

Pembuatan Biopellet dari Campuran Cangkang dan Daging Biji Karet Menggunakan Mesin Screw Oil Press

Aminur¹, M. Agung Wibowo², Fikri Ramadhoni³, Mardiana Sari^{4*}

¹Falkultas Teknik Program Studi Teknik Kimia, Universitas Tamansiswa Palembang
aminurminur@gmail.com¹, agung73@gmail.com², fikriramadhoni123@gmail.com³,
marsharifadiana@gmail.com^{4*}

Alamat: Jalan Taman Siswa No261 Palembang

Korespondensi Penulis: marsharifadiana@gmail.com

Abstract: The purpose of this research is to get the optimum condition of temperature and ideal ratio biopellet made from shell and kernel of rubber seed by using screw oil press machine according to Indonesian National Standards (SNI 8021-2014) which include heating value, ash content, moisture content, volatile matter, and density of biopellet. Comparison of the basic ingredients shell and kernel of rubber seed in this research include 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, and 40:60 with varying temperature 200°C and 150°C. The results of the research it is known that the best composition of biopellet is a sample at temperature 200°C, and ratio of shell and kernel of rubber seed 80:20 with calorific value of 5,083.4919 cal/g, moisture content of 4,00%, density 1.6322 gr/ cm³, ash content 1.9802%, volatile matter 77.1881%, and fixed carbon 16.8317%. The calorific value and the proximate analysis have fulfilled the SNI 8021:2014.

Keywords: Biopellet, shell and kernel of rubber seed, screw oil press machine

Abstrak: Biopellet adalah salah satu sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu optimal dan rasio ideal biopellet yang terbuat dari cangkang dan inti biji karet dalam produksi biopellet menggunakan mesin pengepres minyak ulir sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 8021-2014) yang meliputi nilai pemanasan, kadar abu, kadar air, bahan mudah menguap, dan kepadatan biopellet. Jumlah sampel biopellet dalam penelitian ini adalah 10 sampel dengan berbagai variasi suhu bahan dasar. Perbandingan cangkang dan inti biji karet dalam penelitian ini meliputi: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, dan 40:60 dengan variasi suhu 200°C dan 150°C. Hasil penelitian diketahui bahwa komposisi biopellet terbaik adalah sampel pada suhu 200°C, dan rasio cangkang dan kernel biji karet 80:20 dengan nilai kalor 5,083,4919 kal/g, kadar air 4,00%, kepadatan 1,6322 g/cm³, kadar abu 1,9802%, bahan mudah menguap 77,1888%, dan karbon tetap 16,8317%. Nilai kalor dan analisis terdekat telah memenuhi SNI 8021: 2014.

Kata kunci: Biopellet, cangkang dan inti biji karet, mesin press minyak berulir

1. PENDAHULUAN

Energi alternatif terus dikembangkan di Indonesia guna menjamin ketersediaan energi akibat kebutuhan energi yang terus meningkat. Biomassa merupakan energi alternatif yang jumlahnya melimpah dan belum termanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan biomassa sebagai bahan baku untuk proses produksi diharapkan dapat menekan biaya produksi dan mengurangi efek negatif dari penumpukan limbah terhadap lingkungan (Anindhita, 2018). Salah satu produk biomassa adalah biopellet. Bahan penyusun organik dari biopellet adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dapat ditemukan dalam bagian-bagian tumbuhan.

Di Indonesia khususnya Sumatera Selatan, banyak sekali tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) yang dijadikan sebagai bahan utama penghasil lateks. Luas area perkebunan karet di Sumatera Selatan sebesar 722,054 ha (Statistik Perkebunan Indonesia, 2017).

Sebanyak

400 pohon karet dapat ditanam pada lahan seluas 1 hektar. Sehingga diperkirakan dapat menghasilkan 5.050 kg biji karet per tahunnya (Siahaan dkk., 2011). Hal ini menyebabkan limbah perkebunan karet berupa biji karet berlimpah. Biji karet terdiri dari 40-50% kulit yang keras berwarna coklat, 50-60% kernel yang berwarna putih kekuningan. Biji karet mudah mengalami kerusakan, tidak tahan terhadap kekeringan dan tidak mempunyai masa dormansi. Selain itu, bila kadar air dibawah 12% biji karet akan mati (Astawan, 2018). Hal ini menyebabkan daya simpan biji sangat singkat dengan suhu penyimpanan optimum adalah 7-10°C, karena pada suhu ini belum mengalami pembekuan sel (Nilasari, 2012).

Apabila limbah biji karet tidak dimanfaatkan dan diolah dengan baik maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Biji karet tidak hanya melimpah di Sumatera Selatan, tetapi komposisi kandungan cangkang biji karet akan sangat mampu dijadikan sebagai bahan bakar dimana kandungan utama berupa karbon dan hidrogen sangat tinggi yang terkandung dalam senyawa 38,11% selulosa, 18,74% lignin, 26,09% hemiselulosa (Prabawa dan Miyono, 2018).

Hasil analisis menunjukkan bahwa cangkang biji karet mengandung senyawa aktif berupa lignin. Kandungan lignin yang cukup banyak dan pemanfaatan yang kurang optimal menyebabkan cangkang biji cukup potensial untuk diolah menjadi produk biopelet yang memiliki manfaar dan nilai jual yang tinggi. Hal ini akan membuat cangkang buah biji karet menjadi lebih termanfaatkan.

Belum banyak penelitian yang menggunakan kernel biji karet sebagai bahan bakar padat seperti biopelet. Hal ini dikarenakan komposisi minyak yang tinggi pada kernel biji karet menyebabkan kernel biji karet banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Tabel 1. Komposisi Kimia yang Terkandung
dalam Cangkang Buah Biji Karet

Parameter	Satuan	Komposisi Cangkang Biji Karet
Lignin	%	18,74
Selulosa	%	38,11
Hemiselulosa	%	26,09
Kadar air	%	7,39
Kadar abu	%	0,58
Kadar zat Terbang	%	79,64
Kalori	kal/gr	4283,76
Karbon terikat	%	12,39

(Prabawa dan Miyono, 2018)

Tabel 2. Komposisi Kimia yang Terkandung

dalam Kernel Buah Biji Karet

Parameter	Satuan	Komposisi Kimia <u>Kernel Biji Karet</u>
Minyak	%	50,91
Abu	%	2,71
Air	%	3,71
Protein	%	22,17
<u>Karbohidrat</u>	<u>%</u>	<u>24,21</u>

(Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, 2014)

Proses yang digunakan adalah pengempaan pada suhu dan tekanan tinggi, sehingga membentuk produk yang seragam dengan kapasitas produksi tinggi (Patria dkk., 2015). Metode *screw pressing* memanfaatkan putaran dari *double screw press* dan *screw press cage* (Deli dkk., 2011). Tabel 3 menunjukkan standar kualitas biopelet.

Tabel 3. Standar Kualitas Biopelet Berdasarkan SNI 8021:2014

Parameter Uji	Satuan	Standar SNI 8021:2014
Kadar Air	%	Maks. 12
Kadar Abu	%	Maks. 1,5
Kadar Zat Terbang	%	Maks. 80
Kalori	kal/gr	Min. 4000
Karbon Terikat	%	Min. 14

(Prabawa dan Miyono, 2018)

Penelitian membuat biopelet campuran cangkang dan daging biji karet menggunakan alat *screw oil press machine*. Dalam hal ini diharapkan biji karet dapat dimanfaatkan dengan cara diolah menjadi biopelet dengan memvariasikan komposisi bahan, putaran motor dan suhu pemanasan sehingga didapatkan kualitas biopelet yang baik untuk nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

2. METODE

Biji karet yang telah diperkecil ukurannya dimasukkan kedalam *funnel* pada *screw oil press machine*. Selanjutnya, mengatur kondisi operasi yang akan digunakan berupa kecepatan putar ulir dan temperatur pengepresan. Biopelet yang telah terbentuk ditampung di wadah penampung dan dianalisa kualitasnya. Kualitas biopelet ditentukan oleh kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon tertambat, dan nilai kalor. Analisa kualitas minyak kelapa dilakukan berdasarkan SNI 8021-2014.

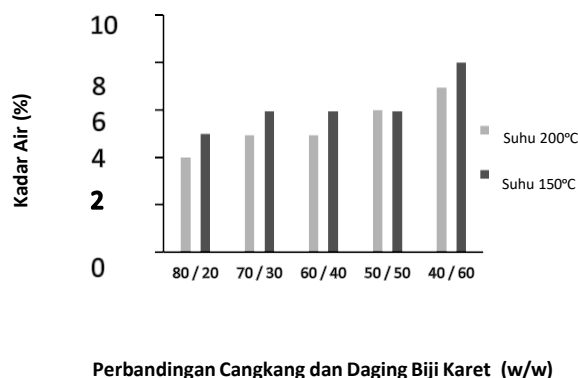
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapat pada penelitian ini diambil secara langsung oleh peneliti dengan melakukan percobaan terhadap *screw oil press machine* sebagai alat pengepresan mekanik tipe ulir. Pada penelitian ini menggunakan bahan baku biji karet yang diambil biopeletnya sebagai produk.

Beberapa pengukuran telah dilakukan untuk mengetahui kualitas biopelet yang dihasilkan pada *screw oil press machine*.

Hubungan Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Kadar Air

Kadar air yang tinggi pada biopelet mengakibatkan nilai kalor biopelet yang rendah dan pembakaran yang kurang efisien (Latief dan Susila, 2015). Berdasarkan hasil penelitian, kadar air yang diperoleh berkisar 4 – 8%.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Biji Karet Terhadap Kadar Air

Kadar air terendah terdapat terdapat di biopelet pada temperatur 200°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 80:20 sebesar 4% dan tertinggi di biopelet pada temperatur 100°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 40:60 sebesar 8%. Kadar air yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas pelet berdasarkan SNI 8021-2014 yakni maksimal 12%.

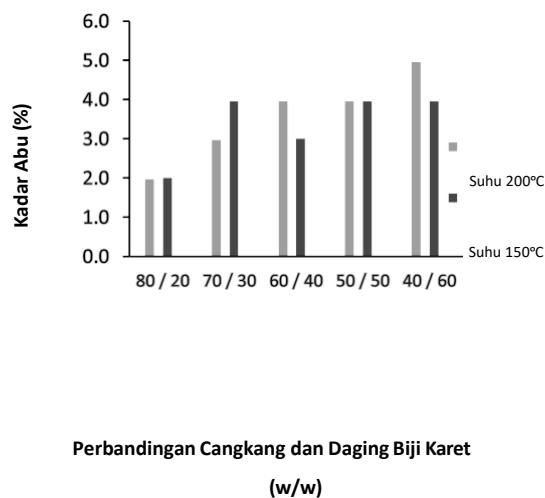
Semakin tinggi temperatur dari rentan 150–200°C menunjukkan penurunan pada kadar air. Hal tersebut dapat dilihat dari gambar 1 yang menunjukkan terjadinya penurunan kadar air dengan semakin besarnya temperatur pemanasan pada proses pembuatan biopelet. Dari grafik dapat dilihat bahwa kadar air terendah pada variasi parameter 200°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 80:20. Menurut Latief dan Susila (2015) hal ini disebabkan karena banyaknya lignin yang mampu dilelehkan akibat temperatur pemanasan yang tinggi sehingga mampu merekatkan struktur biji karet yang menyebabkan pori-pori pada biopelet menjadi kecil sehingga sulit masuknya kandungan air, selain itu juga, transfer panas pada biopelet semakin besar seiring besarnya temperatur pemanasan pada proses pencetakan biopelet pada alat *screw oil press machine*.

Hubungan Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Kadar Abu

Abu yang dihasilkan dari sisa pembakaran tidak bisa terbakar lagi dan

membutuhkan penanganan khusus untuk memanfaatkan abu tersebut. Semakin rendah kadar abu maka biopellet yang dihasilkan semakin baik.

Hasil kadar abu pada biopellet dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Biji Karet Terhadap Kadar Abu

Berdasarkan Gambar 2, kadar abu yang diperoleh berkisar antara 1,9802 - 4,9505%. Hasil pengujian kadar abu dengan variasi temperatur 150°C dan 200°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet masing-masing yaitu 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, dan 40:60 pada biopellet menunjukkan bahwa untuk biopellet dengan temperatur 200°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 40:60 memiliki kadar abu yang paling tinggi yaitu 4,9505%. Sedangkan kadar abu terendah terdapat pada temperatur 200 °C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 80:20 sebesar 1,9802%. Nilai kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan berdasarkan SNI 8021:2014 yaitu $\leq 1,5\%$.

Kadar abu dipengaruhi oleh jenis dan kualitas bahan baku yang digunakan di mana jumlah mineral setiap jenis bahan baku berbeda. Cangkang biji karet merupakan bahan baku yang banyak mengandung zat ekstraktif, sehingga kandungan mineral-mineral dalam abu cukup tinggi seperti kalsium dan lainnya, sehingga pada proses pembakaran biopellet tersebut banyak meninggalkan abu sebagai sisa pembakaran. Kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalori suatu biopellet. Hal ini akan berpengaruh pada panas pembakaran yang dihasilkan semakin rendah karena adanya penumpukan abu yang tidak terbakar (Nilasari, 2012).

Hubungan Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Zat Terbang

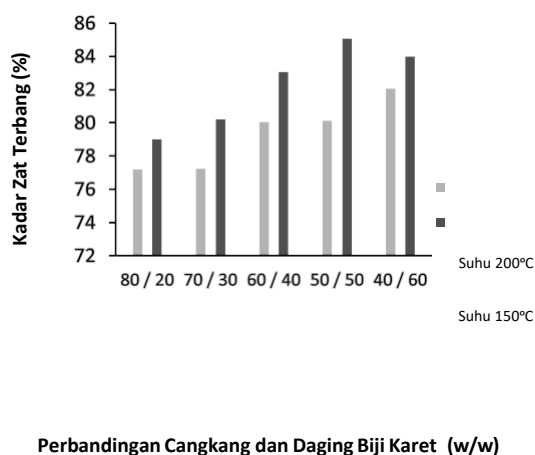
Kadar zat terbang akan mempengaruhi kecepatan pembakaran, waktu pembakaran dan asap yang ditimbulkan selama pembakaran. Kadar zat terbang yang tinggi pada bahan bakar akan mengakibatkan efisiensi pada pembakaran bahan bakar akan menurun dan

menimbulkan asap yang selama pembakaran. Semakin rendah kadar zat terbang pada bahan bakar maka efisiensi pada pembakaran bahan bakar akan meningkat dan semakin sedikit pula asap yang ditimbulkan selama pembakaran.

Selain itu, tidak adanya proses karbonisasi. Hal ini dikarenakan tidak terdapat oksigen dalam proses karbonisasi yang dapat menyebabkan hilangnya komponen zat terbang dari bahan dan karbon tetap tertinggal dalam bahan (Latief dan Susila, 2015).

Hubungan Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Kadar Karbon Tetap (*Fixed Carbon*)

Kadar karbon (*fixed carbon*) mempunyai peranan penting untuk menentukan kualitas bahan bakar karena akan mempengaruhi besarnya nilai kalor. Semakin tinggi kandungan kadar karbon terikat dalam bahan bakar, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan sedangkan kadar karbon terikat yang rendah akan menunjukkan kualitas bahan bakar yang kurang baik atau memiliki nilai kalor yang rendah (Latief dan Susila, 2015).



Gambar 3. Grafik Pengaruh Temperatur Dan Komposisi Biji Karet terhadap Kadar Zat Terbang

Berdasarkan hasil penelitian, kadar zat terbang yang diperoleh berkisar antara 77,1881 - 85,0594%. Kadar zat terbang paling tinggi terdapat pada biopellet dengan variasi temperatur 100°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 50:50 sebesar 85,0594% dan terendah terdapat pada biopellet dengan variasi temperatur 200°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 80:20 sebesar 77,1881%. Dikutip dari jurnalnya, Patria dkk (2015) menuliskan bahwa semakin besar temperatur pemanasan biopellet semakin kecil kandungan zat terbangnya, hal ini disebabkan karena proses pemanasan pada temperatur yang tinggi menyebabkan berkurangnya kandungan zat terbangnya, dikarenakan zat terbang hanya mampu dihilangkan pada temperatur tinggi. Kadar zat terbang pada seluruh sampel biopellet telah memenuhi standar SNI 8021:2014, yang mensyaratkan nilai kadar zat terbang maksimal 80%.



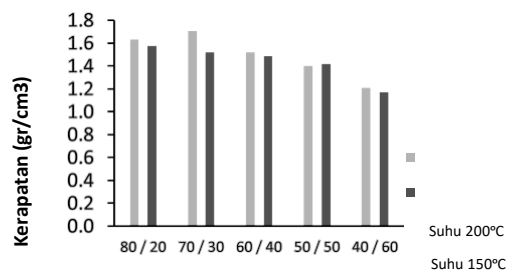
Perbandingan Cangkang dan Daging Biji Karet (w/w)

Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Kadar Karbon Tetap

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa kadar karbon tetap tertinggi terdapat pada biopelet dengan temperatur 200°C dengan rasio cangkang dan daging biji karet sebesar 16,8317%. Berdasarkan tulisan Patria dkk (2015), semakin tinggi suhu pemanasan maka kadar karbon tetap akan semakin besar. Hal ini dapat disebabkan karena ketika bahan baku diproses pada suhu yang tinggi (200°C) maka volatile matter dan kadar air akan berkurang, sehingga dengan semakin tingginya suhu pemanasan maka kandungan volatile matter dan kadar air dalam biopelet juga akan semakin banyak berkurang, dan menyebabkan kadar karbon padat yang terdapat di dalam biopelet akan semakin banyak.

Hubungan Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Kerapatan (Densitas)

Nilai bakar dari bahan bakar padat itu ditentukan oleh kerapatan yang ada didalam bahan bakar padat. Kerapatan merupakan suatu besaran turunan yang digunakan untuk melambangkan perbandingan antara massa benda dengan volume dari suatu benda (Latief dan Susila, 2015). Gambar 5 menunjukkan pengaruh temperatur dan komposisi biji karet terhadap kerapatan (densitas).



Perbandingan Cangkang dan Daging Biji Karet (w/w)

Gambar 5. Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Biji Karet Terhadap Kerapatan

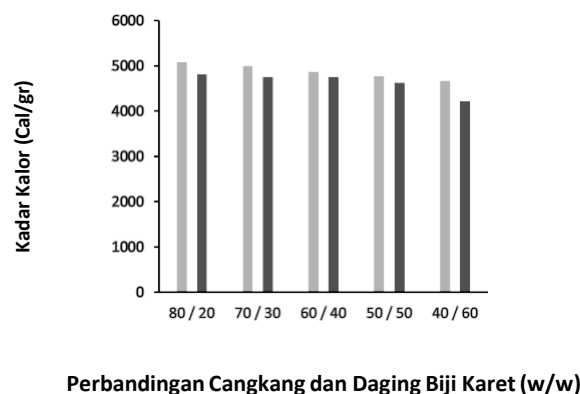
Berdasarkan hasil penelitian, kerapatan biopelet yang diperoleh berkisar antara

1,1704 - 1,7038gr/cm³. Kerapatan yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar kerapatan biopellet berdasarkan SNI 8021-2014 sebesar $\geq 0,8\%$. Kerapatan sangat mempengaruhi dalam proses pendistribusian biopellet, dimana semakin rapat biopellet yang dihasilkan maka semakin mudah dalam pendistribusian biopellet dikarenakan kerapatan yang tinggi menghasilkan struktur biopellet yang kokoh dan juga kompak (Selpiana, 2014)

Hubungan Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas bahan bakar yang dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu dan kadar karbon terikat.

Kadar air yang tinggi menurunkan nilai kalor sehingga akan mengurangi efisiensi konversi dan kinerja karena sejumlah energi akan digunakan untuk menguapkan air tersebut. Hal ini akan menyebabkan terjadinya kehilangan kalor atau panas untuk mendorong reaksi pembakaran, sehingga suhu pembakaran menjadi lebih rendah (Prabawa, 2018).



Gambar 6. Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Biji Karet terhadap Nilai Kalor

Berdasarkan hasil penelitian, nilai kalor biopellet yang diperoleh berkisar antara 4.218,9294 sampai 5.083,4919 kal/gr. Nilai kalor yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas pelet berdasarkan SNI 8021-2014.

Nilai kalor berpengaruh terhadap temperatur pemanasan. Semakin besarnya temperatur menyebabkan terjadi kenaikan nilai kalor karena kadar air, abu dan zat

terbangnya menurun. Berdasarkan hasil analisis terhadap nilai kalor menunjukkan bahwa parameter temperatur dan komposisi biji karet berpengaruh secara nyata terhadap nilai kalor pada biopelet (Haryanti dkk, 2018). Variasi temperatur 200°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 80:20 merupakan kondisi yang paling optimum karena dapat menghasilkan nilai kalor yang paling tinggi yaitu sebesar 5.083,4919 kal/gr sedangkan biopelet dengan variasi parameter temperatur 150°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 40:60 menghasilkan nilai kalor terendah sebesar 4.218,9294 kal/gr, namun secara teori nilai kalor dari biopelet yang dihasilkan, semuanya memiliki nilai kalor sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) yakni sebesar ≥ 4.000 kal/gr, sehingga dapat disimpulkan bahwa biopelet yang dihasilkan layak untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan serta telah dilakukan pengambilan data, maka dapat disimpulkan:

1. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa kondisi optimum untuk mendapatkan kualitas biopelet terbaik yaitu pada temperatur 200°C dengan rasio campuran cangkang dan daging biji karet 80:20.
2. Biopelet pada kondisi optimum telah memenuhi standar SNI 8021-2014 pada beberapa analisa berupa kadar air sebesar 4,00%, kadar zat terbang 77,1881%, kadar karbon tetap 16,8317%, kerapatan 1,6322 gr/cm³, dan nilai kalor 5.083,4919 kal/gr. Akan tetapi, kadar abu yang dihasilkan tidak sesuai standar (melebihi batas maksimum) yakni sebesar 1,9802%.

Untuk meningkatkan kinerja alat dan memperbaiki kelemahan yang ada, perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap alat tersebut saat melakukan pencetakan biopelet. Untuk memaksimalkan penelitian biopelet dengan metode pengepresan berulir (*screw pressing*) maka diperlukan penelitian lanjutan yang mampu menjadi alternatif bagi permasalahan ditengah masyarakat. Disarankan untuk membuat perbandingan bahan biopelet dengan persentase campuran daging biji karet lebih rendah untuk mengetahui apakah hasil yang didapatkan bisa lebih baik sehingga mampu menghasilkan biopelet berkualitas baik sesuai standar SNI 8021-2014. Perlunya dilakukan perawatan pada alat agar dapat bekerja lebih baik lagi.

DAFTAR REFERENSI

- Anindhita.** (2018). *Outlook energi Indonesia*. Tangerang Selatan: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE).

- Astawan, I. K., Agustina, L., & Susi.** (2018). Pemanfaatan cangkang biji karet (*Hevea brasiliensis*) dan cangkang kemiri (*Aleurites moluccana*) sebagai bahan baku biobriket. *Zira'ah*, 43(2), 111–122. DOI: 10.31602/zmip.v43i2.1276
- Badan Standarisasi Nasional.** (2014). *Pelet kayu* (SNI 8021:2014). Jakarta: BSN.
- Buana, A. L., & Susila, I. W.** (2015). Pemanfaatan bungkil dan kulit biji karet sebagai bahan bakar alternatif biobriket dengan perekat tetes tebu. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*, 3(3), 7–15.
- Deli, Masturah F., Aris, T., & Nadiyah, W.** (2011). The effect of physical parameters of the screw press oil expeller on oil yield from *Nigella sativa* L. seeds. *International Food Research Journal*, 18(4), 1367–1373.
- Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L.** (1996). *Hasil hutan dan ilmu kayu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haryanti, N. H., Noor, R., & Aprilia, D.** (2018). Karakteristik dan uji emisi briket campuran cangkang biji karet dan abu dasar batubara. ISBN 978-602-6483-63-8.
- Hendaryati, D. D., & Arianto, Y.** (2017). *Statistik perkebunan Indonesia*. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Kong, G. T.** (2010). *Peran biomassa bagi energi terbarukan*. Jakarta: PT Alex Media Komputindo.
- Latief, A., & Susila, I. W.** (2015). Pemanfaatan bungkil dan kulit biji karet sebagai bahan bakar alternatif biobriket dengan perekat tetes tebu. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*, 3(3), 7–15.
- Luftinor.** (2014). Penggunaan lilin dari minyak biji karet untuk pembuatan kain batik. *Jurnal Dinamika Penelitian*, 125–132.
- Nilasari, U. R.** (2012). *Pra rancang bangun briket cangkang biji karet dengan kapasitas 8.900 ton/tahun* [Skripsi, Universitas ...].
- Pari, G.** (2002). *Teknologi alternatif pemanfaatan limbah industri pengolahan kayu*. Bogor: Fakultas Sains, Institut Pertanian Bogor.
- Patria, D. R., Putra, R. P., & Melwita, E.** (2015). Pembuatan biobriket dari campuran tempurung dan cangkang biji karet dengan batubara peringkat rendah. *Jurnal Teknik Kimia*.
- PFI (Pellet Fuel Institute).** (2007). *Pellets: Industry specifics*.
- Prabawa, I. D., & Miyono.** (2018). Mutu biopellet dari campuran cangkang buah karet dan bambu ater (*Gigantochloa atter*). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 9(2), 99–110. DOI: 10.24111/jrihh.v9i2.3524
- Selpiana, S., Sugianto, A., & Ferdian, F.** (2014). Pengaruh temperatur dan komposisi pada pembuatan biobriket dari cangkang biji karet dan plastik polietilen. *Seminar Nasional Added Value of Energy Resources (AVoER)*.
- Siahaan, S., Setyaningsih, D. H., & Haryadi.** (2011). Potensi pemanfaatan biji karet sebagai sumber energi alternatif biokerosin. *Jurnal Program Studi Pengelolaan dan Sumber Daya*.