

Charcoal Briquette Quality Analysis Based on Composition Palm Oil (*Elais guineensis* Jacq) Midrib Charcoal Powder with Sugar Palm (*Arenga pinnata* Merr) Midrib Charcoal Powder

Rindayatno^{1*}, Fathur Rohman², Agus Nur Fahmi³
Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman

ABSTRACT: The potential of green energy as a complement and substitute for fossil energy continues to be promoted, one of which is based on biomass. Biomass (plant) based charcoal briquettes can support the fulfillment of energy needs, create jobs, and are relatively low in emissions. The aim of the study was to determine and analyze the quality of charcoal briquettes based on the composition of a mixture of palm oil (*Elais guineensis* Jacq) and Aren (*Arenga pinnata* Merr) midrib charcoal powder mixtures. Carbonization is carried out using a furnace with an indirect heating method. Data were analyzed by Completely Randomized Design (CRD) 5 treatments, namely (A) composition of 100% palm oil midrib, (B) 75% palm oil midrib and 25% sugar palm midrib, (C) 50% palm oil midrib and 50% sugar palm midrib, (D) 25% palm oil midrib and 75% sugar palm midrib, and (E) 100% sugar palm midrib. The best quality of charcoal briquettes was obtained from treatment E (100% palm oil midrib) with a density of 0.617 g/cm³, water content 4.174%, compressive strength 92.700 kg/cm², volatile matter content 36.800%, ash content 6.500%, fixed carbon content 56.700%, and calorific value 5.843 cal/g. Charcoal briquettes with a mixture of charcoal powder 25% palm oil midrib and 75% sugar palm midrib is the best mixture composition with quality characteristics of charcoal briquettes: density 0.574 g/cm³, water content 4.504%, compressive strength 80.451 kg/cm², volatile matter content 37.400%, ash content 7.800%, fixed carbon 54.800%, and calorific value 5,623 cal/g. Several test results of charcoal briquettes meet the quality reference of charcoal briquettes from P3HH and SNI No. 01-6235-2000.

Keywords: charcoal briquettes, palm oil midrib, sugar palm midrib

Corresponding Author: rinda_yatno@yahoo.com

Analisis Kualitas Briket Arang Berdasarkan Komposisi Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq) dengan Serbuk Arang Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr)

Rindayatno^{1*}, Fathur Rohman², Agus Nur Fahmi³
Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman

ABSTRAK: Potensi energi hijau sebagai pelengkap dan pengganti energi fosil terus digalakkan salah satunya yang berbasis biomassa. Briket arang berbasis biomassa (tumbuhan) dapat mendukung pemenuhan kebutuhan energi, membuka lapangan kerja, dan emisi yang relatif rendah. Penelitian bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kualitas briket arang berdasarkan komposisi campuran serbuk arang Pelepah Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq) dan Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr). Karbonisasi dilakukan menggunakan tungku dengan metode pemanasan tidak langsung. Data dianalisis dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 5 perlakuan yaitu (A) komposisi 100% Pelepah Kelapa Sawit, (B) 75% Pelepah Kelapa Sawit dan 25% Pelepah Aren, (C) 50% Pelepah Kelapa Sawit dan 50% Pelepah Aren, (D) 25% Pelepah Kelapa Sawit dan 75% Pelepah Aren, serta (E) 100% Pelepah Aren. Kualitas briket arang terbaik diperoleh dari perlakuan E (100% Pelepah Aren) dengan kerapatan 0,617 g/cm³, kadar air 4,174%, keteguhan tekan 92,700 kg/cm², kadar zat mudah menguap 36,800%, kadar abu 6,500%, kadar karbon terikat 56,700% dan nilai kalor 5.843 kal/g. Briket arang dengan campuran serbuk arang 25% Pelepah Kelapa Sawit dan 75% Pelepah Aren adalah komposisi campuran terbaik dengan sifat kualitas briket arang: kerapatan 0,574 g/cm³, kadar air 4,504%, keteguhan tekan 80,451 kg/cm², kadar zat mudah menguap 37,400%, kadar abu 7,800%, karbon terikat 54,800%, dan nilai kalor 5.623 kal/g. Beberapa hasil pengujian briket arang memenuhi acuan kualitas briket arang dari P3HH dan SNI No. 01-6235-2000.

Kata kunci: briket arang, pelepah kelapa sawit, pelepah aren

Submitted: 6 June; Revised: 20 June; Accepted: 26 June

Corresponding Author: rinda_yatno@yahoo.com

PENDAHULUAN

Pemanasan global yang berdampak serius bagi lingkungan hidup telah mendorong sumber energi terbarukan mengambil porsi yang lebih besar untuk melengkapi dan menggantikan energi fosil.

Berbagai teknologi rekayasa untuk mentransformasikan cadangan karbon potensial (biomassa) pada tumbuhan hijau menjadi energi salah satunya dengan pembuatan briket arang.

Telah banyak dilakukan berbagai penelitian tentang pembuatan briket arang dari bahan baku biomassa (tumbuhan dan limbahnya). Namun belum banyak penelitian yang menggunakan bahan baku briket arang dari limbah perkebunan berupa Pelepah Kelapa Sawit dan Pelepah Aren yang sangat besar potensinya di Indonesia.

Sejauh ini pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Aren (*Arenga pinnata* Merr) hanya sebagai tumpukan biomassa yang belum simanfaatkan secara optimal sehingga memerlukan inovasi untuk memanfaatkannya sebagai bahan baku energi alternatif untuk pembuatan briket arang.(Zainuri et al., 2019)

Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Aren (*Arenga pinnata* Merr) merupakan tumbuhan dari famili Arecaceae (Palmae) yang telah dibudidayakan secara luas (perkebunan) atau tumbuh liar dengan banyak sekali manfaat yang bisa diperoleh. Pelepah merupakan bagian dari Kelapa Sawit dan Aren yang rutin dipangkas untuk memudahkan pemanenan buah dan menunjang pertumbuhannya. Selama ini pelepah masih sebatas limbah yang dibiarkan menjadi pupuk alami. Pelepah Kelapa Sawit dan Pelepah Aren memiliki potensi energi yang cukup besar dibandingkan biomassa lainnya. Menurut Tajalli, A. (2015) pelepah kelapa sawit memiliki nilai kalori hingga 3.350 kal/g. Pembuatan briket arang dapat meningkatkan nilai kalor tersebut. Hal ini membuka peluang dalam pengembangan pembangkit listrik berbahan baku limbah perkebunan berupa Pelepah Kelapa Sawit dan Pelepah Aren.

Pengembangan penggunaan briket arang untuk berbagai tujuan dapat diawali dengan meneliti kualitas briket arang (nilai kalor) dari berbagai bahan baku yang digunakan dalam pembuatannya. Briket arang tidak hanya untuk pemenuhan energi domestik rumah tangga namun lebih jauh dapat menjadi sumber energi bagi pembangkit listrik.(Juwito & Haryono, 2013)

Penelitian dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh komposisi serbuk arang Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr) terhadap kualitas briket arang. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberi kontribusi data terkait peluang pemanfaatan limbah perkebunan menjadi bahan baku bagi pengembangan pembangkit listrik bertenaga biomassa.

TINJAUAN PUSTAKA

Arang adalah hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon yang berbentuk padat dan berpori. Sebagian besar porinya masih tertutup oleh hidrogen, senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari abu, air, nitrogen dan sulfur.(Wijayanti, 2009)

Peristiwa terbentuknya arang dapat terjadi dengan cara memanaskan secara langsung atau tidak langsung terhadap bahan berkarbon di dalam tumbuhan menggunakan timbunan (tradisional), tungku pembakaran (kiln), atau retort. Untuk menghasilkan arang umumnya bahan baku dipanaskan dengan suhu sekitar 500°C atau lebih. Faktor yang berpengaruh terhadap proses karbonisasi adalah kecepatan pemanasan dan tekanan. Pemanasan yang cepat sukar untuk mengamati tahapan karbonisasi yang terjadi dan rendemen arang yang dihasilkan lebih rendah. Sedangkan pemakaian tekanan yang tinggi akan mampu meningkatkan rendemen arang.(Wijayanti, 2009)

Briket arang adalah arang kayu yang diubah bentuk, ukuran dan kerapatannya dengan cara mengempa campuran serbuk dengan bahan perekat. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan briket arang adalah arang kayu atau kayu yang berukuran kecil yang diperoleh dari limbah industri penggergajian atau industri perkayuan.(Cao et al., 2019)

Beberapa cara pembuatan briket arang (Wijayanti, 2009):

- 1) Pengempaan serbuk gergaji menjadi briket arang kemudian disusul dengan karbonisasi dengan tekanan sedang.
- 2) Pengempaan dan karbonisasi secara serentak.
- 3) Pengempaan campuran arang dan serbuk kayu menjadi briket arang lalu disusul karbonisasi.
- 4) Pengempaan campuran serbuk arang dan bahan perekat menjadi briket arang disusul dengan pengeringan dan kadang-kadang dikarbonisasi kembali.

Kualitas briket arang dapat dinilai dengan membandingkan hasil pengujian penelitian dengan acuan kualitas yang ditetapkan oleh P3HH (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan) dan SNI No. 01-6235-2000.

Tabel 1. Acuan Kualitas Briket Arang.

Parameter Kualitas Briket Arang	Acuan Kualitas Briket Arang	
	P3HH*	SNI No. 01-6235-2000**
Kerapatan (gr/cm ³)	> 0,7	-
Kadar air (%)	< 8	≤ 8
Keteguhan tekan (kg/cm ²)	> 12	-
Kadar zat mudah menguap (%)	< 30	≤ 15
Kadar abu (%)	< 8	≤ 8
Karbon terikat (%)	> 60	-
Nilai kalor (kal/gr)	> 6.000	> 5.000

* Sudrajat (1982) (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) cit Sari (2010).

** SNI 01-6235-2000 (Anonim, 2000)

Percadangan energi biomassa yang akan datang bertumpu salah satunya pada tumbuhan yang memiliki pertumbuhan cepat dan populasi yang banyak serta bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket arang seperti tumbuhan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Aren (*Arenga pinnata* Merr).

Komponen kimia dalam bahan baku menjadi indikator penting dalam mengukur besaran energi yang dihasilkan dari biomassa. Anonim, 1976 cit Pasaribu, dkk., 2005, menjelaskan klasifikasi jenis kayu Indonesia berdasarkan komponen kimianya dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Jenis Kayu Indonesia Berdasarkan Komponen Kimia

Komponen Kimia	Kelas Komponen		
	Tinggi	Sedang	Rendah
Selulosa	>45	40-45	<40
Lignin	>33	18-33	<18
Pentosen	>24	21-24	<21
Ekstraktif	>4	2-4	<2
Abu	>6	0,2-6	<0,2

Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr) memiliki komponen kimia dalam kategori rendah.(Pane et al., 2015)



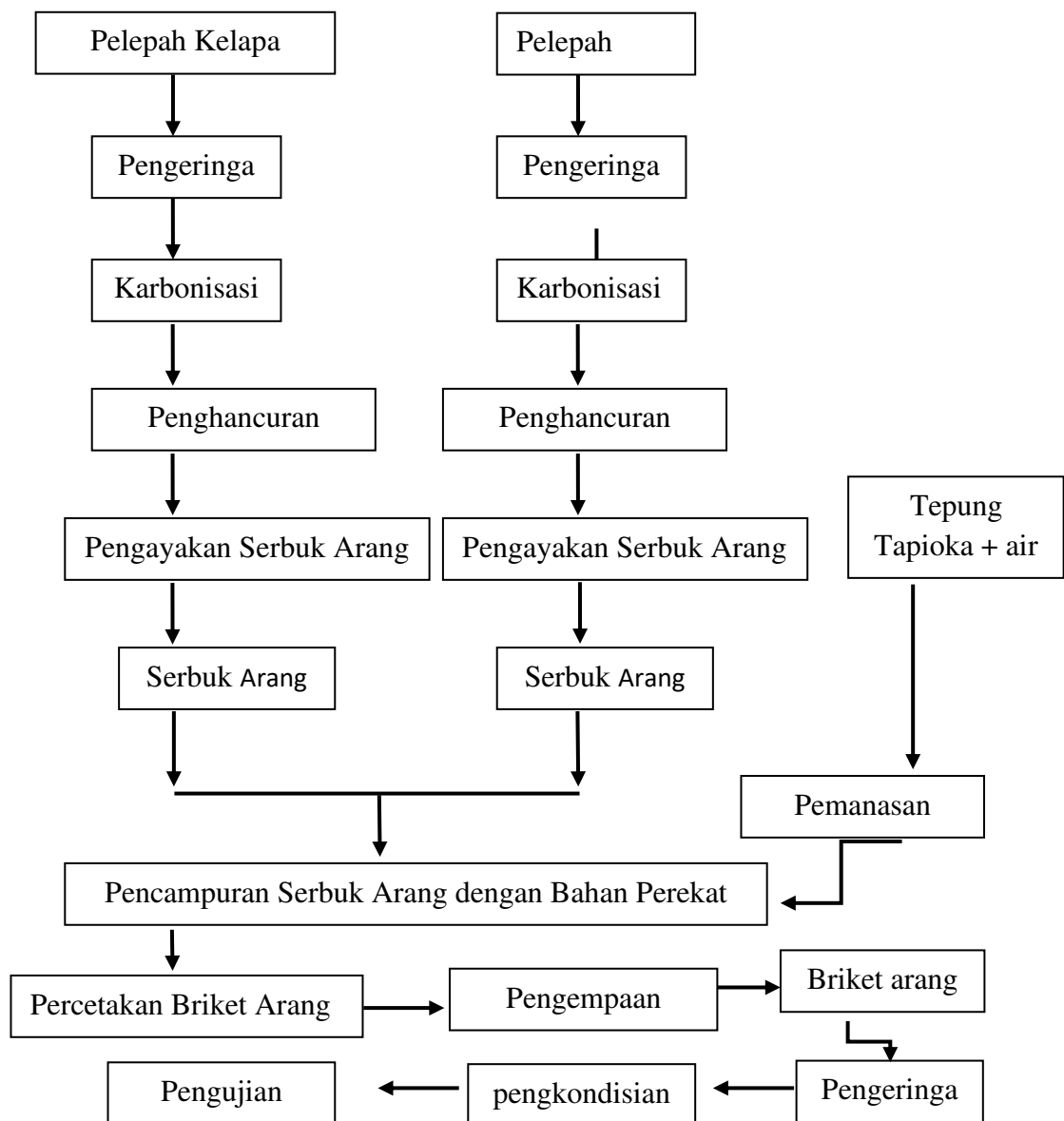
Gambar 1. A=Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis* Jacq), B=Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr)

METODOLOGI

Bahan yang akan digunakan yaitu Pelepah Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq) dan Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr), tepung tapioka dan air.

Peralatan yang akan digunakan yaitu tungku dengan sistem pemanasan tidak langsung, alat penumbuk, ayakan 40 mesh dan 60 mesh, timbangan digital, oven, cetakan briket arang, alat pengempa, alat penyeimbang panas (desicator), jangka sorong, Universal Testing Machine (UTM), alat pengabuan (thermolyne furnance), pengukuran nilai kalor (peroxide bomb calorimeter), cawan pengabuan, dan penjepit cawan.

Bagan alur pembuatan briket arang secara garis besar dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Bagan Alur Pembuatan Briket Arang dari Pelepah Kelapa Sawit dan Pelepah Aren

Pembuatan arang menggunakan tungku pembakaran dengan sistem pemanasan tidak langsung, menggunakan suhu karbonisasi hingga 400°C.(Rindayatno & Lewar, 2017)

Pembuatan briket arang menggunakan serbuk arang Pelepah Kelapa Sawit dan serbuk arang Pelepah Aren. Menggunakan beberapa komposisi yang dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Komposisi Campuran Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit Dengan Serbuk Arang Pelepah Aren.

Perlakuan	Komposisi Campuran Serbuk Arang	
	Pelepah Kelapa Sawit	Pelepah Aren
A	100%	0%
B	75%	25%
C	50%	50%
D	25%	75%
E	0%	100%

Pengempaan dilakukan dengan alat press bertekanan 30 bar selama 10 menit (dengan kerapatan target briket arang sebesar 0,8 g/cm³). (Rindayatno & Lewar, 2017)

Pengujian terhadap briket arang meliputi kerapatan, kadar air, keteguhan tekan, kadar zat mudah menguap (volatile matter), kadar abu, kadar karbon terikat dan nilai kalor. Pengujian dan pengukuran disesuaikan dengan standard ASTM (American Society for Testing and Material) dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) (Sudrajat, 1982 cit Sari, 2010).

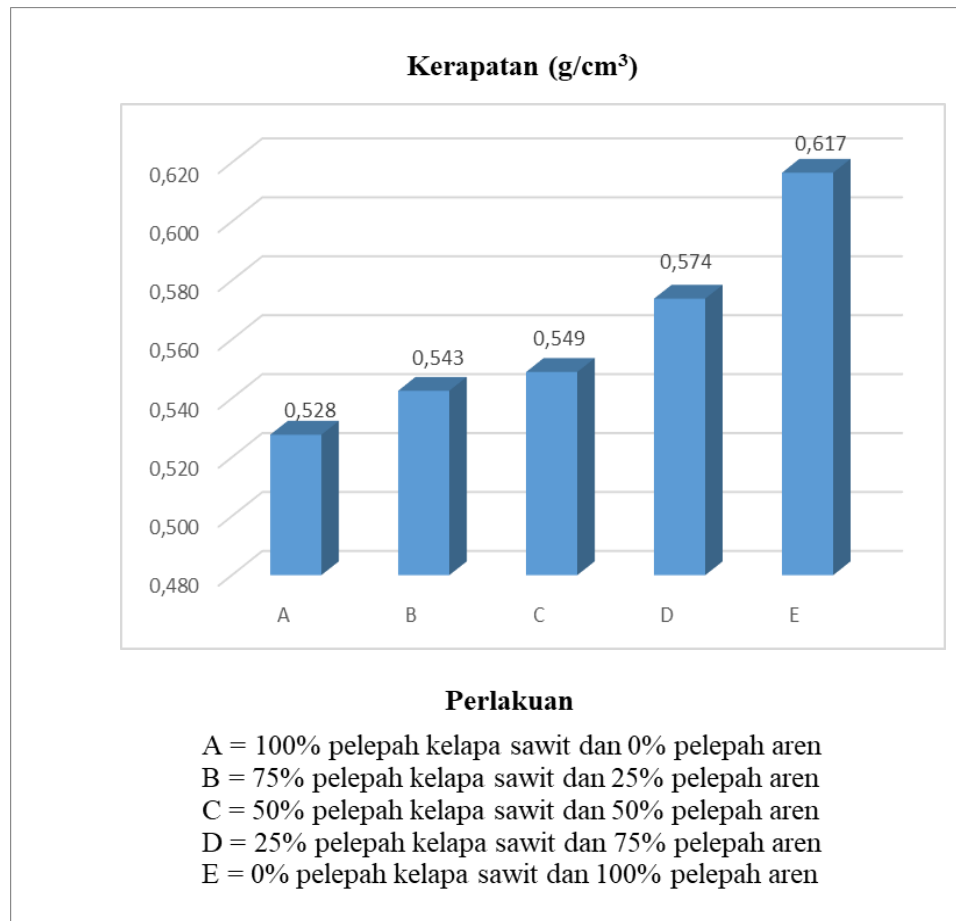
Data hasil pengujian kemudian dianalisis dengan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 5 Perlakuan masing-masing 5 ulangan, untuk mengetahui pengaruh perlakuan komposisi bahan baku terhadap kualitas (parameter pengujian) briket arang.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan pengujian kerapatan dan kadar air bahan baku pembuatan briket arang yaitu Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr) serta hasil pengujian parameter kualitas briket arang, diperoleh data sebagaimana terlihat pada Tabel 4 dan grafik pada Gambar 3 - 9.

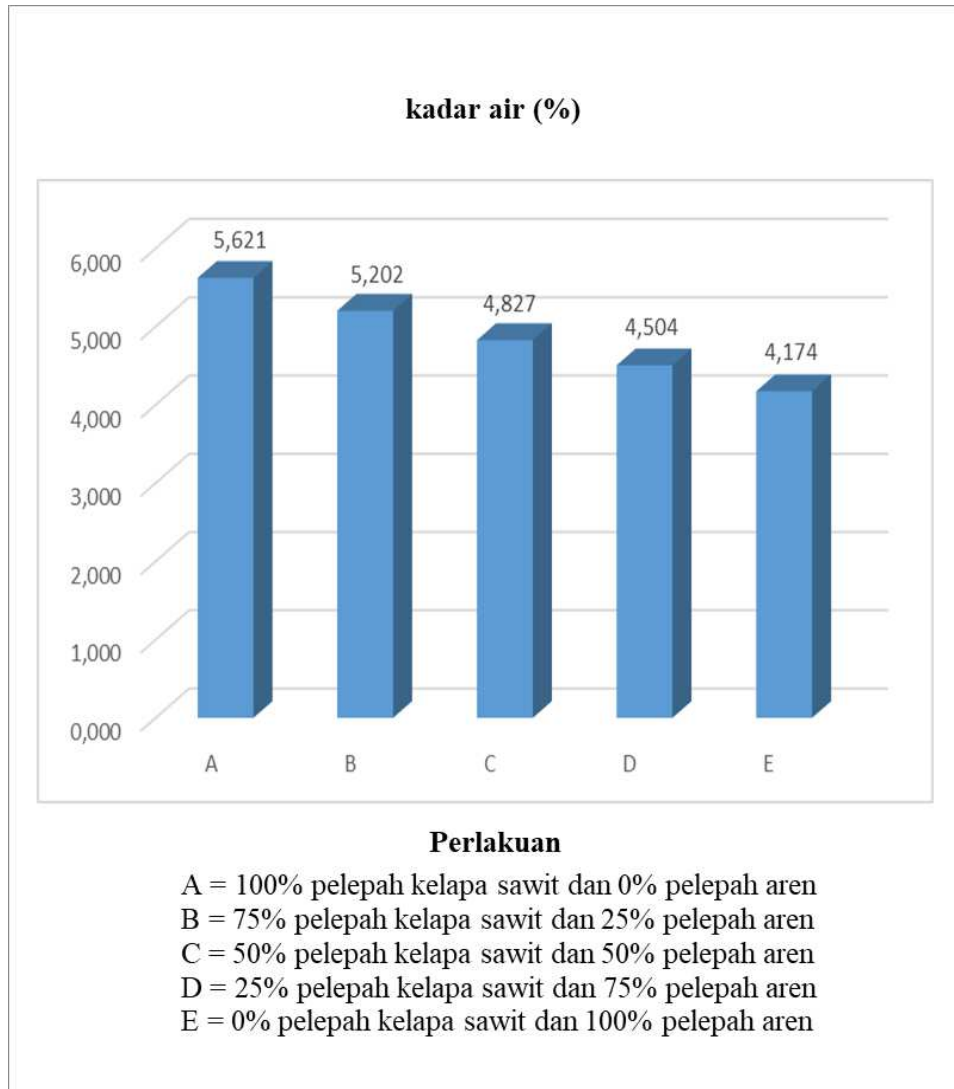
Tabel 4. Nilai Pengujian Kerapatan dan Kadar Air Bahan Baku

Ulangan	Pelepah Kelapa Sawit		Pelepah Aren	
	Kerapatan (g/cm ³)	Kadar Air (%)	Kerapatan (g/cm ³)	Kadar Air (%)
1	0,64	14,45	0,71	15,59
2	0,62	14,52	0,66	15,53
3	0,64	14,40	0,67	15,27
Total	1,9	43,37	2,04	46,39
Rataan	0,63	14,46	0,68	15,46



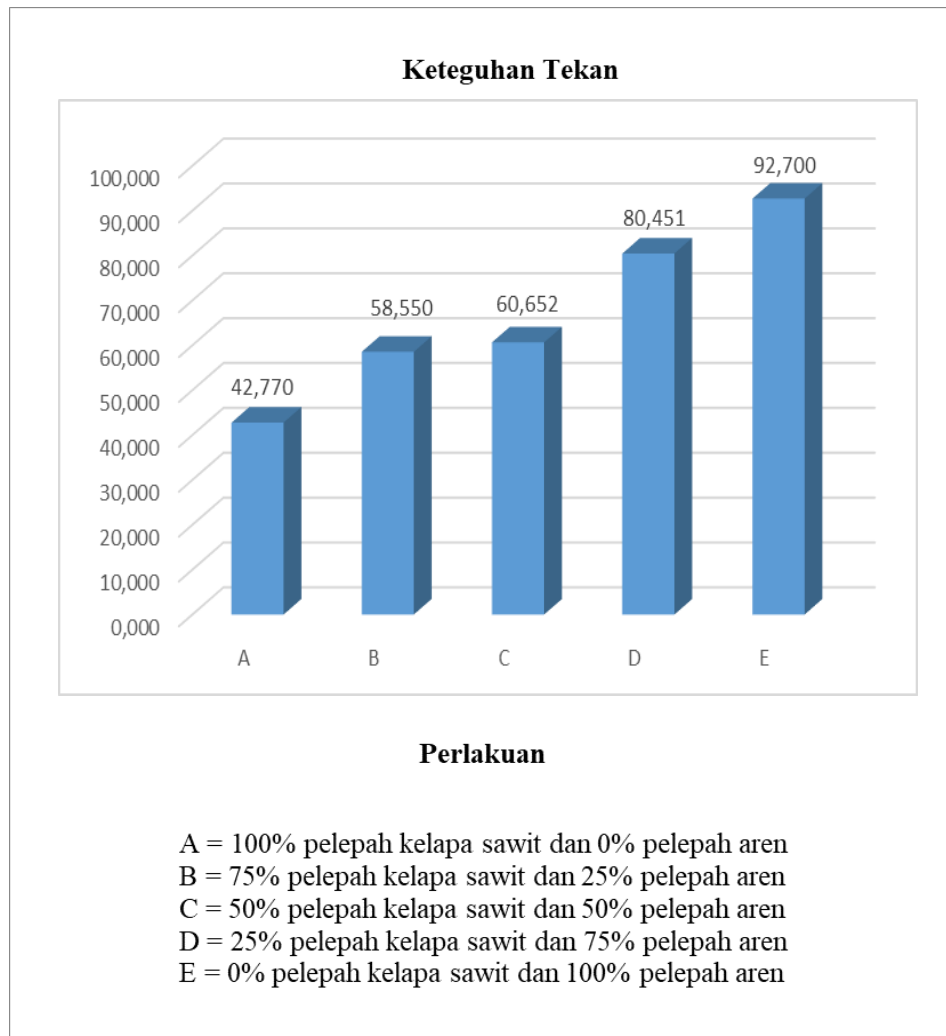
Acuan : (P3HH : > 0,7 gr/cm³); (SNI No. 01-6235-2000 : -)

Gambar 3. Nilai Rataan Kerapatan Briket Arang Pada Komposisi Campuran Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Serbuk Arang Pelepah Aren



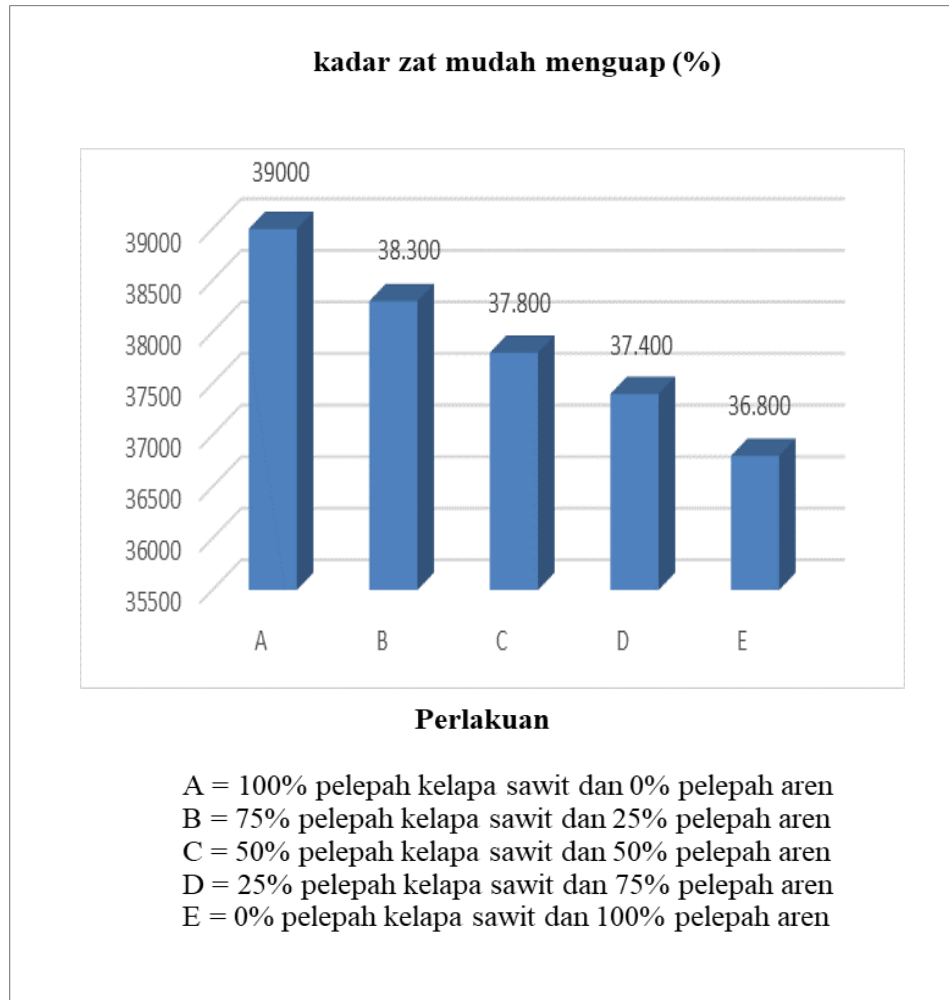
Acuan : (P3HH : < 8%); (SNI No. 01-6235-2000 : ≤ 8%)

Gambar 4. Nilai Rataan Kadar Air Briket Arang pada Komposisi Campuran Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Serbuk Arang Pelepah Aren.



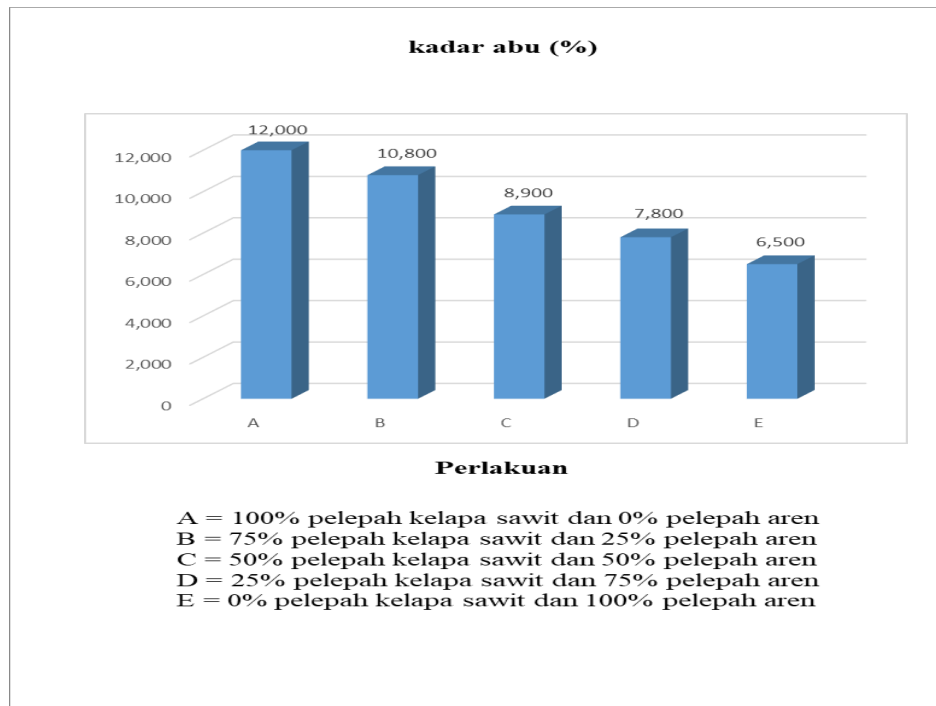
Acuan : (P3HH : > 12 kg/cm²); (SNI No. 01-6235-2000 : -)

Gambar 5. Nilai Rataan Keteguhan Tekan Briket Arang pada Komposisi Campuran Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Serbuk Arang Pelepah Aren.



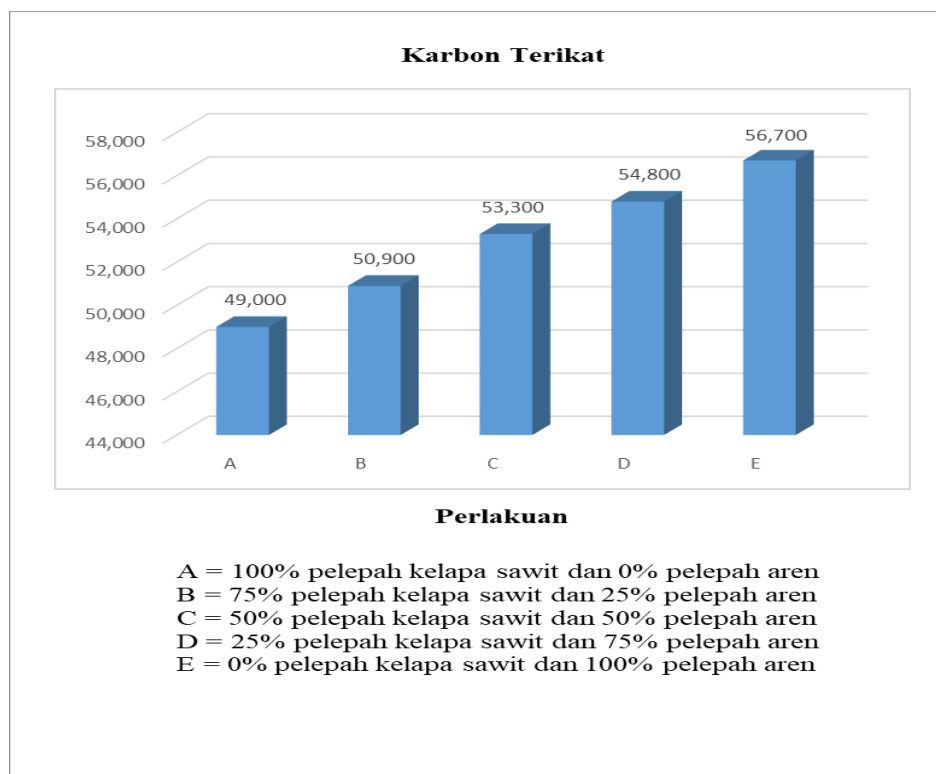
Acuan : (P3HH : < 30%); (SNI No. 01-6235-2000 : ≤ 15%)

Gambar 6. Nilai Rataan Kadar Zat Mudah Menguap (Volatile Matter) Briket Arang pada Komposisi Campuran Serbuk Pelepah Kelapa Sawit dan Serbuk Arang Pelepah Aren.



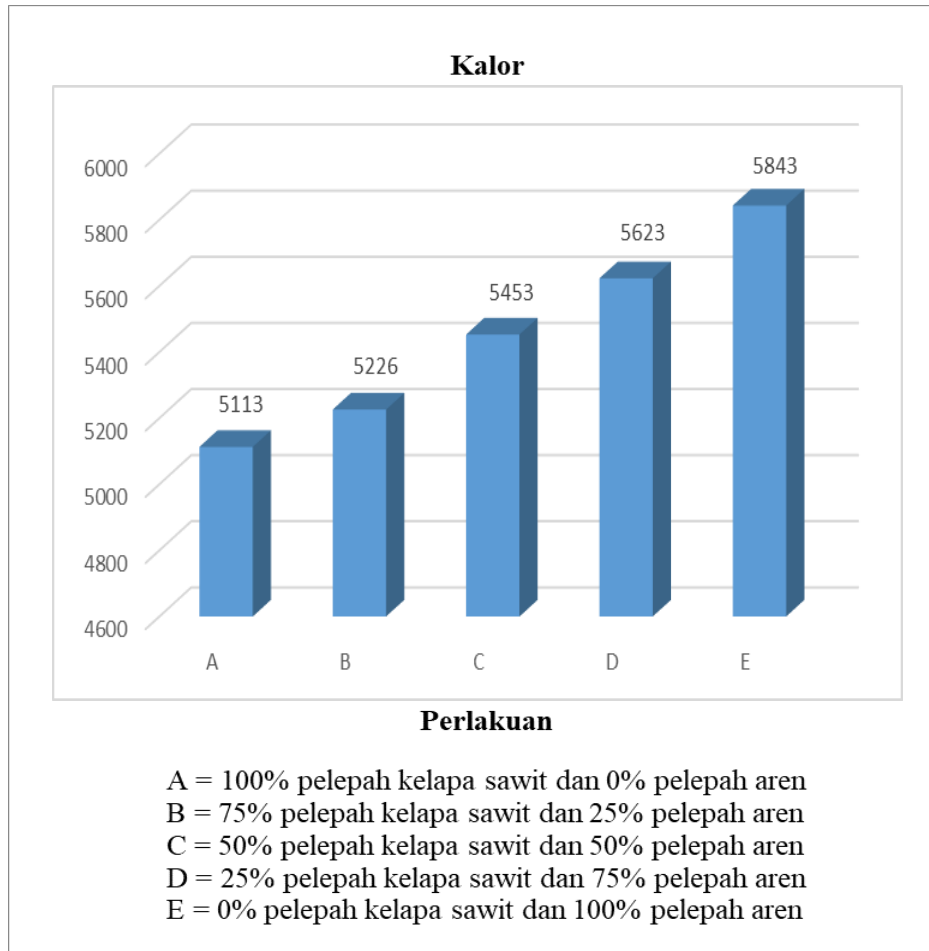
Acuan : (P3HH : < 8%); (SNI No. 01-6235-2000 : ≤ 8%)

Gambar 7. Nilai Rataan Kadar Abu Briket Arang Pada Komposisi Campuran Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Serbuk Arang Pelepah Aren.



Acuan : (P3HH : < 60%); (SNI No. 01-6235-2000 : -)

Gambar 8. Nilai Rataan Kadar Karbon Terikat Briket Arang Pada Komposisi Campuran Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Serbuk Arang Pelepah Aren



Acuan : (P3HH : > 6.000 kal/gr); (SNI No. 01-6235-2000 : > 5.000 kal/gr)
Gambar 9. Nilai Rataan Nilai Kalor Briket Arang Pada Komposisi Campuran Serbuk Arang Pelepah Kelapa Sawit dan Serbuk Arang Pelepah Aren

PEMBAHASAN

Data hasil pengujian menunjukkan kecenderungan bahwa komposisi bahan baku pelepah Aren berperan dalam meningkatkan kualitas briket arang, salah satunya adalah nilai kalor yaitu mencapai 5.843 kal/g, lebih tinggi dari komposisi lainnya yang dicampur dengan bahan baku pelepah Kelapa Sawit. Sekaligus menunjukkan peningkatan nilai kalor dari bahan baku aslinya dari kelompok pelepah Kelapa Sawit yaitu sekitar 3.350 kal/g (Tajalli, A., 2015).

Berdasarkan analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan pengaruh sangat signifikan (**) perlakuan komposisi bahan baku terhadap semua parameter kualitas (nilai pengujian) briket arang, seperti terlihat pada Tabel 5 berikut (pada taraf kepercayaan 95% dan 99%).

Tabel 5. Pengaruh Perlakuan Komposisi Bahan Baku Terhadap Sifat-sifat Kualitas Briket Arang

Sifat-sifat Briket Arang	Pengaruh Perlakuan Komposisi Bahan Baku		
	Sangat Signifikan	Signifikan	Tidak Signifikan
Kerapatan (gr/cm^3)	**		
Kadar air (%)	**		
Keteguhan tekan (kg/cm^2)	**		
Kadar zat mudah menguap (%)	**		
Kadar abu (%)	**		
Karbon terikat (%)	**		
Nilai kalor (kal/gr)	**		

Hal tersebut diduga disebabkan faktor kerapatan bahan baku, kerapatan Pelepah Aren lebih tinggi ($0,68 \text{ g}/\text{cm}^3$) dibandingkan Pelepah Kelapa Sawit ($0,63 \text{ g}/\text{cm}^3$) sehingga berpengaruh sangat signifikan (**) terhadap kerapatan dan keteguhan tekan briket arang yang dihasilkan. Pengaruh yang sangat signifikan (**) juga diberikan perlakuan komposisi bahan baku terhadap hasil pengujian yang lainnya.

Perbedaan jenis bahan baku mempengaruhi besarnya nilai kerapatan briket arang yang dihasilkan. Bahan baku yang mempunyai kerapatan tinggi akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan tinggi, sedangkan bahan baku yang mempunyai kerapatan rendah akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan rendah pula. (Sirajuddin, 2021)

Faktor proses pembuatan briket arang (besar dan waktu tekanan mesin kempa) juga diduga berperan dalam hasil analisis ANOVA dimana besar dan waktu tekanan mesin kempa saat pencetakan briket arang belum optimal, diperlihatkan dari hasil kerapatan briket arang yang dihasilkan masih dibawah ($0,528 - 0,617 \text{ g}/\text{cm}^3$) nilai kerapatan target yang ditetapkan ($0,800 \text{ g}/\text{cm}^3$). Pemberian tekanan kempa yang sesuai dengan kerapatan bahan baku yang beragam, dimana semakin tinggi kerapatan bahan baku diperlukan pemberian tekanan kempa yang semakin meningkat untuk memperoleh nilai kerapatan briket arang yang diinginkan. Briket arang yang terbuat dari serbuk arang kerapatan tinggi akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan tinggi. (Sirajuddin, 2021)

Beberapa hasil pengujian briket arang dengan perlakuan komposisi serbuk arang pelepah Kelapa Sawit dan serbuk arang Pelepah Aren telah memenuhi acuan standar kualitas briket arang dari P3HH dan SNI 01-6235-2000 (V=memenuhi; X=tidak memenuhi), seperti terlihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Pemenuhan terhadap Acuan Kualitas Briket Arang

Paramater Kualitas Briket Arang	Acuan Kualitas Briket Arang	
	P3HH	SNI No. 01-6235-2000
Kerapatan (gr/cm^3)	X	-
Kadar air (%)	V	V
Keteguhan tekan (kg/cm^2)	V	-
Kadar zat mudah menguap (%)	X	X
Kadar abu (%)	V & X	V & X
Karbon terikat (%)	X	-
Nilai kalor (kal/gr)	X	V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penggunaan komposisi bahan baku serbuk arang Pelepah Kelapa Sawit dan Pelepah Aren dalam pembuatan briket arang secara umum berpengaruh sangat signifikan terhadap semua parameter kualitas (pengujian) briket arang. Salah satu parameter yaitu nilai kalor menunjukkan peningkatan yaitu mencapai 5.843 kal/g pada komposisi 100% Pelepah Aren, lebih tinggi dari komposisi lainnya yang dicampur dengan bahan baku Pelepah Kelapa Sawit (5.113 – 5.623 kal/g). Sekaligus menunjukkan peningkatan nilai kalor dari bahan baku aslinya dari kelompok pelepah Kelapa Sawit yaitu sekitar 3.350 kal/g.

Hal tersebut dapat memberi rekomendasi bahwa penggunaan komposisi serbuk arang Pelepah Aren yang lebih banyak dibandingkan serbuk arang Pelepah Kelapa Sawit menghasilkan kualitas briket arang yang lebih baik. Namun demikian, kedua bahan baku tersebut secara umum memberikan kualitas briket arang yang cukup baik (sebagian memenuhi acuan standar kualitas briket arang dari P3HH dan SNI 01-6235-2000) dan dapat dikembangkan sebagai bahan baku produksi briket arang dalam skala besar.

PENELITIAN LANJUTAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang menunjukkan kualitas briket arang yang dihasilkan sebagian besar memenuhi acuan dan standard dari P3HH dan SNI 01-6235-2000, maka sebaiknya dapat ditindaklanjuti dengan penelitian lanjutan mengenai kelayakan dari aspek teknis dan ekonomi dalam rangka menuju produksi briket arang skala besar dengan berbahan baku Pelepah Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq) dan Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada rekan-rekan dalam tim penelitian yaitu Fathur Rohman dan Agus Nur Fahmi serta para pihak yang telah mendukung peneltian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2000). SNI 01-6235-2000 Briket Arang Kayu. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Cao, Z., Zhang, S., Wang, C., Jiang, F., Huang, X., Li, H., Zhang, Y., & Lyu, J. (2019). Investigation on the physical properties of the charcoal briquettes prepared from wood sawdust and cotton stalk. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 41(4). <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1520332>
- Juwito, A. F., & Haryono, T. (2013). Optimisasi Energi Terbarukan dalam Pembangunan Energi Listrik Menuju Desa Mandiri Energi di Desa Margajaya. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(3).
- Pane, J. P., Junary, E., & Herlina, N. (2015). Penambahan Kapur Dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia*, 4(2).
- Pasaribu, G, dkk, (2005). Analisis Komponen Kimia Empat Jenis Kayu Asal Sumatera Utara. Sumatera Barat
- Rindayatno, R., & Lewar, D. O. (2017). Kualitas Briket Arang Berdasarkan Komposisi Campuran Arang Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri* Teijsm & Binn) Dan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*). *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 1(1). <https://doi.org/10.32522/ujht.v1i1.792>
- Sari, M.K. 2010. Kualitas Briket Arang berdasarkan Komposisi Campuran Arang dari Kayu Meranti Merah (*Shorea sp.*) dengan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L.). In Skripsi
- Sirajuddin, Z. (2021). Pengaruh Densitas Bahan terhadap Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa. *MEDIAGRO*, 17(1). <https://doi.org/10.31942/md.v17i1.3750>
- Tajalli, A. (2015). Panduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif di Indonesia. Penabulu Alliance.
- Wijayanti, D. S. (2009). Karakteristik briket arang dari serbuk gergaji dengan penambahan arang cangkang kelapa sawit. In Skripsi.
- Zainuri, Z., Zargustin, D., Yanti, G., & Megasari, S. W. (2019). Pengurangan Emisi CO₂ dari Pemanfaatan Limbah Pelepah Kelapa Sawit pada Produksi Batako Serat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1). <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.3111>