

Pembuatan Briket dengan Variasi Ukuran Partikel Cangkang Kelapa Sawit (CKS) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Fitri Junianti¹⁾, Sri Diana²⁾, Anugrah Ramdhani³⁾, Rianti Indah Lestari⁴⁾, Iman Pradana

A. Assagaf⁵⁾ Dian Ranggina⁶⁾

¹⁻⁵⁾Politeknik ATI Makassar, Makassar

⁶⁾Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

Email korespondensi: fitri.junianti@atim.ac.id

Abstrak

Biomassa dapat dijadikan sebagai salah satu sumber energi yang ramah terhadap lingkungan dengan tidak mengandung unsur sulfur penyebab polusi udara. Biomassa di Indonesia ketersediaannya cukup melimpah baik yang berasal dari limbah pertanian, perkebunan maupun dari industri. Pada industri pengolahan sawit, cangkang kelapa sawit (CKS) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah biomassa dengan komposisi cangkang kelapa sawit terdiri dari 53,85% lignin, 26,16% hemiselulosa, dan 6,92% selulosa serta nilai kalor yang tinggi sehingga dapat memenuhi kriteria sebagai bahan bakar briket. Selain nilai kalor yang tinggi, kualitas briket juga dipengaruhi oleh nilai kadar air dan kadar abu yang rendah. Pada pembuatan briket beberapa hal yang menjadi faktor penting seperti penggunaan jenis perekat, komposisi bahan baku dan ukuran partikel. Olehnya itu pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan briket dengan memvariasikan ukuran partikel dari CKS dan TKKS. Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan. Tahapan pertama merupakan preparasi cangkang dan tandan kelapa sawit secara mekanik dan karbonisasi. Selanjutnya tahapan kedua, pembuatan briket dengan perbandingan bahan baku dan perekat 10:1 pada variasi ukuran partikel 60, 80, dan 100 mesh. Tahapan terakhir yaitu analisa kualitas briket terdiri dari kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan nilai kalor. Hasil penelitian untuk semua variasi ukuran partikel telah memenuhi SNI 01-6235-2000 tentang briket arang. Pada pengujian kadar air, kadar abu, dan zat terbang terjadi penurunan sejalan dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Kadar air terendah pada sampel briket ukuran 100 mesh sebesar 4,9197%, untuk kadar abu sebesar 3,9698%, dan kadar zat terbang terendah pada sampel ukuran partikel 100 mesh sebesar 10,1453%. Nilai kalor yang dihasilkan dari ukuran partikel yang semakin kecil cenderung meningkat. Nilai kalor tertinggi pada sampel briket ukuran partikel 100 mesh sebesar 6257 kal/g.

Kata Kunci: biomassa, briket, cangkang kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit, ukuran partikel.

Abstract

Biomass can be utilized as an environmentally friendly energy source because it does not contain sulfur elements that cause air pollution. In Indonesia, biomass is abundantly available, originating from agricultural, plantation, and industrial waste. In the palm oil processing industry, palm kernel shells (PKS) and empty fruit bunches (EFB) are biomass wastes with the composition of palm kernel shells comprising 53.85% lignin, 26.16% hemicellulose, and 6.92% cellulose, as well as a high calorific value, making them suitable as briquette fuel. Besides the high calorific value, the quality of briquettes is also influenced by low moisture content and low ash content. In briquette production, several factors play important roles, such as the type of binder used, the composition of raw materials, and particle size. Therefore, this research aims to produce briquettes by varying the particle sizes of PKS and EFB. The study consists of three stages. The first stage involves the mechanical preparation and carbonization of the palm kernel

shells and empty fruit bunches. The second stage focuses on briquette production with a raw material to binder ratio of 10:1, using particle sizes of 60, 80, and 100 mesh. The final stage involves analyzing the quality of the briquettes, which includes moisture content, ash content, volatile matter, and calorific value. The results show that for all particle size variations, the briquettes meet the Indonesian National Standard (SNI 01-6235-2000) for charcoal briquettes. The tests reveal that as the particle size decreases, there is a reduction in moisture content, ash content, and volatile matter. The lowest moisture content is found in the 100 mesh particle size briquettes at 4.9197%, the ash content at 3.9698%, and the lowest volatile matter content in the 100 mesh particle size briquettes at 10.1453%. The calorific value tends to increase as the particle size decreases, with the highest calorific value found in the 100 mesh particle size briquettes at 6257 cal/g.

Keywords: *biomass, briquette, palm kernel shells, empty fruit bunches, particle size.*

Pendahuluan

Saat ini, konsumsi energi masih bergantung pada sumber daya yang tidak dapat diperbarui seperti gas alam, batu bara, dan minyak bumi. Menurut data dari EBTKE pada tahun 2020, Indonesia memiliki kapasitas pembangkitan energi sebesar 70,96 Gigawatt (GW). Dari total kapasitas ini, sekitar 35,36% berasal dari batu bara, 19,36% dari gas alam, 34,38% dari minyak bumi, sementara hanya 10,9% dari sumber energi baru terbarukan (EBT). Kebutuhan energi yang semakin meningkat tidak didukung dengan ketersediaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui yang semakin menipis sehingga diperlukan bahan bakar alternatif yang ketersediannya melimpah, dapat diperbaharui, ekonomis dan ramah terhadap lingkungan.

Salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan karena tidak mengandung sulfur penyebab polusi udara dan ketersediaannya melimpah adalah biomassa. Selain itu, biomassa memiliki kandungan energi yang tinggi sekitar 4.000-5.000 kal/g) (Iriany et al., 2016). Salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar adalah limbah padat dari hasil pengolahan industri kelapa sawit berupa cangkang kelapa sawit (CKS) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Menurut penelitian yang dilakukan (Sasmita & Septianda, 2022) komposisi cangkang kelapa sawit terdiri dari 53,85% lignin, 26,16% hemiselulosa, dan 6,92% selulosa. Data ini menunjukkan potensi besar untuk mengembangkan limbah ini menjadi produk yang lebih bermanfaat dan ramah lingkungan. Selain itu, CKS dan TKKS memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, sehingga memenuhi kriteria sebagai bahan bakar. Saat ini, telah banyak upaya dilakukan untuk mengolah CKS dan TKKS, salah satunya adalah melalui pembuatan briket.

Cangkang kelapa sawit, bagian terdalam dengan tekstur yang keras pada buah kelapa sawit, merupakan produk samping pada industri minyak sawit karena tidak dapat diolah menjadi minyak. Walaupun sebagai produk sampingan, CKS dapat dimanfaatkan pada industri maupun rumah tangga seperti asap cair, fenol, briket arang dan arang aktif (Meisrilestari et al., 2013). Menurut (Haryanti et al., 2014) CKS juga dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan pupuk, sebagai pengawet dalam industri pembuatan tahu dan sebagai sumber energi dalam bentuk bahan bakar yang mengandung energi yang tinggi (Arbi & Irsad, 2018).

Potensi energi pada limbah sawit ditentukan berdasarkan nilai kalornya (*calorific value*). CKS memiliki nilai energi panas yang tinggi yaitu 47991 kal/g dibandingkan limbah sawit yang lainnya seperti serat, TKKS, batang dan pelepah sawit data ini ditunjukkan pada tabel 2.1 (Erivianto et al., 2020). Hal ini didukung oleh penelitian (Ginanjari et al., 2019) yang mendapatkan hasil uji nilai kalor CKS tertinggi pada 5190 kal/g dengan kadar air 5,98%.

Tabel 1. Nilai energi panas produk samping kelapa sawit

Bagian	Rata-rata <i>calorific value</i> (kal/g)
TKKS	44805
Serat	45392
Cangkang	47991
Batang	41728
Pelepah	37544

Limbah TKKS, berupa tandan yang telah terpisah dengan buah segar kelapa sawit, dapat dihasilkan 1,5 ton dalam satu hektar kebun sawit. TKKS memiliki kandungan lignoselulosa yang terdiri dari 15-17% Lignin; 25-27% hemiselulosa; dan 36-42 % selulosa serta kadar abu 0,7-6% (Ristianingsih et al., 2015). Menurut (Putra et al., 2013) TKKS memiliki potensi sebagai bahan bakar nabati dan sebagai sumber energi pada pembangkit listrik bertenaga biomassa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Haryanti et al., 2014) didapatkan bahwa kandungan pati pada TKKS 11,550%, selulosa 41,393% dengan nilai kalor 4471 kal/g.

Dalam pembuatan briket terdapat beberapa tahapan seperti penggilingan bahan tertentu, penggerusan, pencampuran dan pencetakan. Tahapan-tahapan ini bertujuan dalam peningkatan kualitas dari briket, mengurangi kehilangan bahan dalam bentuk debu dan pengangkutan dalam transportasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses dalam pembuatan briket seperti sifat elastis bahan, kekerasan dan ukuran partikel. Selain itu

tekanan pengepresan, kadar air dan jenis perekat menjadi faktor yang mempengaruhi dari kualitas briket yang dihasilkan (Suryaningsih & Pahleva, 2020)

Pada proses karbonisasi, penggunaan suhu yang tinggi akan meningkatkan nilai kalor dan kadar karbon briket serta penurunan pada kadar abu, kadar air dan kadar zat terbang (Moeksin et al., 2017). Lama waktu nyala briket bergantung pada ukuran partikelnya, semakin kecil ukuran partikel maka waktu nyala akan semakin lama. Selain itu ukuran partikel yang semakin kecil akan meningkatkan kepadatan briket (Jaswella et al., 2022). Briket yang kepadatannya tinggi akan membuat oksigen sulit untuk masuk sehingga waktu laju pembakaran pada briket semakin lama (Sudiro & Suroto, 2014).

Kualitas briket yang baik biasanya ditandai oleh nilai kalor yang tinggi, kadar air dan abu yang rendah. Selain faktor penggunaan perekat, ukuran partikel juga memiliki peran penting dalam proses pembuatan briket. Sebuah studi yang dihasilkan oleh (Vegatama, 2022), membandingkan pengaruh perekat tepung tapioka dalam pembuatan briket dari serbuk kayu dengan menggunakan ukuran partikel 30 mesh. Hasil penelitian ini menunjukkan kadar air 31%, kadar abu 2%, kadar zat terbang 55% dan nilai kalor sekitar 4388 kal/g. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Yoga et al., 2022) melihat kualitas briket arang serbuk gergaji dengan perekat tepung tapioka dengan menggunakan ukuran partikel 60 mesh. Hasil penelitian ini menunjukkan kadar air sebesar 3%, kadar abu 16%, kadar zat terbang 21% dan nilai kalor 7320 kal/g. Menurut hipotesis yang dilakukan bahwa adanya perubahan kualitas briket dikarenakan pengecilan ukuran partikel. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian pembuatan briket dari CKS dan TKKS dengan variasi ukuran dari partikel bahan bakunya.

Metode

Pada penelitian ini menggunakan bahan aquadest, cangkang kelapa sawit (CKS), tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan tepung tapioka. Sedangkan alat yang digunakan yaitu peralatan gelas, hotplate, mesin pencacah, furnace, sieving, cawan porselin, oven, neraca analitik *sartorius*, deksikator, cetakan briket, stopwatch, dan *bomb calorimeter*.

Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari preparasi sampel, pembuatan briket dan pengujian kualitas briket. Pada tahapan preparasi: sampel CKS dan TKKS dibersihkan, TKKS dicacah dengan mesin pencacah hingga ukuran menjadi lebih kecil. Setelah itu dilakukan penjemuran pada CKS dan TKKS menggunakan sinar matahari selama 48 jam dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih terdapat pada CKS dan TKKS.

Selanjutnya CKS dan TKKS dikarbonisasikan (proses pengarangan) dengan 600°C selama 1 jam. Selanjutnya sampel yang telah dikarbonisasikan kemudian diayak dengan menggunakan variasi ukuran partikel yaitu 60 mesh; 80 mesh dan 100 mesh. kemudian sampel CKS dan TKKS ditimbang dengan perbandingan 40%:60% (TKKS dan CKS dalam 20 gram).

Tahapan pembuatan briket: tepung tapioka sebanyak 2 gram dilarutkan dengan 50 mL aquadest. Larutan tersebut dipanaskan selama 5 menit pada suhu 70°C. Larutan tapioka yang panas ditambahkan pada sampel arang yang telah ditimbang kemudian diaduk hingga merata. Sampel dicetak menggunakan cetakan briket. Setelah dicetak briket didiamkan selama 24 jam selanjutnya briket dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 80°C selama 6 jam.

Pada tahapan pengujian kadar air : sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan kosong yang sudah diketahui bobotnya. Selanjutnya sampel dipanaskan ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 105°C. Sampel kemudian didinginkan di dalam desikator selama 15 menit. Kemudian cawan yang berisi sampel ditimbang sampai mendapatkan bobot tetap. Menurut *American Societ for Testing and Materials (ASTM) D3173 (2011)*, perhitungan kadar air dapat dilakukan dengan cara :

$$Kadar\ Air = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

A : Massa sampel sebelum pemanasan (gram).

B : Massa sampel setelah pemanasan (gram).

Pengujian kadar abu: Sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui bobotnya. Sampel dipijarkan ke dalam tanur pada suhu 750°C selama 1 jam. Sampel didinginkan pada suhu ruangan, lalu dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Cawan porselen yang berisi residu ditimbang hingga bobot tetap. Menurut *American Society for Testing and Materials (ASTM) D3174 (2012)*, perhitungan kadar abu dapat dilakukan dengan cara :

$$Kadar\ Abu\ (\%) = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

W₁ : Massa sampel setelah pemanasan (gram).

W_2 : Massa sampel sebelum pemanasan (gram).

Pada pengujian kadar zat terbang (*volatile matter*): Sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan silika dan tutupnya yang telah diketahui bobotnya. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 950°C selama 7 menit. Kemudian sampel dikeluarkan dan didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang kembali sampai mendapatkan bobot tetap. Menurut *American Society for Testing and Materials (ASTM) D3175 (2020)*, perhitungan kadar zat terbang dapat dilakukan dengan cara :

$$VM (\%) = \left(\frac{M_1}{M_2} \times 100\% \right) - moisture \quad (3)$$

Keterangan

M_1 : Massa sampel setelah pemanasan (gram).

M_2 : Massa sampel sebelum pemanasan (gram).

% *moisture* : Persentase kadar air.

Pengujian nilai kalor: sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan besi, kemudian kawat dipasang sampai menyentuh cawan besi yang berisi sampel, selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam *vessel*, setelah itu *vessel* ditutup dan diberikan oksigen, *vessel* dimasukkan ke dalam alat bomb calorimeter kemudian dicatat nilai kalor yang dihasilkan. Menurut *American Society for Test Method (ASTM) for gross calorific value of coal and coke D5865 (2013)*, perhitungan nilai kalor dapat dilakukan dengan cara :

$$nilai\ kalor\ (cal/g) = \frac{(\Delta t \times Ee) - (e1 + e2 + e3)}{m} \quad (4)$$

Keterangan :

ΔT : Kenaikan suhu pembakaran di dalam *bomb* (°C).

Ee : Energi ekivalen saat terjadi pembakaran (cal/°C).

e1 : Koreksi asam (cal).

e2 : Koreksi *fuse* pembakaran dari kawat platina (cal).

e3 : Koreksi sulfur yang ada dalam bahan bakar (cal).

m : Berat sampel (gram).

Hasil dan Pembahasan

Bagian ini merupakan bagian utama artikel hasil penelitian dan biasanya merupakan bagian terpanjang dari suatu artikel. Hasil penelitian, perancangan atau kajian

teori yang disajikan dalam bagian ini adalah hasil “bersih”. Proses analisis data seperti perhitungan statistik dan proses pengujian hipotesis tidak perlu disajikan. Hanya hasil analisis dan hasil pengujian hipotesis saja yang perlu dilaporkan. Tabel dan grafik dapat digunakan untuk memperjelas penyajian hasil penelitian secara verbal. Tabel dan grafik harus diberi komentar atau dibahas.

Pada penelitian ini didapatkan bahwa briket dengan bahan baku CKS dan TKKS pada semua variasi perekat yang digunakan telah memenuhi SNI 01-6235-2000 tentang briket arang seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil analisa briket

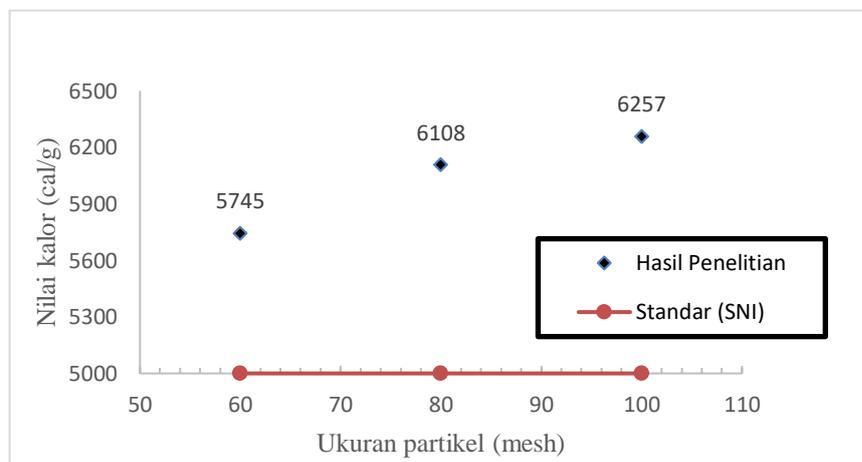
No	UkuranPartikel	Kadar Air (%)	Kadar Abu(%)	Kadat Zat Terbang (%)	Nilai Kalor (kal/g)
1	SNI 01-6235-2000	8	8	15	>5000
2	60 mesh	5,5941	7,9573	14,3878	5745
3	80 mesh	5,5344	5,9340	12,4887	6108
4	100 mesh	4,9197	3,9698	10,1453	6257

Pada pengujian kadar air menunjukkan bahwa nilai kadar air mengalami penurunan dengan semakin kecilnya ukuran partikel dari sampel briket. Pada briket ukuran partikel 60 mesh kadar air 5,5942% dan pada ukuran partikel 100 mesh kadar air turun menjadi 4,9197% atau sekitar 12,06% penurunan dari ukuran partikel 60 mesh. Penurunan kadar air yang berbanding lurus dengan semakin kecilnya ukuran partikel terjadi karena jarak antara partikel yang satu dengan yang lainnya dalam briket menjadi rapat dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Kerapatan jarak ini membuat luas permukaan pada briket lebih luas sehingga air dapat tersebar merata dan berada pada permukaan saja menyebabkan air tidak banyak tertahan pada struktur dalam briket dan lebih mudah terdifusi ke udara. Selain itu briket dengan luas permukaan yang besar memiliki pori-pori yang besar sehingga air mudah menguap dan terlepas dari briket.

Kadar abu pada penelitian ini mengalami penurunan sejalan dengan makin kecilnya ukuran partikel. Kadar abu pada ukuran partikel 60 mesh 7,9573%; pada 80 mesh 5,9340% dan yang terendah pada 100 mesh kadar abu sebesar 3,9698% atau mengalami penurunan sekitar 50,11% dari kadar abu pada ukuran partikel 60 mesh. Penurunan kadar abu ini terjadi karena briket memiliki luas permukaan yang semakin besar pada ukuran partikel 100 mesh sehingga kontak dengan oksigen lebih banyak dalam udara menyebabkan laju reaksi kimia meningkat dan proses pembakaran dapat terjadi secara sempurna. Pembakaran yang sempurna mengurangi residu yang tidak terbakar. Selain itu

partikel yang ukurannya kecil memiliki distribusi panas yang lebih merata dan ikatan antara partikel semakin kuat yang menghasilkan struktur yang padat. Struktur yang padat dan rapat ini mengurangi ruang abu dapat terakumulasi dan meningkatkan pelepasan abu selama pembakaran.

Sama halnya dengan kadar air dan kadar abu, kadar zat terbang mengalami penurunan sejalan dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Kadar zat terbang pada ukuran 100 mesh mengalami penurunan sekitar 29,49% dari ukuran partikel 60 mesh dengan kadar zat terbang sebesar 10,1453%. Penurunan kadar zat terbang ini terjadi karena ukuran partikel yang kecil memberikan kerapatan yang besar pada briket. Kerapatan ini membuat proses pembakaran merata dan lebih cepat. Zat terbang pada ukuran partikel yang kecil lebih cepat berdifusi ke dalam gas pembakaran kemudian bereaksi dengan oksigen dan lebih cepat terbakar. Kadar zat terbang yang kecil dapat mengurangi polusi udara dan meningkatkan nilai kalor pada briket sehingga briket yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik.



Gambar 1. Grafik nilai kalor briket pada variasi ukuran partikel

Pada gambar 1 menunjukkan nilai kalor berbanding terbalik dengan ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel maka nilai kalornya semakin tinggi. Pada ukuran partikel 60 mesh nilai kalor hanya 5745 cal/g sedangkan pada 100 mesh naik menjadi 6257 cal/g atau mengalami kenaikan sekitar 8% dari ukuran partikel 60 mesh. Kenaikan nilai kalor yang tinggi ini karena ukuran partikel arang yang lebih kecil, kerapatan arang yang lebih tinggi, dan bahan baku yang digunakan. Partikel arang yang lebih kecil dapat meningkatkan kerapatan dalam briket. Kerapatan yang semakin tinggi akan menyebabkan

perpindahan panas secara konduksi sehingga panas akan mudah merambat dari partikel yang satu ke partikel yang lain dan waktu nyala yang dihasilkan semakin lama. Sebaliknya untuk ukuran partikel yang lebih besar akan membentuk susunan partikel yang tidak rapat sehingga panas akan sulit merambat dan waktu nyala akan lebih cepat. Selain itu ukuran partikel yang kecil memiliki permukaan yang lebih reaktif sehingga menghasilkan energi aktivasinya rendah yang dapat meningkatkan jumlah energi dan laju pembakaran dalam waktu yang cepat. Aliran udara pada briket dengan ukuran partikel yang kecil lebih efektif menyebabkan jumlah oksigen meningkat pada saat pembakaran. Nilai kalor yang tinggi dapat memberikan temperatur pembakaran yang tinggi dan panas yang konsisten sehingga menjadikan briket memiliki kualitas yang baik.

Briket dengan kualitas baik memiliki kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang yang rendah dengan nilai kalor yang tinggi. Pada penelitian ini didapatkan briket dengan ukuran partikel 100 mesh memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan ukuran partikel 60 dan 80 mesh. Briket yang berkualitas akan menghasilkan emisi yang rendah sehingga menjadi bahan bakar yang ramah lingkungan dan aman untuk digunakan karena dalam proses pembuatannya tidak menggunakan zat kimia berbahaya.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ukuran partikel memiliki pengaruh terhadap kualitas briket cangkang kelapa sawit (CKS) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Dimana pada variasi ukuran partikel yang semakin kecil menghasilkan kualitas briket yang semakin baik. Dapat dilihat dari ukuran partikel 60 mesh diperoleh kadar air sebesar 5.5941%, kadar abu 7.9573%, kadar zat terbang 14.3878% dan nilai kalor 5745 kal/g. Pada ukuran partikel 80 mesh diperoleh kadar air 5.5344%, kadar abu 5.9340%, kadar zat terbang 12.4887% dan nilai kalor 6108 kal/g. sementara pada ukuran partikel 100 mesh didapatkan kadar air 4.9197%, kadar abu 3.9698%, kadar zat terbang 10.1453% dan nilai kalor 6257 kal/g. Dari hasil yang didapatkan untuk setiap variasi ukuran partikel briket telah memenuhi SNI 01-6235-2000 tentang briket arang.

Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya dalam pencetakan briket menggunakan alat press dengan tekanan tertentu untuk mendapatkan briket dengan kualitas yang optimal.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Materials [ASTM] D-3173. (2011). Standart Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke. Philadelphia, USA: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials [ASTM] D-3174. (2012). Standart Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke. Philadelphia, USA: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials [ASTM] D-3175. (2020). Standart Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. Philadelphia, USA: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials [ASTM] D-5865. (2013). Standart Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. Philadelphia, USA: ASTM International.
- Arbi, Y., & Irsad, M. (2018). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Menjadi Briket Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Sains Dan Teknologi Stind Padang*, 5(4), 1–9.
- Erivianto, D., abhi P, B., & Notosudjono, D. (2020). Penggunaan Limbah Padat Kelapa Sawit Untuk Menghasilkan Tenaga Listrik Pada Existing Boiler. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 26(2), 85–93. <https://doi.org/10.37277/stch.v26i2.514>
- Ginanjari, T., Junaidi, Lubis, G. S., & Simanjuntak, Y. M. (2019). Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Boiler dengan Melakukan Uji Kalori pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Sentosa Prima Agro. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 1(1), 1–6.
- Haryanti, A., Norsamsi, N., Fanny Sholiha, P. S., & Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, 3(2), 20. <https://doi.org/10.20527/k.v3i2.161>
- Iriany, Cindy Carnella, & Cici Novita Sari. (2016). Pembuatan Biobriket Dari Pelepah Dan Cangkang Kelapa Sawit: Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku Dan Waktu Karbonisasi Terhadap Kualitas Briket. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(3), 31–37. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i3.1542>
- Jaswella, R. W. A., Sudding, S., & Ramdani, R. (2022). Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Kualitas Briket Arang Tempurung Kelapa. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 23(1), 7. <https://doi.org/10.35580/chemica.v23i1.33903>
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., & Wijayanti, H. (2013). Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan. *Konversi*, 2(1), 46–51.
- Moeksin, R., Ade Anggara Pratama, K., & Tyani, D. R. (2017). Pembuatan Briket Biorang Dari Campuran Limbah Tempurung Kelapa Sawit Dan Cangkang Biji Karet. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3), 146–156.
- Putra, H. P., Hakim, L., Yuriandala, Y., & K, D. A. (2013). Studi Kualitas Briket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perak Limbah Nasi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(1), 27–35. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol5.iss1.art4>
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., & Syafitri, R. (2015). Karakteristik Briket Bioarang Berbahan

- Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Konversi*, 4(2), 16–21.
- Sasmita, A., & Septianda, U. (2022). Variasi Penambahan Dosis Biochar Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Topsoil. *Rbaet.Ub.Ac.Id*, 6(2), 7–13. <https://rbaet.ub.ac.id/index.php/rbaet/article/view/2903>
- Sudiro, & Suroto, S. (2014). Pengaruh Komposisi Dan Ukuran Serbuk Briket Yang Terbuat Dari Batubara Dan Jerami Padi Terhadap Karakteristik Pembakaran. *Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta*, 2(2), 1–18.
- SURYANINGSIH, S., & PAHLEVA, D. R. (2020). Analisis Kualitas Briket Tandan Kosong Dan Cangkang Kelapa Sawit Dengan Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE) Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 10(1), 27–36.
- Vegatama, M. R. (2022). Variasi Komposisi Biobriket Arang Terhadap Karakteristik Termal. *Jurnal Imiah Ecosystem*, 2, 237–246.
- Yoga, S., Ratnaningsih, saAmbar T., & Hadinoto. (2022). Kualitas Briket Arang Serbuk Gergajian dengan Perekat Tepung Tapioka dan Sagu. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 2(1), 69–75. <https://doi.org/10.31849/jurkim.v2i1.9192>