

Karakteristik Briket Arang dari Limbah Kulit Buah Pinang dengan Berbagai Komposisi Jenis Perekat

Characteristics of Charcoal Briquette from the Skin Waste of Areca catechu Fruit with Various Compositions of Adhesive Types

Oleh:

Shobar^{1*}, Evi Sribudiani¹, Sonia Somadona¹

¹ Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Jl. Bina Widya, Pekanbaru 28293, Riau, Indonesia

*email: shobarsaja@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi memerlukan pencarian energi alternatif. Salah satu energi alternatif adalah briket arang yang dapat memanfaatkan limbah biomassa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik briket arang dari limbah kulit buah pinang. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan dan lima ulangan dan dilanjutkan dengan Uji Rentang Berganda Baru Duncan (DNMRT) pada level 5%. Perlakuan yang diterapkan adalah komposisi perekat tapioka dan perekat sago dengan perbandingan 5% : 0% (P1), 0% : 5% (P2), 3% : 2% (P3), 2,5% : 2,5% (P4), dan 2% : 3% (P5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit buah pinang dapat digunakan sebagai bahan baku briket arang. Rata-rata kadar air dan nilai kalor memenuhi kriteria SNI 1-6235-2000 dengan rata-rata nilai kadar air 3,8% dan nilai kalor 5.602,18 kal/g. Kadar zat menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat yang memenuhi kriteria SNI hanya terdapat pada P1 dengan nilai kadar zat menguap 14,2%, kadar abu 7,9%, dan kadar karbon terikat 77,8%. Dengan demikian, briket arang yang memenuhi SNI pada semua karakteristik adalah pada P1 (perekat tapioka 5%: perekat sago 0%).

Kata kunci: briket arang, perekat sago, perekat tapioka, pinang

ABSTRACT

The increase in energy demand requires the search for alternative energy. One of the potential alternative energies is charcoal briquette that could utilize biomass waste. This study aimed to determine the characteristics of charcoal briquettes from the waste of Areca catechu fruit. This research used a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and five replications and then continued with Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) at a level of 5%. The treatment applied was the composition of starch and sago adhesive with ratios of 5% : 0% (P1), 0% : 5% (P2), 3% : 2% (P3), 2,5% : 2,5% (P4), and 2% : 3% (P5). The result showed that the skin waste of Areca catechu fruit could be used as raw material for charcoal briquettes. The average moisture content and calorific value met the minimum requirement of SNI with an average value of 3.8% and 5602.18 cal/g, respectively. The results revealed that only P1 could meet the minimum requirement of SNI for volatile content, carbon ash content, and carbon bounded content at 14.2%, 7.9%, and 77.8%, respectively. Consequently, the charcoal briquette that could meet SNI on all characteristics was using P1 (starch adhesive 5%: sago adhesive 0%).

Keywords: Areca catechu, charcoal briquettes, sago adhesive, starch adhesive

PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan penduduk menyebabkan kebutuhan manusia akan energi menjadi meningkat, dalam hal ini salah satu sumber energi alternatif adalah biomassa. Indonesia adalah negara agraris merupakan daerah beriklim panas yang mempunyai banyak biomassa. Supriyatno dan Crishna (2010) mendefinisikan biomassa sebagai bahan organik yang berasal dari limbah alam dan limbah industri budidaya. Pinang merupakan hasil hutan bukan kayu yang dikembangkan di sektor pertanian dan dibudidayakan oleh masyarakat. Semakin besar hasil produksi buah pinang, maka limbah yang dihasilkan juga semakin besar. Limbah biomassa kulit buah pinang keberadaannya meningkat namun belum dimanfaatkan sehingga keberadaan limbah kulit buah pinang dapat mencemari lingkungan. Salah satu pemanfaatan limbah kulit buah pinang adalah sebagai bahan baku energi alternatif seperti briket arang. Utami dan Lazulva (2017) menyatakan bahwa pinang adalah sektor pertanian di daerah Tembilahan Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau dengan luasan daerah yang ditanami pinang adalah 15.413 Ha. Pinang yang ditanam oleh masyarakat hanya dimanfaatkan biji dan batangnya tetapi belum dimanfaatkan kulitnya. Kulit buah pinang tersebut hanya terbuang dan tidak dimanfaatkan oleh para petani.

Briket arang bisa dibuat dengan metode yang sederhana menggunakan alat cetak dan ditambah perekat. Jumlah maupun jenis perekat pada briket mempengaruhi mutu serta kualitas briket arang. Perekat pati merupakan dua contoh perekat organik yang biasa digunakan seperti tepung tapioka dan tepung sagu. Penggunaan perekat pati yang berasal dari tapioka mempunyai keuntungan salah satunya harganya murah dan daya rekat tinggi. Pati sagu memiliki potensi tinggi sebagai bahan perekat karena kandungan amilosa dan amilopektin. Menurut Lestari et al. (2010), pemberian dua jenis perekat akan menunjukkan perbedaan mutu briket akibat kandungan kimia kedua perekat. Purnama et al. (2012) menjelaskan bahwa briket arang diukur karakteristiknya meliputi kadar air, daya bakar dan nilai kalor. Proses pembuatan briket arang meliputi penghalusan, pencampuran bahan, pencetakan, dan pengeringan sehingga diperoleh briket arang yang memiliki bentuk, sifat kimia, dan fisik yang baik.

Pemanfaatan limbah kulit buah pinang sebagai bahan baku briket arang adalah salah satu bentuk solusi untuk menekan kuantitas limbah biomassa agar dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Untuk memperoleh karakteristik yang tepat serta kualitas yang baik, maka di perlukan perlakuan yang berbeda yakni dengan menggunakan dua bahan perekat yakni tepung tapioka dan tepung sagu.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kehutanan Universitas Riau, Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Riau dan Laboratorium Konversi Energi Universitas Riau selama bulan Agustus-September 2019. Bahan penelitian meliputi limbah kulit buah pinang, perekat pati tapioka, dan perekat pati sagu. Alat-alat yang digunakan terdiri dari tabung pembakar, lesung dan alu, kompor, panci, alat pengaduk, cetakan briket silinder ukuran 3 cm x 6 cm, timbangan, saringan 60 mesh, alat kempa, oven, tanur, desikator, *bomb calorimeter*, kamera, alat tulis, dan pencatat waktu.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan dengan lima ulangan. Adapun perlakuan (P) yang diberikan adalah sebagai berikut:

- P1 : Perekat tepung tapioka 5% + Perekat tepung sagu 0%
- P2 : Perekat tepung tapioka 0% + Perekat tepung sagu 5%
- P3 : Perekat tepung tapioka 3% + Perekat tepung sagu 2%.

P4 : Perekat tepung tapioka 2,5% + Perekat tepung sagu 2,5%.

P5 : Perekat tepung tapioka 2% + Perekat tepung sagu 3%.

Pengamatan yang dilakukan pada briket limbah kulit buah pinang ini yakni kerapatan, kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor briket dengan mengikuti prosedur SNI 01-6235-2000 (BSN 2000).

Pengujian kerapatan dilakukan dengan mengukur berat dan volume dalam keadaan kering udara. Kerapatan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kerapatan (g/cm}^3\text{)} = \frac{m}{v}$$

dimana m adalah berat kering udara briket (g) dan v adalah volume kering udara briket (cm³).

Pengujian kadar air dilakukan dengan mengukur berat awal dan berat kering tanur sampel. Kadar air dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B1 - B2}{B2} \times 100\%$$

dimana $B1$ adalah berat awal sampel (g) dan $B2$ adalah berat kering tanur sampel (g).

Pengujian kadar zat mudah dilakukan dengan menguapkan bahan tanpa oksigen pada suhu 950°C. Selisih berat dihitung sebagai zat yang hilang atau menguap. Penetapan kadar zat mudah menguap dilakukan dengan meletakkan sampel ke dalam cawan porselen bertutup yang diketahui bobotnya. Sampel yang diisikan berasal dari perhitungan kadar air sebelumnya dan ditempatkan dalam tanur. Panaskan dalam tanur dengan suhu 950°C selama 7 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan selanjutnya ditimbang:

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$$

dimana $W1$ adalah bobot sampel setelah dikeringkan pada suhu 105°C (g) dan $W2$ adalah bobot sampel setelah dipanaskan pada suhu 950°C (g).

Pengujian kadar abu dilakukan dengan menimbang cawan porselin tanpa tutup dengan sampel yang berasal dari pengujian kadar zat menguap, ditempatkan dalam tanur dan dipanaskan dalam suhu 750°C selama lima jam. Dipindahkan porselin dari tanur, didinginkan dalam desikator dan timbang segera. Penentuan kadar abu dilakukan sebanyak dua kali ulangan. Kadar abu dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

dimana A adalah bobot abu (g) dan B adalah bobot sampel setelah dipanaskan pada suhu 950°C (g).

Kadar karbon terikat dihitung dengan menggunakan:

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 100\% - (V + C)$$

dimana V adalah kadar zat menguap (%) dan C Kadar abu (%).

Pengukuran nilai kalor bakar dihitung berdasarkan kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Nilai kalor diukur dengan alat *bomb calorimeter* dan dihitung dengan rumus berikut (Elfiano, *et al* 2014):

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

dimana Q adalah panas yang diserap (kJ), m adalah massa air di dalam *bomb calorimeter* (g), C_p adalah *specific heat* (4,186 kJ/kg°C), dan ΔT adalah perbedaan temperatur (°C).

Data dianalisis secara statistik menggunakan *software* SPSS *Statistics* 23 dengan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) dan menggunakan uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan Briket Arang

Kerapatan briket arang merupakan parameter penting yang dapat mempengaruhi kualitas briket. Pada umumnya, kerapatan yang lebih tinggi menghasilkan kualitas briket yang lebih baik. Nilai kerapatan briket arang limbah kulit buah pinang dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Kerapatan briket limbah kulit buah pinang.

Perlakuan	Kerapatan (g/cm ³)
P1	0,68a
P2	0,69a
P3	0,70a
P4	0,69a
P5	0,70a

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata dari lima kali ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Kerapatan briket limbah kulit buah pinang berkisar 0,68 g/cm³ - 0,70 g/cm³ (Tabel 1). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kerapatan pada setiap perlakuan tidak berbeda nyata. Bahan baku dengan kerapatan yang rendah akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan yang rendah dan bahan baku dengan kerapatan yang tinggi dapat menghasilkan briket arang dengan kerapatan yang tinggi. Namun, briket arang dengan kerapatan yang rendah memiliki kekurangan seperti briket yang mudah hancur dan kualitas bahan bakar yang kurang baik.

Kadar Air Briket Arang

Kadar Air adalah parameter dalam menentukan mutu briket arang. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kadar air briket arang yang dihasilkan berbeda nyata (Tabel 2). Kadar air terendah pada P1 sebesar 3,00% dan tertinggi pada P2 sebesar 4,30%. Rendahnya kadar air akan menghasilkan kualitas briket yang baik. Hasil kadar air briket arang semakin rendah pada perlakuan yang menggunakan perekat tepung tapioka yang semakin banyak dan perekat tepung sagu yang semakin sedikit. Penurunan kadar air tersebut diduga karena kadar air pada perekat sagu lebih besar dibandingkan perekat tapioka. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Mahmud et al. (2010) yang melaporkan kadar air dengan perekat pati sagu sebesar 14,00% dan kadar air dengan perekat pati tapioka sebesar 13,90%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air bahan baku mempengaruhi kadar air briket arang serta bahan perekat yang digunakan. Kadar air yang dihasilkan oleh semua perlakuan pada penelitian ini telah memenuhi SNI 01-6235-2000 yang mensyaratkan kadar air maksimal 8%.

Tabel 2. Kadar air briket limbah kulit buah pinang.

Perlakuan	Kadar Air (%)
P1	3,00a
P2	4,30b
P3	3,80b
P4	4,00b
P5	4,20b

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata dari lima kali ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Kadar Zat Menguap Briket Arang

Kadar zat menguap dari briket adalah senyawa yang terdapat dalam arang selain ar yang tinggi rendahnya dikarenakan oleh sempurnanya proses karbonisasi, waktu dan suhu. Pengujian kadar zat menguap menjadi salah satu faktor dalam penentuan kualitas briket arang. Tabel 3 menunjukkan bahwa komposisi perekat tapioka dan perekat sagu menghasilkan kadar zat menguap briket arang yang berbeda nyata. Semakin banyak penambahan perekat tapioka dan semakin sedikit perekat sagu jadi kadar zat menguap yang diperoleh dari penelitian semakin rendah diduga karena perbedaan jenis dan konsentrasi perekat. Briket arang pada perlakuan ke-1 dengan jumlah perekat tepung tapioka 5% dan tepung sagu 0% memiliki kadar zat menguap paling rendah dari perlakuan lainnya. Hasil ini sejalan dengan penelitian Musafah dan Hamzah (2018) yang menyatakan bahwa besar kecilnya kadar zat menguap dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi perekat, Sehingga perbedaan jenis dan konsentrasi perekat akan berpengaruh terhadap kadar zat menguap. Selain itu, tingginya kadar zat menguap briket arang disebabkan suhu serta waktu pada proses pengarangan.

Tabel 3. Kadar zat menguap briket limbah kulit buah pinang.

Perlakuan	Kadar Zat Menguap (%)
P1	14,20a
P2	23,50c
P3	17,20b
P4	17,70b
P5	21,80b

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata dari lima kali ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Kadar zat menguap komposisi jenis perekat pada P1 adalah perlakuan yang memenuhi SNI 01-6235-2000 yaitu memiliki kadar zat menguap maksimal 15%. Perlakuan P1 dengan komposisi perekat tepung tapioka 5% dan perekat tepung sagu 0% diperoleh hasil yaitu 14,20%. Sedangkan pada perlakuan lainnya kadar zat menguap yang dihasilkan tidak memenuhi standar mutu briket arang yaitu sebanyak 17,20% - 23,50%. Semakin tinggi kadar zat menguap maka akan menghasilkan briket arang yang menyebabkan asap yang berlebih pada saat dinyalakan.

Kadar Abu Briket

Abu adalah sisa proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon. Abu dari briket arang dipengaruhi kandungan abu dari bahan baku atau bahan perekat. Tingginya kadar abu akan menurunkan kualitas briket karena abu menurunkan nilai kalor (Rahmawati 2013). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kadar zat menguap antar perlakuan berbeda nyata (Tabel 4).

Tabel 4. Kadar abu briket limbah kulit buah pinang.

Perlakuan	Kadar Abu (%)
P1	7,90a
P2	13,70c
P3	11,00b
P4	11,90b
P5	13,70c

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata dari lima kali ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Kadar abu briket arang berkisar antara 7,90% - 15,40% dengan kadar abu terendah terdapat pada briket dengan komposisi jenis perekat pati tapioka 5% dan perekat tepung sagu

0%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi jenis perekat tepung tapioka dan tepung sagu berpengaruh nyata terhadap kadar abu briket arang yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan ada pengaruh dari kadar abu perekat. Kadar abu pati tapioka rendah dari pati tepung sagu. Kadar abu terendah sebesar 7,90% dengan komposisi perekat pati tapioka 5% dan perekat pati sagu 0%. Kadar abu semakin meningkat seiring komposisi bertambahnya jumlah perekat tepung sagu. Hal ini diduga sebab adanya penambahan abu dari perekat jenis tepung sagu yang telah digunakan. Kadar abu yang memenuhi SNI 01-6235-2000 yang mensyaratkan maksimal 8% dihasilkan hanya pada P1 dengan nilai 7,90%.

Kadar Karbon Terikat Briket

Kadar karbon terikat briket limbah kulit buah pinang yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 61,00% - 77,80% (Tabel 5). SNI 01-6235-2000 mensyaratkan nilai karbon terikat yaitu lebih dari 77%. Dengan demikian, hanya briket arang dengan perlakuan P1 yang dapat memenuhi standar. Hasil analisis sidik ragam kadar zat menguap menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap nilai kadar karbon (Tabel 5).

Tabel 5. Kadar karbon terikat briket limbah kulit buah pinang.

Perlakuan	Kadar Karbon Terikat (%)
P1	77,80a
P2	61,00d
P3	71,60b
P4	70,30c
P5	64,40c

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata dari lima kali ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 5 dapat diketahui jumlah dan jenis bahan baku perekat memberi pengaruh yang berbeda terhadap nilai karbon terikat briket arang limbah kulit buah pinang. Briket arang dengan penambahan semakin banyak perekat tepung tapioka dan semakin sedikit perekat tepung sagu akan menghasilkan briket yang memiliki kadar karbon terikat yang besar. Menurut Pane et al. (2015), semakin tinggi kadar bahan tambahan pada briket seperti perekat, air, dan kapur maka kadar karbon briket semakin rendah. Hal ini dikarenakan briket arang yang menggunakan bahan tambahan dengan kadar yang tinggi akan menaikkan kadar abu dan kadar volatil briket sehingga menurunkan kadar karbon terikat.

Karbon terikat berpengaruh terhadap nilai kalor pembakaran briket arang. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil dimana perlakuan yang mempunyai nilai kadar abu rendah maka nilai karbon terikat yang dimiliki semakin tinggi dan perlakuan yang memiliki nilai abu tinggi maka nilai karbon terikat yang dihasilkan semakin kecil.

Nilai Kalor Briket Arang

Nilai kalor briket arang yang dihasilkan tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan (Tabel 6). Penambahan perekat tepung tapioka menyebabkan nilai kalor yang dihasilkan lebih tinggi karena adanya penurunan kadar air dan kadar abu. Lestari et al. (2010) menyatakan bahwa kadar air dan kadar abu dalam briket sangat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Kadar air dan kadar abu yang tinggi akan menyebabkan penurunan nilai kalor (Rubiyanti et al. 2019; Sulistio et al. 2020). Sebaliknya, kadar air dan kadar abu yang rendah akan menyebabkan peningkatan nilai kalor. Nilai karbon terikat briket arang juga mempengaruhi nilai kalor. Kadar karbon terikat yang tinggi akan menyebabkan peningkatan nilai kalor briket arang.

Tabel 6. Nilai kalor briket limbah kulit buah pinang.

Perlakuan	Nilai Kalor (kal/g)
P1	5966,00
P2	5146,60a
P3	5545,10a
P4	5867,80a
P5	5485,40a

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata dari lima kali ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Nilai kalor briket arang limbah kulit buah pinang yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 5146,60 kal/g - 5966,00 kal/g dan dapat memenuhi persyaratan SNI 01-6235-2000 yang mensyaratkan nilai kalor briket arang lebih dari 5.000 kal/g. Briket arang dengan perlakuan perekat tepung tapioka 5% dan perekat tepung sagu 0% mendapatkan nilai kalor yang tertinggi dari pada perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena briket dengan perekat pati tapioka memperoleh hasil kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap lebih rendah tetapi nilai karbon terikat yang tinggi sehingga lebih banyak karbon yang digunakan untuk reaksi oksidasi dan menyebabkan briket arang dengan perekat pati tapioka memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan briket arang dengan perekat sagu.

SIMPULAN

Peningkatan komposisi perekat tepung tapioka mampu meningkatkan kadar karbon terikat, dan nilai kalor, serta mampu menurunkan kadar air, kadar zat menguap, dan kadar abu. Kadar air dan nilai kalor briket arang pada setiap perlakuan dapat memenuhi persyaratan SNI 01-6235-2000, sedangkan kadar zat menguap, kadar abu, serta kadar karbon terikat yang memenuhi standar hanya pada P1 (perekat tepung tapioka 5% + perekat tepung sagu 0%). Penelitian lebih lanjut mengenai komposisi perekat tepung tapioka dengan perekat lain menggunakan konsentrasi dan jumlah perekat yang berbeda perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. 2000. *SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu*. Jakarta, Indonesia.
- Lestari, L., Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati, and Marliani. 2010. Analisis Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu dan Kanji. *Jurnal Aplikasi Fisika* 6(2): 93–96.
- Mahmud, M. K., Herman, N. A., Zulfianto, R. R., Apriyantono, N., Iskari, H., Budi, Bernadus, and Tinexcellly. 2010. *Tabel Komposisi Pangan Indonesia*. Elex Media Komputindo, Jakarta, Indonesia.
- Musafah, R., and Hamzah, F. H. 2018. Karakteristik Briket Arang Sekam Padi Dengan Variasi Konsentrasi Perekat Tapioka dan Sagu. *JOM Faperta* 5(1): 1–12.
- Pane, J. P., Junary, E., and Herlina, N. 2015. Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU* 4(2): 32–38. DOI: 10.32734/jtk.v4i2.1468
- Purnama, R. R., Chumaidi, A., and Saleh, A. 2012. Pemanfaatan Limbah Cair CPO sebagai Perekat pada Pembuatan Briket dari Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia* 3(18): 43–53.
- Rahmawati, S. 2013. Pemanfaatan Kulit Rambut (*Nephelium sp.*) untuk Bahan Pembuatan Briket Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. in: *Prosiding Simposium Nasional Inovasi*

dan Pembelajaran Sains 2013.

- Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., and Bakri, S. 2019. Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB). *Jurnal Sylva Lestari* 7(3): 321–331. DOI: 10.23960/jsl37321-331
- Sulistio, Y., Febryano, I. G., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hasanudin, U., and Hidayat, W. 2020. Pengaruh Torefaksi dengan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB) dan Electric Furnace terhadap Pelet Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 65–76. DOI: 10.23960/jsl1865-76
- Supriyatno, and Crishna, B. M. 2010. Studi Kasus Energi Alternatif Briket Sampah Lingkungan Kampus POLBAN Bandung. in: *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*'' Universitas Muhamadiyah Yogyakarta.
- Utami, L., and Lazulva, L. 2017. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pinang (*Areca chatecu L.*) sebagai Biosorben untuk Mengolah Logam Berat Pb (II). *Al-Kimia* 5(2): 109–118. DOI: 10.24252/al-kimia.v5i2.3524