

PENGARUH TEMPERATUR PENDINGINAN SERTA DIMENSI BIOBRIKET TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KUALITAS DAN KELAYAKAN EKONOMINYA

Indah Mayangsari Putri Setiawan¹, Efri Mardawati¹, Desy Nurliasari¹

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran

Email: Indah18006@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Biobriket tempurung kelapa perlu dijamin kualitasnya serta ditentukan kelayakan ekonominya sesuai dengan standar agar dapat dipasarkan. Kualitas biobriket dapat ditentukan berdasarkan kadar air dan keretakan produk yang nilainya dipengaruhi oleh proses pendinginan. Proses pendinginan dipengaruhi oleh beberapa faktor kondisi (proses) yang meliputi temperatur pendinginan dan dimensi biobriket yang dikeringkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pendinginan dan dimensi biobriket tempurung kelapa terhadap karakteristik mekanik berupa keretakan dan kadar airnya, serta menentukan kelayakan ekonomi produk biobriket. Rancangan acak lengkap digunakan dalam penelitian ini dengan memperhatikan dua faktor pengaruh yang meliputi temperatur pendinginan (75°C, 100°C, 125°C) dan dimensi biobriket C15 (25 mm x 25 mm x 15 mm) serta C25 (25 mm x 25 mm x 25 mm). Perbedaan temperatur pendinginan dan dimensi biobriket memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air dan tingkat keretakan produk. Hasil analisis menunjukkan temperatur pendinginan dan dimensi biobriket yang menghasilkan tingkat kadar air dan keretakan memenuhi standar yaitu 75°C untuk C15 dan 100°C untuk C25. Pada analisis kelayakan ekonomi produksi biobriket tempurung kelapa yaitu NPV, IRR, PP, BEP, dan BCR memenuhi standar sehingga usaha pada bidang ini dianggap layak atau memenuhi seluruh ketentuan yang ada.

Kata kunci—biobriket; kadar air; keretakan; tempurung kelapa

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber energi melimpah yang dapat dimanfaatkan. Sumber energi di Indonesia masih mengandalkan bahan bakar fosil atau minyak bumi yang bersifat tidak dapat diperbaharui, sehingga dibutuhkannya sumber energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (Kholiq, 2015). Bioenergi merupakan salah satu energi terbarukan yang bersumber dari biomassa (nabati, hewani, hasil perkebunan, hasil pertanian, limbah industri dan limbah hewan) (Yokoyama, 2008). Salah satu produk bioenergi yang bisa dikembangkan yaitu biobriket. Biobriket adalah bahan bakar padat yang berasal dari sisa bahan organik dan telah melalui proses pemampatan (Ngatirah, 2019; Pradana & Bunyamin, 2021). Tempurung kelapa merupakan bahan baku potensial pembuatan biobriket dikarenakan kandungan karbon yang dimilikinya cukup tinggi (Siahaan dkk., 2013).

Proses produksi biobriket tempurung kelapa dimulai dari pengumpulan bahan baku yang merupakan tempurung kelapa tua karena biasanya mengandung kadar air yang lebih sedikit (Koto dkk., 2019). Proses selanjutnya yaitu proses karbonisasi merupakan proses pemanasan pada temperatur tertentu (biasanya dibawah 800°C) dalam jumlah oksigen yang terbatas untuk membentuk arang (Manocha, 2003). Proses ketiga yaitu pemisahan bahan baku dari kotoran yang masih menempel. Proses keempat yaitu pengecilan ukuran. Biasanya pengecilan ukuran dilakukan sampai menjadi berbentuk bubuk atau ukuran partikel sekitar 8 sampai 120 mesh. Proses kelima yaitu pencampuran bahan serbuk arang tempurung kelapa dengan air dan perekat berupa tapioka. Tepung tapioka yang digunakan sebanyak 7% dari total serbuk arang tempurung kelapa. Penggunaan perekat tapioka sebanyak 7% dikarenakan memiliki nilai kalor lebih banyak, tingkat keretakan lebih sedikit, dan daya tahan lebih kuat dibanding 5% dan 9% (Amin, 2017). Proses keenam yaitu proses pencetakan, pada proses ini biobriket dicetak sesuai dengan keinginan. Bentuk biobriket *cube* menghasilkan kualitas penyalaan dan laju pembakaran yang lebih baik daripada bentuk segitiga atau silinder sehingga bentuk ini lebih banyak diminati (Taufik, 2015). Ukuran biobriket yang biasa digunakan yaitu 25 mm x 25 mm x 25 mm karena bentuk tersebut paling banyak diminati oleh pelanggan biobriket (Lukita & Al-Faritsy, 2020). Proses akhir yaitu proses pendinginan yang menjadi fokus utama pada penelitian ini.

Proses pengeringan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti temperatur pengeringan, waktu pengeringan, jenis bahan, kondisi bahan dan dimensi bahan (Huriawati dkk., 2016). Proses pengeringan yg mencakup temperatur pengeringan dan dimensi bahan berpengaruh terhadap kualitas biobriket, terutama pada karakteristik mekanik seperti keretakan dan kadar air produk. Menurut penelitian Suharto & Sutanahaji (2018) semakin tinggi temperatur pengeringan maka kadar air yang dihasilkan semakin rendah, begitu juga sebaliknya semakin rendah temperatur pengeringan maka kadar air yang dihasilkan semakin tinggi. Semakin rendah kadar air maka semakin tinggi nilai kalor dan daya pembakarannya (Sumangat & Broto, 2009). Temperatur pengeringan akan berpengaruh juga terhadap karakteristik mekanik biobriket berupa keretakan atau kehancuran produk biobriket (Nawawi, 2017). Menurut Denis (2013) peningkatan temperatur pengeringan tidak hanya meningkatkan kekuatan mekanik tetapi juga meningkatkan ketahanan biobriket terhadap benturan. Namun, berdasarkan penelitian Nawawi (2017) temperatur pengeringan yang terlalu tinggi juga akan menyebabkan pengabuan pada biobriket tersebut sehingga keretakan atau kehancuran akan terjadi semakin banyak.

Biobriket tempurung kelapa sedang banyak diminati oleh para pengusaha saat ini, untuk mengetahui apakah usaha tersebut berpotensi atau tidak maka perlu dilakukan analisis kelayakan ekonomi. Analisis kelayakan ekonomi akan memberikan gambaran seberapa besar manfaat ekonomi yang dapat diterima dari suatu kegiatan usaha (Wahyudin & Lesmana, 2016). Faktor-faktor yang menentukan kelayakan ekonomi menurut M. Giatman (2017), Lumintang (2013), dan Giatman (2006) terdiri dari *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR), *payback period* (PP), *break even point* (BEP) serta *benefit cost ratio* (BCR). Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh temperatur pengeringan dan dimensi biobriket terhadap karakteristik mekanik berupa keretakan dan kadar airnya serta mengetahui kelayakan ekonomi produk biobriket.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan penguap, eksikator, kompor listrik, oven listrik, plat besi, tang penjepit, dan timbangan analitik.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biobriket tempurung kelapa dengan dimensi C15 (25 mm x 25 mm x 15 mm) dan C25 (25 mm x 25 mm x 25 mm). Bahan tersebut diperoleh dari PT Tom Cococha Indonesia (PT TCI) yang merupakan tempat penelitian ini dilaksanakan serta kedua bahan tersebut merupakan biobriket yang sudah memasuki tahap pencetakan, namun belum memasuki tahap pengeringan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua perlakuan yaitu temperatur pengeringan dan dimensi biobriket dengan tiga kali ulangan. Temperatur pengeringan yang digunakan yaitu (75°C, 100°C, 125°C) dan dimensi biobriket yang digunakan yaitu C15 serta C25. Data kadar air diolah menggunakan analisis sidik ragam Anova (*Analysis of variance*) dengan tingkat kepercayaan 95% selanjutnya dilakukan uji lanjutan dengan metode *Least Significance Different* (LSD) pada tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui tingkat perbedaan antar masing-masing perlakuan. Data keretakan diolah menggunakan analisis deskriptif dengan melakukan perbandingan pada standar biobriket.

C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahapan yaitu persiapan bahan baku berupa biobriket, pengeringan menggunakan oven dengan tiga perlakuan temperatur (75°C, 100°C, 125°C) dan tahapan pengujian kualitas yaitu kadar air, keretakan, serta kelayakan ekonomi.

D. Kriteria Pengamatan

1. Prosedur Analisis Kadar Air

Penelitian ini menggunakan uji kadar air basis basah dengan menggunakan metode gravimetri yang mengacu pada SNI 06-3730-1995. Pengujian dilakukan secara triplo (tiga kali). Nilai kadar air biobriket maksimal menurut SNI (SNI 01-6235-2000) yaitu 8%. Prosedur analisis kadar air dimulai

dari penimbangan biobriket hasil pengeringan (A). Lalu biobriket dimasukkan ke dalam cawan penguap dan ditimbang bobotnya (B). Selanjutnya sampel tersebut dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Setelah pengeringan sampel tersebut dimasukkan ke dalam eksikator selama 30 menit. Sampel akhir berupa cawan penguap dan biobriket ditimbang bobotnya (C). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$K_A = \frac{B - C}{A} \quad (1)$$

2. Prosedur Analisis Keretakan

Pengujian keretakan dilakukan dengan menggunakan uji *drop test* yang mengacu pada modifikasi metode ASTM D 440-86 R02. Standar retak/hancur pada biobriket yaitu bernilai maksimal 1% berdasarkan ASTM D 440-86 R02 serta maksimal 0/3 berdasarkan standar di pasaran seperti PT TCI. Prosedur uji keretakan dimulai dari pembakaran sempurna biobriket pada kompor. Setelah itu biobriket dijatuhkan dari ketinggian 1,8 meter sebanyak 3x untuk setiap sampel. Biobriket yang pecah akan dihitung mengalami keretakan.

3. Prosedur Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi pada penelitian ini menggunakan metode yang mengacu pada (Kastaman, 2014). Analisis kelayakan ekonomi pada penelitian ini meliputi analisis NPV (*net present value*), IRR (*internal rate of return*), PP (*payback period*), BEP (*break even point*), dan BCR (*benefit cost ratio*). Adapun perhitungan rumusnya yaitu sebagai berikut :

a. NPV

$$NPV = P \text{ penerimaan} - P \text{ pengeluaran} \quad (2)$$

atau

$$NPV = \sum_{t=1}^t \frac{Ct}{(1+r)^t} - C_0 \quad (3)$$

dimana:

Ct = Arus kas masuk per tahun pada periode t (Rp)

C₀ = Nilai investasi awal pada tahun ke 0 (Rp)

r = tingkat suku bunga (%)

t = umur ekonomi proyek

b. IRR

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} [i_2 - i_1] \quad (4)$$

dimana:

NPV₁ = *Net Present Value* dengan tingkat suku bunga 1

NPV₂ = *Net Present Value* dengan tingkat suku bunga 2

i₁ = tingkat suku bunga 1 (%)

i₂ = tingkat suku bunga 2 (%)

c. PP

$$PP = \frac{\text{cost}}{\text{benefit}} \quad (5)$$

dimana:

Cost = biaya (Rp)

Benefit = keuntungan (Rp/tahun)

d. BEP

$$BEP_{Unit} = \frac{BT}{HJP - BV} \quad (6)$$

$$BEP_{Rupiah} = \frac{BT}{1 - (BV/BEP_{Unit})} \quad (7)$$

dimana:

BEP_{Unit} = Titik Impas Unit

BEP_{Rupiah} = Titik Impas Rupiah

BT = Biaya Tetap

HJP = Harga Jual Produk

BV = Biaya Variabel

e. BCR

$$B/C_{Ratio} = \frac{P_{In}}{P_{Out}} \quad (8)$$

dimana:

B/C_{Ratio} = Rasio Manfaat-Biaya

P_{In} = Nilai Pendapatan

P_{Out} = Nilai Pengeluaran

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kadar Air

Pada penelitian ini faktor temperatur pengeringan, dimensi dan interaksi diantara keduanya menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap kadar air yang dihasilkan. Kandungan kadar air terendah biobriket tempurung kelapa pada C15 dengan temperatur 125°C yang menghasilkan nilai kadar air sebesar 1,88%. Kadar air tertinggi biobriket tempurung kelapa pada C25 dengan temperatur 75°C yang menghasilkan nilai kadar air sebesar 3,44%. Nilai rata-rata kadar air biobriket tempurung kelapa dengan variasi dimensi dan temperatur pengeringan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Air Biobriket Tempurung Kelapa

Temperatur (°C)	Kadar Air (% w/b)	
	Dimensi	
	C15	C25
75	2,66±0,05d	3,44±0,05f
100	2,23±0,03b	2,97±0,03e
125	1,88±0,05a	2,36±0,02c

Ket. Notasi huruf yang berbeda-beda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara masing-masing faktor temperatur pengeringan, dimensi dan interaksi diantara keduanya

Kadar air yang dihasilkan semakin rendah dikarenakan adanya peningkatan temperatur pengeringan. Hal tersebut terjadi karena semakin panas temperatur yang digunakan, kadar air yang terangkat dari dalam bahan dan diupkan juga semakin banyak karena kalor yang diserap lebih tinggi. (Suharto & Sutanahaji, 2018). Sesuai dengan penelitian serupa yang dilakukan oleh Anitesia dkk. (2015) bahwa semakin tinggi temperatur pengeringan maka kadar air yang dihasilkan juga semakin rendah.

Pada Tabel 1 juga terlihat bahwa adanya pengaruh perbedaan dimensi biobriket dalam proses pengeringan terhadap kadar air yang dihasilkan. Ukuran C25 atau ukuran yang lebih besar cenderung menghasilkan kadar air yang lebih tinggi dibanding dengan C15 yang ukurannya lebih kecil. Hal tersebut terjadi karena luas permukaan pada bahan akan mempengaruhi kadar air pada proses pengeringan (Ummah dkk., 2018). Semakin tebal bahan pada proses pengeringan, transfer massa dan panas pada bahan akan semakin sulit sehingga proses pengeringan akan berlangsung semakin lama (Djaeni, 2012).

Kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini sesuai dengan aturan SNI 01-6235-2000 yaitu dibawah 8%. Kadar air pada penelitian ini kemudian dibandingkan dengan beberapa penelitian sejenis. Pada penelitian Shadewa dan Pratama (2018) dihasilkan kadar air sebesar 6,27% dengan temperatur pengeringan 110 °C selama 30 menit. Pada penelitian Amin (2017) pengeringan biobriket menghasilkan kualitas terbaik pada temperatur 100°C selama 2 jam yang menghasilkan kadar air sebesar 3.23%. Didapat bahwa kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian sejenis, sehingga metode pengeringan dengan menggunakan oven dalam waktu 3 jam dengan suhu 125°C dinyatakan efektif dalam pengurangan kadar air.

B. Analisis Keretakan

Hasil analisis keretakan dapat dilihat pada Tabel 2, berdasarkan tabel tersebut didapat bahwa keretakan biobriket terendah untuk C15 yaitu pada temperatur 75°C dan untuk C25 yaitu pada temperatur 100°C. Semakin kecil dimensi biobriket maka temperatur pengeringan yang tepat akan semakin kecil dan semakin besar dimensi biobriket maka temperatur pengeringan yang tepat akan semakin besar. Tingkat keretakan biobriket tertinggi untuk C15 yaitu pada temperatur 125°C dan untuk C25 yaitu pada temperatur 125°C.

Tabel 2. Hasil Analisis Keretakan Biobriket Tempurung Kelapa

Temperatur (°C)	Keretakan	
	Dimensi	
	C15	C25
75	0/3	1/3
100	1/3	0/3
125	2/3	2/3

Peningkatan temperatur pengeringan tidak hanya meningkatkan kekuatan mekanik tetapi juga meningkatkan ketahanan biobriket terhadap benturan (Denis, 2013). Biobriket dengan kadar air yang tinggi akan menyebabkan keretakan dan disintegritasi (Singh, 2004). Semakin lama pengeringan dan temperatur pengeringan yang tepat mengakibatkan kandungan air di dalam biobriket akan semakin berkurang sehingga kekuatan mekanik biobriket akan semakin baik. Disisi lain temperatur yang terlalu tinggi dan pengeringan yang terlalu lama juga dapat berakibat biobriket akan menjadi rapuh dan mudah mengalami keretakan (Nawawi, 2017). Namun, temperatur pengeringan yang rendah juga ada kalanya menyebabkan keretakan dikarenakan biobriket tersebut belum kering sempurna. Oleh karena itu, tidak ada jaminan temperatur yang tinggi atau temperatur yang rendah akan menghasilkan kualitas yang baik bagi semua biobriket, hal tersebut bergantung pada dimensi biobriket itu sendiri (Nawawi, 2017).

Tingkat keretakan pada penelitian ini memenuhi standar di pasaran atau di PT TCI yaitu 0/3 atau tidak adanya biobriket yang pecah dalam 3 sampel ulangan. Berdasarkan standar pasaran, pada penelitian ini kedua dimensi menghasilkan tingkat keretakan yang sama yaitu 0/3 namun suhu pengeringan yang tepatnya berbeda yaitu 75°C untuk *cube* (25 mm x 25 mm x 15 mm) dan 100°C untuk *cube* (25 mm x 25 mm x 25 mm). Perbedaan suhu pengeringan yang tepatnya dengan tingkat keretakan yang sama itu dipengaruhi oleh dimensi yang berbeda, semakin besar dimensi biobriket yang digunakan maka suhu pengeringan tepatnya pun semakin tinggi. Tingkat keretakan pada penelitian ini kemudian dibandingkan dengan beberapa penelitian sejenis. Pada penelitian Admaja (2019) menghasilkan tingkat keretakan terbaik yaitu 0,09%. Nilai tersebut telah memenuhi standar ASTM D 440-86 R02 yaitu partikel yang hilang tidak lebih dari 1%. Sedangkan pada penelitian Gandhi (2009) menghasilkan tingkat keretakan 3,8% sehingga tidak memenuhi standar ASTM D 440-86 R02. Didapat bahwa pada penelitian ini dan penelitian Admaja (2019) sudah memenuhi standar keretakan biobriket sedangkan pada penelitian Gandhi (2009) belum memenuhi standar keretakan biobriket.

C. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi dihitung menggunakan metode NPV, IRR, PP dan BCR. Pada Tabel 3 tertera kesimpulan hasil analisis kelayakan ekonomi untuk usaha biobriket tempurung kelapa.

Tabel 3. Hasil Analisis Kelayakan Ekonomi untuk Usaha Biobriket Tempurung Kelapa

Faktor Kelayakan	Nilai	Syarat Kelayakan	Keterangan
NPV	Rp576.290.509,65	>0 (Positif)	Layak
IRR	25,2731%	>3,5% (> i_1)	Layak
PP	2,67 tahun	Kurang dari umur proyek (5 Tahun)	Layak
BCR	1,688	>1	Layak

1. NPV (*Net Present Value*)

Usaha biobriket tempurung kelapa dinyatakan layak dikarenakan memenuhi kriteria investasi berupa NPV bernilai positif ($NPV > 0$). Nilai NPV menunjukkan tingkat keuntungan dalam menjalankan usaha biobriket tempurung kelapa jika usaha tersebut berjalan selama 5 tahun yang dihitung menggunakan nilai sekarang dan tingkat suku bunga yang berlaku sekarang. Hasil perhitungan NPV dengan tingkat suku bunga 3,5% menghasilkan NPV sebesar Rp576.290.509,65. Nilai itu menunjukkan nilai NPV positif sehingga disimpulkan bahwa usaha biobriket tempurung kelapa layak untuk dikembangkan

2. IRR (*Internal Rate of Return*)

Usaha biobriket tempurung kelapa dinyatakan layak dikarenakan IRR 25,2731% yang berarti lebih tinggi daripada tingkat suku bunga yang berlaku sebesar 3.5%. Nilai IRR menunjukkan nilai tingkat suku bunga di saat $NPV = 0$, artinya kondisi usaha tidak untung dan juga tidak merugi. Perhitungan IRR biobriket tempurung kelapa ini dilakukan secara manual melalui percobaan pada berbagai tingkat suku bunga hingga menghasilkan NPV sebesar nol atau negatif. Artinya sampai tingkat suku bunga 25,2731% ($NPV = 0$), usaha biobriket tempurung kelapa masih layak. Nilai $IRR > i_1$ (suku bunga yang berlaku) menunjukkan bahwa menginvestasikan modal untuk biobriket tempurung kelapa lebih menguntungkan daripada mendepositokan ke bank, dengan ketentuan usaha biobriket tempurung kelapa ini dikelola dengan semaksimal mungkin.

3. PP (*Payback Period*)

Perhitungan payback period untuk usaha biobriket tempurung kelapa diketahui bahwa jangka waktu pengembalian modal investasi usaha biobriket tempurung kelapa adalah 2 tahun 7 bulan. Hasil ini menunjukkan bahwa pada tingkat suku bunga 3.5%, usaha biobriket tempurung kelapa ini masih layak untuk dikembangkan karena payback periodnya tidak melebihi umur proyek yaitu 5 tahun.

4. BCR (*Benefit Cost Ratio*)

Pada tingkat suku bunga 3,5% perbulan, usaha biobriket tempurung kelapa layak untuk dikembangkan lebih lanjut dikarenakan memiliki nilai $BCR > 1$ yaitu sebesar 1,688. Nilai tersebut mengartikan bahwa setiap Rp. 1,00 investasi yang dikeluarkan oleh pengusaha biobriket dapat menambah keuntungan sebesar Rp. 1,688. Semakin besar nilai BCR maka suatu usaha akan semakin menguntungkan.

5. BEP (*Break Even Point*)

BEP unit atau titik impas dari usaha ini yaitu saat penjualan produk mencapai sekitar 853.040 kg sedangkan BEP rupiah atau total pendapatan kotor yang didapat saat mencapai titik impas yaitu sekitar Rp856.965.566. Nilai-nilai tersebut adalah nilai yang diperlukan untuk mencapai titik impas dimana tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.

KESIMPULAN

Temperatur pengeringan, dimensi biobriket, dan interaksi kedua faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap tingkat kadar air produk yang dihasilkan. Temperatur pengeringan dan dimensi biobriket berpengaruh terhadap tingkat keretakan produk yang dihasilkan berdasarkan analisis deskriptif. Tingkat kadar air dan keretakan yang paling mendekati SNI 01-6235-2000 yaitu C15 di temperatur 75°C dan pada C25 di temperatur 100°C. Berdasarkan analisis kelayakan ekonomi

produksi biobriket tempurung kelapa yaitu NPV, IRR, PP, BEP, dan BCR memenuhi standar sehingga usaha pada bidang ini dianggap layak atau memenuhi seluruh ketentuan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Admaja, F. W. (2019). Analisa Pengaruh Campuran Buah Pinus Dan Tinja Kambing dengan Perekat Tetes Tebu terhadap Karakteristik Biobriket. *Doctoral Dissertation*, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Amin, A. Z. (2017). Pengaruh Variasi Jumlah Perekat Tepung Tapioka terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa. *Doctoral Dissertation*, Universitas Negeri Semarang.
- ASTM D 440-86 R02. (2002). Standard Test Method of Drop Shatter Test for Coal. *ASTM International*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). Standar Nasional Briket Arang Kayu Indonesia 01-6235-2000. Dewan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Denis, V. (2013). Production of Water-Resistant Briquettes from a Mixture of an Imported Bituminous Coal and a Turkish Lignite with Copolymer Binder. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. 33: 26-35.
- Gandhi, B.A. (2009). *Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung*. Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang.
- Giatman, M. (2006). *Ekonomi Teknik*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta. 2006
- Huriawati, F., Yuhanna, W. L., & Mayasari, T. (2016). Pengaruh Metode Pengeringan terhadap Kualitas Serbuk Seresah Enhalus Acoroides dari Pantai Tawang Pacitan. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 2(1), 35-43.
- Kholiq, I. (2015). Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal Iptek*, 19(2), 75-91.
- Koto, Indra. dkk. (2019). *Bioarang Organik Energi Alternatif*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Lukita, D. S. A., & Al-Faritsy, A. Z. (2020). Usulan Perbaikan Proses Produksi Briket Dengan Pendekatan Lean Six Sigma Studi Kasus Pada Cv Danagung. Jisi: *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(1), 13-20.
- Lumintang, F.M., (2013). Analisis Pendapatan Petani Padi di Desa Teep Kecamatan Langowan Timur. *Jurnal EMBA*. 1 (3): 991 – 998.
- M. Giatman. (2017). *Ekonomi Teknik*. Jakarta. Rajawali Pers.
- Manocha, Stash M. (2003). Porosus Carbon. Department of Materials Science, Standar Patel Universtiy, India. *Sadhana*, Vol. 28 (1 dan 2), pp 335-348
- Nawawi, M. A. (2017). Pengaruh Temperatur Dan Lama Pengeringan terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa. *Doctoral Dissertation*, Universitas Negeri Semarang.
- Ngatirah. (2019). *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit*. Yogyakarta: Instiper Press.
- Pradana, W., & Bunyamin, A. (2021). Pemanfaatan Kayu Kaliandra Dan Limbah Teh Sebagai Bahan Baku Biobriket. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 25(1), 114-119.
- Shadewa, D., & Pratama, A. A. (2018). Pengaruh Komposisi Bahan Dasar Dan Variasi Jenis Perekat Terhadap Nilai Kalor, Kadar Air, Kadar Abu Pada Briket Campuran Sekam Padi Dan Tempurung Kelapa. *Doctoral Dissertation*, Universitas 17 Agustus 1945.
- Siahaan S, Hutapea M, Hasibuan R. (2013). Penentuan Kondisi Optimum Temperatur dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(2).
- SNI 06-3730-1995. (1995). Standar Nasional Indonesia. Dewan Standardisasi Jakarta. Sekretariat Jenderal Kehutanan. Biro Perencanaan. Jakarta
- Suharto, B., & Sutanhaji, A. T. (2018). Uji Kualitas Briket Kotoran Sapi pada Variasi Kadar Perekat Tapioka dan Temperatur Pengeringan. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 3(2), 39-44.
- Sumangat, D. dan Broto, W. (2009). Kajian Teknis dan Ekonomis Pengolahan Briket Bungkil Biji Jarak Pagar sebagai Bahan Bakar Tungku. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 5: 18-26.
- Taufik, I., & Fenni, S. (2015). Efektivitas Bentuk Geometri dan Berat Briket Bioarang dari Bambu terhadap Kualitas Penyalaan dan Laju Pembakaran. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(1), 8-12.

- Wahyudin, Y., & Lesmana, D. (2016). Analisis Kelayakan Ekonomi Pengembangan Bisnis Pemanfaatan Kima Secara Berkelanjutan. *Jurnal Mina Sains*, 2(2), 53-62.
- Yokoyama. S. (2008). *The Asian Biomass Handbook*. Japan: The Japan Institute of Energy.