Formosa Journal of Sustainable Research (FJSR)
Vol.1, No.7, 2022: 1199-1212

Characteristics of Charcoal Briquettes, Activated Charcoal, and Liquid Smoke from Palm Shells (Elais Guineensis Jacq)

Rindayatno[1*], Finsya Annisa Cahya Shafiera[2], Baktiriani Banda Padang[3], Apriyanti Nugrahaningrum[4], Agus Nur Fahmi[5]
Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman
Corresponding Author: Rindayatno rinda_yatno@yahoo.com

ARTICLEINFO

Keywords: Charcoal Briquettes, Activated Charcoal, Liquid Smoke, Coconut Shell

Received : 2 November
Revised : 20 November
Accepted: 20 December

©2022 Rindayatno, Shafiera, Padang, Nugrahaningrum, Fahmi: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional.

ABSTRACT

This study contains three products made from palm shells, namely charcoal briquettes, activated charcoal, and liquid smoke. Aims to know and analyze the characteristics of the three products. Charcoal briquettes are made by printing palm shell charcoal powder and then testing for density, moisture content, compressive toughness, volatile matter, ash content, bound carbon content, and heating value. Activated charcoal uses shell charcoal powder which is activated by soaking for 5 hours in 5% hydrochloric acid (HCl) then tested for its adsorption on spills of used lubricant. Liquid smoke from oil palm shells is obtained by pyrolysis process and multilevel purification and then the yield, pH value, specific gravity, and color are measured. Palm shell charcoal briquettes had the following values: density 0.691 g/cm3, moisture content 4.935%, compressive strength 13.444 kg/cm2, volatile matter content 42.700%, ash content 3.000%, bonded carbon content 62.200% and heating value 6070.667 cal/ g. Palm shell activated charcoal has the ability to adsorb used lubricants up to 1.505 times stronger than activated charcoal with a bonded carbon content of 90.667%. Grade 3 palm shell liquid smoke produces a yield of 12.61%, a pH of 3.58, a specific gravity of 1.004, and a dark brown color. Grade 2 produces 8.91% yield, pH 3.24, specific gravity 1.004, and yellow color. Grade 1 produces 6.30% yield, pH 2.99, specific gravity 1.001, and pale yellow color

DOI: https://doi.org/10.55927/fjsr.v1i7.2192
ISSN-E: 2830-6228
https://journal.formosapublisher.org/index.php/fjsr

Karakteristik Briket Arang, Arang Aktif, dan Asap Cair dari Cangkang Kelapa Sawit (Elais guineensis Jacq)

Rindayatno[1*], Finsya Annisa Cahya Shafiera[2], Baktiriani Banda Padang[3], Apriyanti Nugrahaningrum[4], Agus Nur Fahmi[5]
Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman
Corresponding Author: Rindayatno rinda_yatno@yahoo.com

A R T I C L E I N F O

Kata Kunci: briket arang, arang aktif, asap cair, cangkang kelapa

Received : 2 November
Revised : 20 November
Accepted: 20 December

©2022 Rindayatno, Shafiera, Padang, Nugrahaningrum, Fahmi: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional.

A B S T R A K

Penelitian ini memuat tiga produk berbahan baku cangkang kelapa sawit yaitu briket arang, arang aktif, dan asap cair. Bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis karakteristik ketiga produk tersebut. Briket arang dibuat dengan pencetakan serbuk arang cangkang kelapa sawit kemudian diuji kerapatan, kadar air, keteguhan tekan, zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor. Arang aktif menggunakan serbuk arang cangkang yang diaktifasi dengan perendaman selama 5 jam dalam larutan asam klorida (HCl) 5% kemudian diuji adsorpsinya terhadap tumpahan pelumas bekas. Asap cair dari cangkang kelapa sawit diperoleh dengan proses pirolisis dan pemurnian bertingkat kemudian diukur rendemen, nilai pH, berat jenis, dan warna. Briket arang cangkang sawit memiliki nilai: kerapatan 0,691 g/cm3, kadar air 4,935%, keteguhan tekan 13,444 kg/cm2, kadar zat mudah menguap 42,700%, kadar abu 3,000%, kadar karbon terikat 62,200% dan nilai kalor 6.070,667 kal/g. Arang aktif cangkang kelapa sawit memiliki kemampuan adsorpsi terhadap pelumas bekas hingga 1,505 kali lebih kuat dari arang aktifnya dengan kadar karbon terikat 90,667%. Asap cair cangkang kelapa sawit Grade 3 menghasilkan rendemen 12,61%, pH 3,58, berat jenis 1,004, dan warna coklat gelap. Grade 2 menghasilkan rendemen 8,91%, pH 3,24, berat jenis 1,004, dan warna kuning. Grade 1 menghasilkan rendemen 6,30%, pH 2,99, berat jenis 1,001, dan warna kuning pucat

PENDAHULUAN

Pemanfaatan tanaman kelapa sawit semakin meluas baik dari sisi produk maupun limbahnya. Potensi lahan yang luas dan produksi yang terus meningkat juga meningkatkan potensi limbah yang dapat dimanfaatkan, yaitu batang dan pelepah, cangkang, dan serat tandan buah kelapa sawit.

Telah dilakukan berbagai penelitian tentang pemanfaatan cangkang kelapa sawit namun belum banyak yang meneliti sekaligus dalam tiga produk yaitu briket arang, arang aktif, dan asap cair.

Kelapa Sawit (Elais guineensis Jacq) merupakan tumbuhan dari famili Arecaceae (Palmae) yang telah dibudidayakan secara luas (perkebunan). Cangkang kelapa sawit merupakan bagian dari buah kelapa sawit yang kemudian karena proses perolehan minyak kelapa sawit, menjadikannya sebagai limbah. Menurut Tajalli, A. (2015) pelepah kelapa sawit memiliki nilai kalori hingga 4.300 kal/g. Pembuatan briket arang dapat meningkatkan nilai kalor tersebut. Kemampuan adsorpsi serbuk arang cangkang kelapa sawit dapat ditingkatkan melalui proses aktifasi secara kimia dan fisika sehingga menjadi arang aktif yang dapat menyerap polutan termasuk pelumas bekas. Proses pirolisis cangkang kelapa sawit juga menghasilkan asap cair dengan berbagai tingkatan kualitas (grade 1, grade 2, dan grade 3) yang umumnya digunakan sebagai bahan pengawet alami.

Hal ini membuka peluang pengembangan industri pengolah limbah berupa cangkang kelapa sawit terutama bagi industri kecil oleh masyarakat sekitar perkebunan kelapa sawit.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis karakteristik briket arang, arang aktif, dan asap cair dari cangkang kelapa sawit (Elais guineensis Jacq). Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberi kontribusi data terkait peluang pemanfaatan limbah perkebunan berupa cangkang kelapa sawit.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Wijayanti (2009) 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. Arang adalah residu yang berbentuk padatan yang merupakan sisa dari proses pengkarbonan bahan berkarbon dengan kondisi terkendali di dalam ruangan tertutup seperti dapur arang.

Umumnya, diperlukan pembakaran langsung atau tidak langsung dengan suhu 500°C atau lebih menghasilkan arang. 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 (Hendra, 1999 dalam 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 (Hartoyo dan Rohadi, 1978 dalam Wijayanti, 2009).

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

*Sumber: * Sudrajat (1982) (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) dalam Sari (2010).*
*** SNI 01-6235-2000 (Anonim, 2000)*

Arang aktif merupakan suatu bahan berupa karbon amorf yang sebahagian besar terdiri atas atom karbon bebas dan mempunyai permukaan dalam sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik (Surtamtomo 1997 dalam Mody et al., 2011). Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas.

Acuan kualitas arang aktif diperlukan sebagai bahan perbandingan untuk mengetahui baik tidaknya kualitas arang aktif, dimana kualitas arang aktif tersebut dapat dinilai dengan membandingkan hasil pengujian percobaan dengan acuan kualitas arang aktif dari Pusat Peneitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) dan SNI No.06-3730-1995.

Tabel 2. Acuan Kualitas Arang Aktif

Sifat-s	Acuan Kualitas Arang Aktif	
	P3HH*	SNI No. 01-6235-2000**
Karbon Terikat (%)	69,2 - 80,7	Min 65
Adsorpsi	-	-

*Sumber: *P3HH (Hartoyo, 1984)*
***SNI No. 06-3730-1995 (Anonim, 1995)*

Aktivasi adalah suatu perlakuan yang bertujuan untuk memperbesar pori sehingga adsorben mengalami perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan Aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan menggunakan temperatur tinggi dan dengan penambahan larutan kimia (Turmuzi et al., 2015 dalam Wirani, 2017).

Proses pembuatan karbon aktif dapat dilakukan dengan menggunakan 2 tahap yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika (Tounsandi, 2016 dalam Wirani, 2017).

Aktivasi Kimia (chemical activation) merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik menggunakan bahan-bahan kimia. Penggunaan proses aktivasi kimia dilakukan dengan cara perendaman bahan baku ke dalam aktivator seperti asam klorida (HCL), asam fosfor (H3PO4), kalium hidroksida (KOH), dan seng klorida (ZnCl2). Agen kimia ini merupakan agen pengdehidrasi yang mempengaruhi penguraian pirolisa dan mencegah pembentukan tar dan senyawa organik yang volatil pada aktivasi menggunakan suhu tinggi untuk menghasilkan karbon aktif dengan efisiensi yang tinggi (Tousandi, 2016 dalam Wirani, 2017).

Aktivasi Fisika (physical activation) merupakan tahap pembuatan karbon melalui proses karbonisasi mengunakan aktivator berupa gas. Kemudian, reaksi oksidasi terjadi di antara atom karbon dan gas tersebut, sehingga meningkatkan jumlah pori-pori dalam struktur karbon. Proses aktivasi fisika biasanya dilakukan pada suhu 800 – 1.000 oC (Tousandi, 2016 dalam Wirani, 2017).

Pengertian umum asap cair merupakan suatu hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan yang banyak mengandung karbon dan senyawa-senyawa lain (Gusmailina dan Pari, 2013).

Komponen – komponen kimia yang terkandung dalam asap cair menurut (Girard, 1992) adalah senyawa-senyawa karbonil, benzopyrena, fenol, asam, hidrokarbon polisiklisaromatis (HPA).

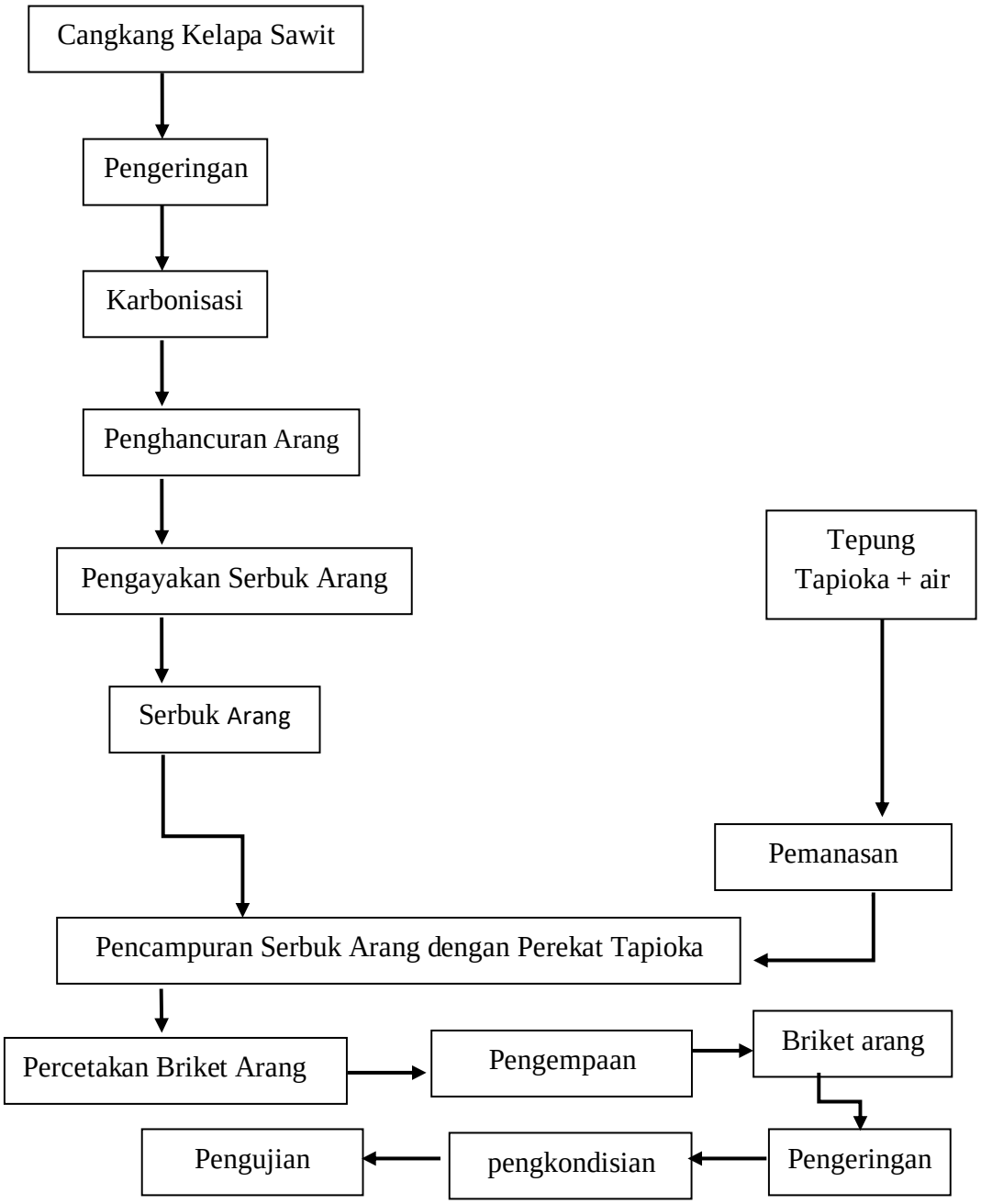
Gambar 1. Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis* Jacq)

METODOLOGI

Bahan yang akan digunakan untuk pembuatan briket arang, arang aktif, dan asap cair yaitu cangkang kelapa sawit (Elais guineensis Jacq), tepung tapioka, asam klorida (HCL), aquadest, pelumas bekas, air, dan bahan bakar (briket dan gas elpiji).

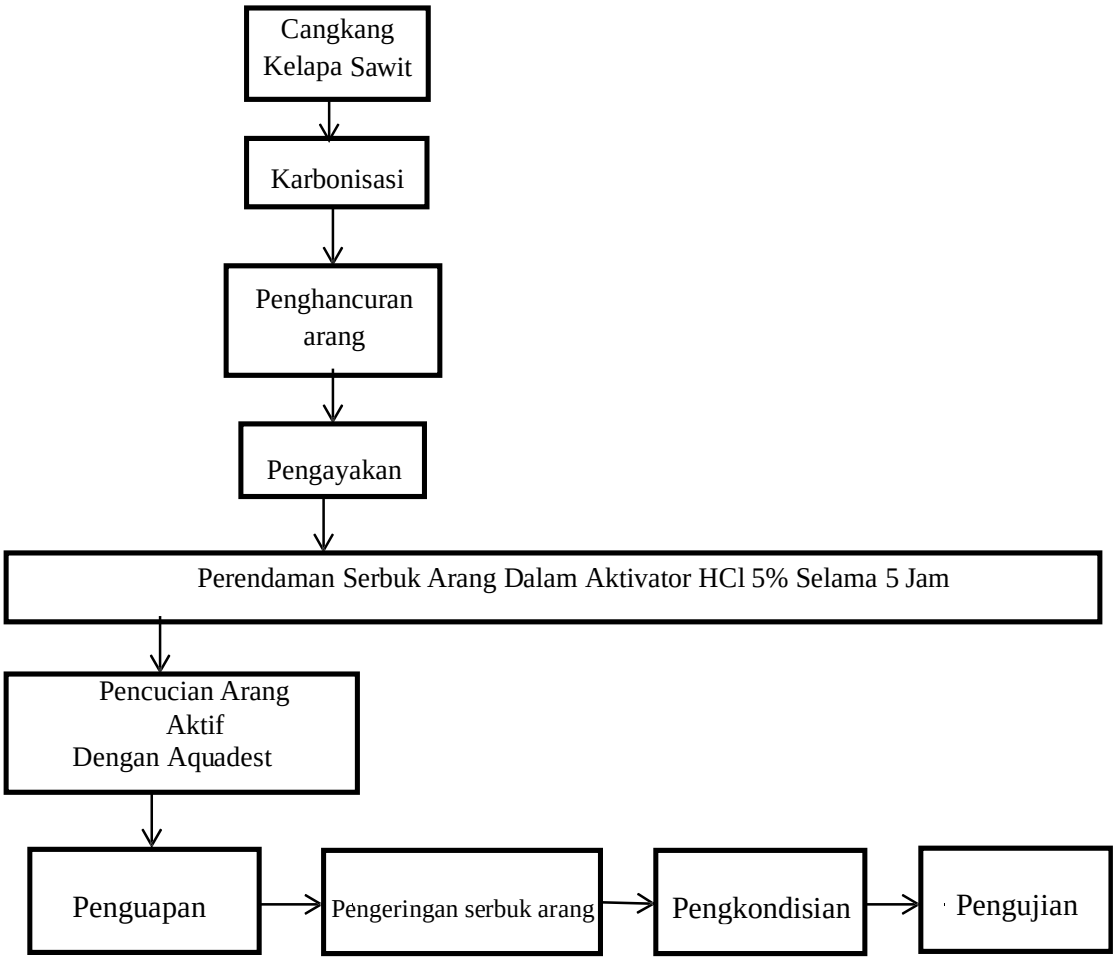
Peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan briket arang, arang aktif, dan asap cair yaitu tungku pengarangan dengan sistem pemanasan tidak langsung, alat penyuling (destilasi), tabung kondensasi, alat penumbuk, ayakan 40 mesh dan 60 mesh, timbangan digital, oven, kompor, tabung gas LPG, cetakan briket arang, alat pengempa, alat penyeimbang panas (desicator), jangka sorong, Universal Testing Machine (UTM), alat pengabuan (thermolyne furnance), pengukur nilai kalor (peroxide bomb calorimeter), piknometer, pipet, pengukur suhu, cawan pengabuan, penjepit cawan, neraca digital, desikator, cawan krusibel, baker gelas, gelas ukur, batang pengaduk, mangkok, kertas saring, corong, pH paper universal, masker, handscoon, kantong teh, kalkulator, kertas label, sarung tangan las, dan tisu.

- Briket Arang dari Cangkang Kelapa Sawit
  Proses pembuatan briket arang dari cangkang kelapa sawit diawali dengan persiapan bahan baku dan diakhiri dengan pengujian briket arang untuk mendapatkan nilai dari setiap parameter kualitas briket arang yang diuji (kerapatan, kadar air, keteguhan tekan, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor). Berikut adalah alur pembuatan briket arang secara garis besar (Gambar 2):



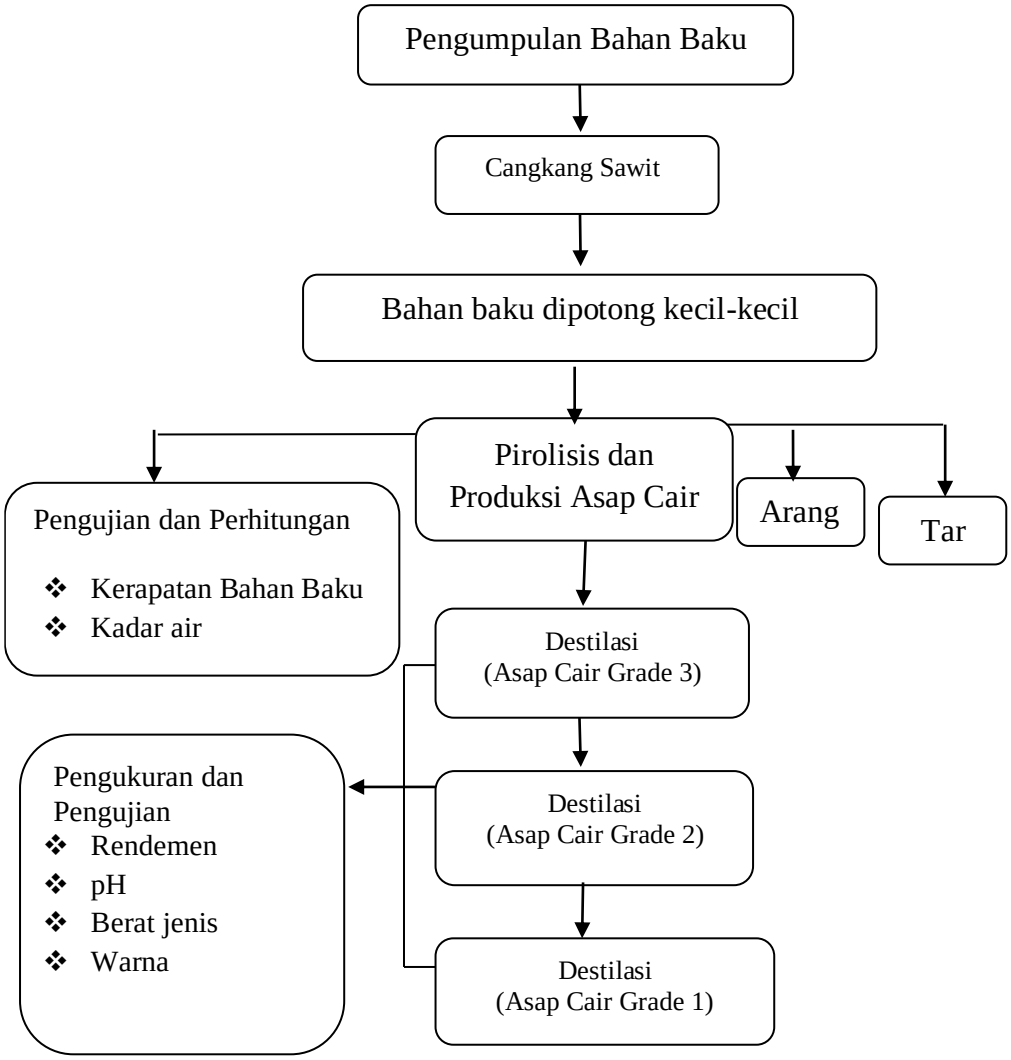
Gambar 2. Alur Pembuatan Briket Arang dari Cangkang Pelepah Kelapa Sawit

- Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit
  Proses pembuatan arang aktif dari cangkang sawit diawali dengan karbonisasi cangkang kelapa sawit, aktivasi serbuk arang, hingga pengujian kadarbon terikat dan adsorpsi arang aktif terhadap pelumas bekas. Secara garis besar proses pembuatan arang aktif sebagai berikut (Gambar 3):



Gambar 3. Alur Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Pelepah Kelapa Sawit

- Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit
  Proses pembuatan asap cair dari cangkang kelapa sawit dimulai dari persiapan bahan baku, proses pirolisis, penyulingan bertingkat, hingga menghasilkan asap cair grade 3, grade 2, dan grade 1 yang kemudian dilakukan pengukuran rendemen dan pengujian (nilai pH, berat jenis, dan warna) dari masing-masing grade asap cair tersebut. Secara umum proses pembuatan asap cair sebagai berikut (Gambar 4):



Gambar 4. Alur Pembuatan Asap Cair dari Cangkang Pelepah Kelapa Sawit

HASIL PENELITIAN

Sebelum dilakukan proses pembuatan briket arang, arang aktif, dan asap cair dari cangkang sawit, perlu dilakukan pengukuran dan pengujian kerapatan dan kadar air bahan baku cangkang kelapa sawit. Datanya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Nilai Pengujian Kerapatan dan Kadar Air Bahan Baku

Cangkang Kelapa Sawit	
Kerapatan (g/cm$^{3)}$	Kadar Air (%)
0,69	14,45

Berdasarkan pengukuran dan pengujian parameter kualitas dari ketiga produk: briket arang, arang aktif, dan asap cair dari cangkang kelapa sawit diperoleh data sebagai berikut (Tabel 4, 5, dan 6).

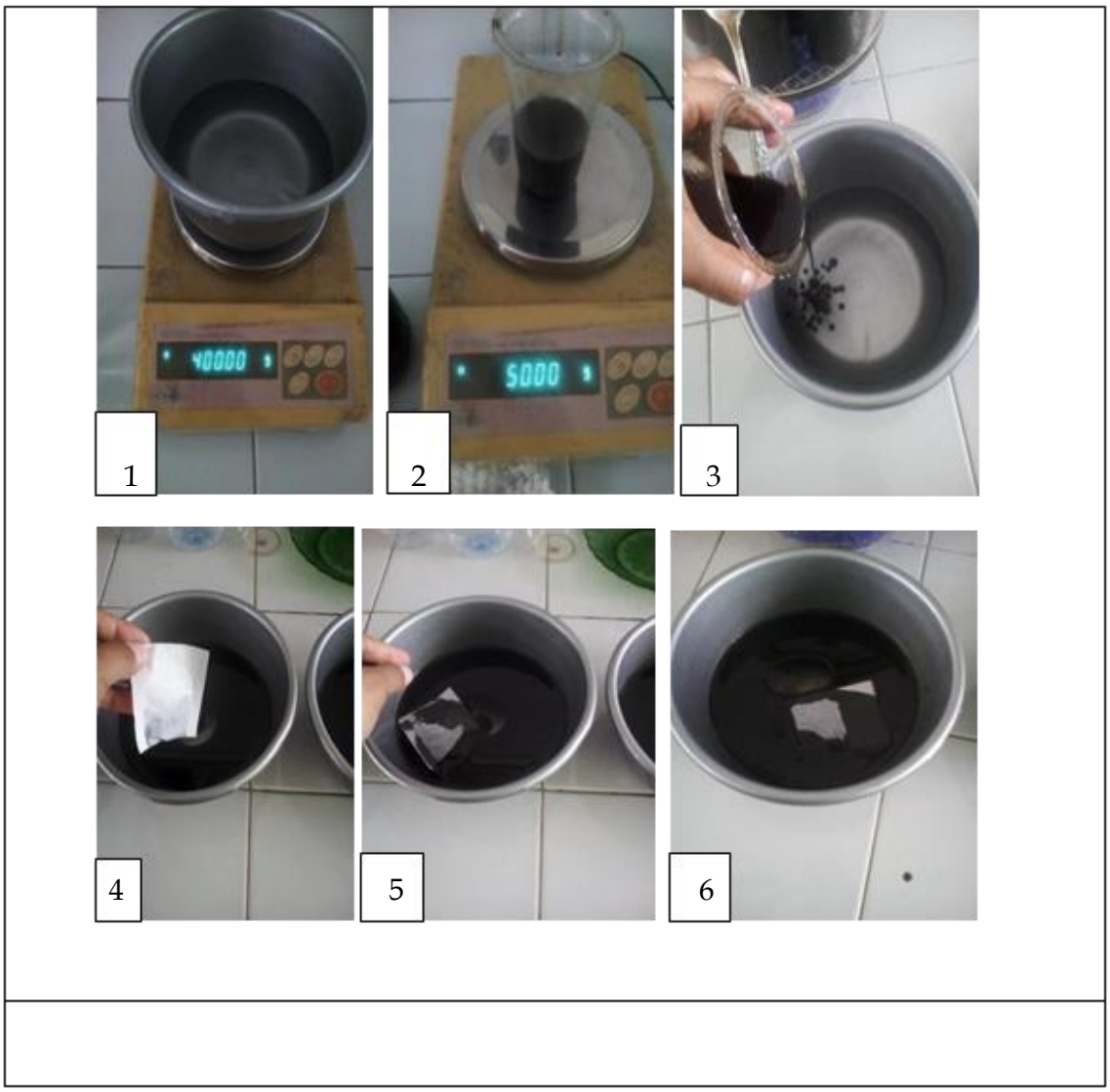
Tabel 4. Parameter Kualitas Briket Arang Cangkang Kelapa Sawit

	Briket Arang Cangkang Kelapa Sawit	P3HH	SNI No. 01-6235-2000	Keterangan
Kerapatan (gr/cm^3)	0,691	> 0,7	-	Belum memenuhi
Kadar air (%)	4,935	< 8	≤ 8	Belum memenuhi
Keteguhan tekan (kg/cm^2)	13,444	> 12	-	Memenuhi
Kadar zat mudah menguap (%)	42,700	< 30	≤ 15	Belum memenuhi
Kadar abu (%)	3,000	< 8	≤ 8	Memenuhi
Karbon terikat (%)	62,200	> 60	-	Memenuhi
Nilai kalor (kal/gr)	6.070,667	> 6.000	> 5.000	Memenuhi

Gambar 5. Pengukuran Dimensi Briket Arang dari Cangkang Pelepah Kelapa Sawit

Tabel 5. Parameter Kualitas Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit

	Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit	P3HH	SNI No. 01-6235-2000	Keterangan
Karbon terikat (%)	90,667	69,2 - 80,7	Min 65	Memenuhi
Adsorpsi	1,505	-	-	Memenuhi



Gambar 6. Urutan Pengujian Adsorpsi Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit terhadap Tumpahan Pelumas Bekas

Tabel 6. Parameter Kualitas Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit

Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit			
	Grade 3	Grade 2	Grade 1
Rendemen (%)	12,61	8,91	6,30
pH (Potencial of Hydrogen)	3,58	3,24	2,99
Berat Jenis	1,004	1,004	1,001
Warna	Coklat gelap	Kuning	Kuning pucat

Gambar 7. Penampakan Warna yang Berbeda Berdasarkan Grade Asap Cair dari Cangkang Kelapa Sawit (dari Kanan ke Kiri: Grade 3, Grade 2, dan Grade 1).

PEMBAHASAN

Parameter kualitas briket arang cangkang kelapa sawit telah memenuhi empat dari tujuh persyaratan acuan kualitas P3HH dan SNI No. 01-6235-2000 yaitu : keteguhan tekan, kadar abu, karbon terikat, dan nilai kalor.

Khusus mengenai nilai kalor briket arang terjadi peningkatan jika dibandingkan dengan cangkang kelapa sawit yang masih berupa bahan baku. Menurut Rosmiati, dkk. (2019) bahwa cangkang kelapa sawit memiliki nilai kalor tinggi atau (high heating value/HHV) sebesar 3.457,4232 kal/g dan nilai kalor rendah atau (Low heating value/LHV) sebesar 3.378,3733 kal/g. Pembuatan briket arang telah meningkatkan nilai kalor menjadi 6.070, 667 kal/g dan telah memenuhi acuan kualitas P3HH (> 6.000 kal/g) dan SNI No. 01-6235-2000 (> 5.000 kal/g). Hal ini karena proses karbonisasi yang telah memurnikan kandungan karbon dalam serbuk arang dan proses pencetakan disertai pengempaan yang telah memadatkan serbuk arang cangkang (meskipun nilai kerapatan belum memenuhi acuan kualitas) berhasil meningkatkan nilai kalor sekaligus memungkinkan briket arang cangkang kelapa sawit melengkapi bahan menggantikan batubara sebagai bahan baku energi.

Kerapatan bahan baku juga berperan pada peningkatan nilai kalor pada briket arang (Sirajuddin,2021). Kerapatan cangkang kelapa sawit adalah 0,69 g/cm3 termasuk cukup tinggi dan berpotensi memberikan kandungan karbon yang cukup tinggi. Kandungan karbon terikat akan mengikuti nilai kerapatan bahan baku (Cao, Z., et. al,. 2019).

Karbon terikat arang aktif cangkang kelapa sawit yang cukup tinggi (90,667%) telah melampaui persyaratan acuan kualitas P3HH (69,2-80,7%) dan SNI No. 01-6235-2000 (minimal 65%) sehingga memiliki kemampuan adsorpsi terhadap cairan pelumas bekas hingga 1,505 kali dari arang aktifnya. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan arang aktif cangkang kelapa sawit cukup efektif mengatasi tumpahan pelumas bekas di perairan.

Rendemen asap cair cangkang kelapa sawit relatif cukup baik, meskipun mengalami penurunan rendemen (dari grade 3, grade 2, lalu ke grade 1),

mengingat proses penyulingan bertingkat telah mengurangi sebagian senyawa menjadi residu seperti sisa ter dan senyawa karbonil.

Nilai pH juga mengalami perubahan menjadi semakin asam (dari pH 3,58 menjadi pH 2,99) mengikuti gradenya. Sekali lagi, proses penyulingan bertingkat telah memurnikan senyawa-senyawa dalam asap cair menjadi didominasi oleh senyawa-senyawa asam.

Berat jenis asap cair cangkang kelapa sawit juga mengalami penurunan tipis, akibat dari penyulingan bertingkat telah mengeluarkan fraksi berat (ter) menjadi residu, sehingga mengurangi bobot asap cair cangkang kelapa sawit.

Penampilan warna mengikuti kandungan senyawa asam (pH) dan berat jenis asap cair cangkang kelapa sawit, dari warna gelap (coklat tua) menjadi lebih terang (kuning pucat) yang memvisualkan terjadi pemurnian senyawa yang terkandung di dalam asap cair cangkang kelapa sawit.

Penggunaan asap cair cangkang sawit sesuai dengan gradenya; Grade 3 dapat diguakan sebagai insektisida atau pengawet kayu, Grade 2 dapat digunakan sebagai herbisida atau pembasmi jamur, dan Grade 1 dapat digunakan sebagai pengawet makanan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Cangkang Kelapa Sawit sebagai limbah dari proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah (crude palm oil/CPO) dapat ditingkatkan nilainya dengan menjadikannya beberapa produk yaitu briket arang, arang aktif, dan asap cair.

Briket arang dari cangkang kelapa sawit telah memenuhi acuan kualitas P3HH dan SNI 01-6235-2000 terutama nilai kalornya, sekaligus mampu menaikkan nilai kalor dari bahan baku aslinya.

Arang aktif dari cangkang kelapa sawit cukup efektif untuk menyerap tumpahan pelumas bekas di atas permukaan air.

Asap cair dari cangkang kelapa sawit memiliki rendemen cukup tinggi dan parameter kualitas yang cukup baik.

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk uji aplikasi lebih lanjut dan analisis biaya untuk pendirian usaha dalam skala industri kecil agar dapat diterapkan di masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada rekan dalam tim penelitian yaitu Finsya Annisa Cahya Shafiera, Baktiriani Banda Padang, Apriyanti Nugrahaningrum, dan Agus Nur Fahmi serta para pihak yang telah mendukung peneltian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1995. Arang Aktif Teknis SNI 06-3730-1995. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

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

Girard,J.P. 1992. Technology of Meat and Products. Ellis Horwood. New York

Gusmailina dan Pari, G. 2013. Arang dan cuka kayu ; produk hasil hutan bukan kayu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan serapan hara karbon.

Hartoyo. 1984. Nilai Komersial Briket Aranng dari Serbuk Gergaji dan Limbah Industri Perkayuan yang dibuat dengan Cara Sederhana. Proseding Lokakarya Energi. Jakarta

Mody, L., Syafii, W., dan Pari, G. 2011. Struktur Dan Komponen Arang Serta Arang Aktif Tempurung Kemiri. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan. Bogor

Rosmiati, R, dkk, 2019. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Cangkang Sawit Dan Tongkol Jagung Pada Unit Thermal Oil Heater Di PT Shamrock Manufacturing Corpora. https://ptki.ac.id/jurnal/index.php/readystar/article/view/56/pdf.

Sari, M.K. 2010. Kualitas Briket Arang berdasarkan Komposisi Campuran Arang dari Kayu Meranti Merah (Shorea sp.) dengan Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L.). Skripsi Sarjana Kehutanan Universitas Mulawarman. Samarinda.

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. Skripsi Sarjana Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.

Wirani, I. L. BR. P. 2017. Aktivasi Karbon dari Sekam Padi dengan Aktivator Asam Klorida (HCl) dan Pengaplikasiannya pada Limbah Pengolahan Baterai Mobil Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) . Skripsi Departement teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universita Sumatra Utara. Medan