M. Vijay, V., Roy, R., & Kumar, “Assessment of Emission Characteristics from Coconut Shell Briquettes as an Alternative Fuel”, *Energy Reports*, vol 6, bll 446–455, 2020.
- [22] W. Prayitno, A., Pratama, A. N., & Wulandari, “The Role of Coconut Shell Briquette as Renewable Energy Source in Indonesia. Journal of Physics”, *Conf. Ser.*, vol 1445, no 1, bl 012034., 2020.
- [23] P. Azis, P. K. A., Patel, M., & Kaladharan, “Carbon Emission Reduction Potential through Biomass Briquetting: A Case Study of Coconut Shell Briquettes in Indonesia”, *Energy Procedia*, vol 90, bll 266-273., 2016.
- [24] P. Mohanty, A. K., Vivekanand, V., & Basu, “Coconut Shell Briquettes - An Economical and Sustainable Alternative Energy Source”, *Proc. Int. Conf. Sustain. Waste Manag. Recycl. Springer, Singapore*, no pp. 381-386, 2018.
- [25] W. S. Sofyan, N., & Mustika, “Utilization of Coconut Shell as a Sustainable Bioenergy Resource through Briquetting Process”, *J. Environ. Manag. Renew. Energy*, vol 1, no 1, bll 1–6, 2019.
- [26] S. Roy, R., Kumar, A., & Mohanty, “Assessment of Coconut Shell Briquettes as an Alternative Source of Renewable Energy for Industrial Heating Applications”, *J. Clean. Prod.*, vol 150, bll 270–278, 2017.
- [27] R. Alfares, F. H., & Eldeeb, “Production and Utilization of Coconut Shell Briquettes as a Source of Renewable Energy”, *J. Clean. Prod.*, vol 257, bl 120564, 2020.
- [28] M. S. T. Prasetyo, D., Yasin, M., & Putra, “Characterization of Coconut Shell Briquettes as Solid Biofuel for Combustion Applications”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol 1029, no 1, bl 012012, 2021.
- [29] C. Sutcu, H., Yaman, S., & Yaman, “Performance of a Diesel Engine Fueled with Coconut Shell Charcoal Biodiesel”, *Fuel*, vol 242, bll 667–672, 2019.
- [30] T. Thapa, P., & Bhaskar, “Coconut Shell: A Sustainable Feedstock for the Production of Biochar and Activated Carbon”, *J. Environ. Chem. Eng.*, vol 8, no 3, bl 103790, 2020.
- [31] T. Anwar, S., Ghani, W. A. W. A. K., Ibrahim, M. H., & Bhaskar, “Pyrolysis of Coconut Shell for Bio-Oil Production”, *Energy Convers. Manag.*, vol 120, bll 52-58., 2016.
- [32] S. Idris, A., Prayitno, A., & Rahayu, “Effect of Mixing Ratio of Coconut Shell Charcoal and Sawdust in Briquette Making on Physical and Combustion Properties”, *Energy Reports*, vol 6, bll 1422–1426, 2020.
- [33] H. Saptoro, A., & Hadiyanto, “Effect of Adhesive Addition on the Physical Properties of Coconut Shell Charcoal Briquette”, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol 217, no 1, bl 012052, 2019.
- [34] B. A. Odeleye, O. S., & Adejobi, “Comparative Study of Cow Dung and Starch as Binders in the Production of Coconut Shell Briquette”, *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol 12, no 3, bll 1237-1248., 2021.
- [35] H. Alhassan, H. S., & Katircioglu, “Coconut Fiber as a Binder in Briquette Production from Banana and Plantain Peels”, *Renew. Energy*, vol 173, bll 536–544, 2021.
- [36] F. E. Dafaallah, H. S., Mustafa, H. B., & Suliman, “Experimental Investigation on Some Physical and Combustion Characteristics of Briquettes Produced from Groundnut Shells and Bagasse”, *Energy Reports*, vol 5, bll 1087–1096, 2019.
- [37] R. Velu, V., Iniyan, S., & Goic, “Briquetting of Palm Fibre and Shell from the Processing of Palm Nuts to Palm Oil”, *Biomass and Bioenergy*, vol 35, no 2, bll 901–909, 2011.
- [38] S. O. Okunade, I. O., Akinola, A. O., & Kareem, “The Performance Evaluation of Different Briquette Binder Combinations Produced from Agricultural Wastes”, *Energy Procedia*, vol 142, bll 1921–1927, 2018.

- [39] V. Marusic, I., & Sendula-Jengic, “Co-Firing Biomass with Coal for Electricity Generation—An Assessment of the Potential in Croatia”, *Energy*, vol 165, bll 913–922, 2018.
- [40] R. Yelgi, “Co-Combustion of Biomass with Coal: Assessment of the State of the Art and Research Needs”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol 51, bll 723–737, 2015.
- [41] dan H. H. T. Yin, H. Liu, “Energy recovery from biomass by fast pyrolysis and briquetting: Process optimization and product characteristics”, *J. Fuel Process. Technol.*, vol 106, bll 739–744, 2013.
- [42] dan M. S. R. M. F. Rakib, M. N. Islam, “Improving the energy efficiency of briquetting process for different agro-residues”, *J. Renew. Energy*, vol 139, bll 1129–1136, 2019.
- [43] dan A. S. L. L. C. Thomas, G. G. Lebaka, “Optimization of biomass briquette fuel production process”, *J. Renew. Energy*, vol 101, bll 558–567, 2017.
- [44] dan N. A. Y. A. Shayan, R. A. Rahman, “A Comparative Analysis of Physical and Thermal Properties of Coconut Shell Briquettes”, *J. Energy Procedia*, vol 68, bll 169–175, 2015.
- [45] A. A. A. dan A. F. M. Arif, “Coconut Shell Briquetting: Challenges and Prospects”, *J. Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol 80, bll 538–541, 2017.
- [46] M. Ahmed, I., Ahmed, S., & Shahbaz, “Thermochemical characterization of Pakistani biomass waste: A step towards waste to energy production”, *J. Renew. Sustain. Energy*, vol 9, no 5, bl 053101, 2017.
- [47] A. Demirbas, “Relationships between heating value and lignin, moisture, ash, and extractive contents of biomass fuels. Energy Exploration & Exploitation”, *Energy Explor. Exploit.*, vol 22, no 4, bll 285–293, 2004.
- [48] R. R. Selvakumar Senthilkumar, “Specific Heat Capacity Enhancement of Nanofluids: A Comprehensive Review”, *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol • DOI: 10., 2020.
- [49] et al Naveed Ahmed, Zulkifly Abdullah, Mahamod Ismail, “Thermal Conductivity and Specific Heat Capacity of Water-Based Nanofluids”, *Int. J. Thermophys.*, 2011.
- [50] D. C. Harris, “Quantitative Chemical Analysis. Macmillan”, 2010.
- [51] S. R. Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, “Principles of Instrumental Analysis. Cengage Learning”, 2017.
- [52] A. I. Vogel, “Vogel’s Textbook of Quantitative Chemical Analysis”, *Pearson Educ.*, 2012.
- [53] et al J. Lehtoranta, T. Tissari, P. Lamberg, “Measurement of Dust Emissions from Biomass Combustion in Small-scale Appliances”, *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 2013.
- [54] et al T. Tissari, K. Laitinen, A. Jokiniemi, “Measurement of Dust Emission from Biomass Pellet Combustion in Residential Appliances”, *Fuel Process. Technol.*, 2011.
- [55] et al Chunbao Xu, Lufei Jia, “Combustion characteristics and kinetic analysis of agricultural biomass pellets”, *Biomass and Bioenergy*, 2018.