

Karakterisasi Biobriket dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif

Sulistiawati Balong, Ishak Isa, Hendri Iyabu

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo

E-mail: sulistiawatibalong4@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai bahan bakar alternatif. Tahapan penelitian meliputi pembuatan biobriket yaitu pengeringan, karbonasi, dan pencetakan. Karakterisasi biobriket meliputi uji proksimasi yakni kadar air, kadar abu, kadar senyawa volatil, kadar karbon terikat dan nilai kalor. Dari hasil uji proksimasi menunjukkan bahwa briket dari eceng gondok memperoleh rata-rata 12,233% untuk kadar air, rata-rata 18,315% untuk kadar abu, rata-rata 50,900% untuk kadar senyawa volatil, rata-rata 18,552% untuk kadar karbon terikat, serta 3725,072-4181,943 kal/g dengan rata-rata 4049,097 kal/g untuk nilai kalor yang diperoleh dari briket arang eceng gondok.

Kata Kunci: Eceng Gondok, Karakterisasi Biobriket, Bahan Bakar Alternatif, Uji Proksimasi.

PENDAHULUAN

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan (Hendra, 2011).

Sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui di Indonesia relatif banyak, diantaranya biomassa ataupun bahan-bahan limbah organik lainnya. Biomassa ataupun bahan-bahan limbah organik lainnya ini dapat diolah dan dijadikan sebagai bahan bakar alternatif, contoh

dengan adanya pembuatan briket (Utomo, dkk, 2013).

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang mengapung/gulma yang dapat tumbuh dengan cepat (3%/ hari) pada permukaan air/rawa. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang merusak lingkungan perairan. Pertumbuhan eceng gondok yang sangat cepat disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya akan nitrogen, fosfat dan potasium. Hal ini mengakibatkan berbagai kesulitan seperti terganggunya transportasi, penyempitan sungai, dan masalah lain karena penyebarannya yang menutupi permukaan sungai/perairan.

Supaya eceng gondok ini tidak menumpuk dan menjadi limbah biomassa, maka dapat dilakukan suatu pemanfaatan alternatif terhadap eceng gondok ini dengan jalan pembuatan briket arang. Kandungan selulosa dan senyawa organik pada eceng gondok yang berpotensi memberikan

nilai kalor yang cukup baik. Dengan demikian briket arang dari eceng gondok ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif (Rasyidi, 2010).

Pembuatan briket dari bahan baku eceng gondok diharapkan dapat mengatasi permasalahan lingkungan juga menjadi solusi dari kelangkaan bahan bakar. Bahan utama yang harus terdapat dalam bahan baku pembuatan briket adalah selulosa, karena semakin tinggi kandungan selulosa maka semakin baik kualitas briket.

Dari uraian di atas, maka peneliti mengambil judul penelitian yang berjudul “**Karakterisasi Biobriket Dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif**”.

METODE PENELITIAN

Bahan tumbuhan yang di- gunakan sebagai sampel penelitian ini adalah eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang diperoleh dari daerah Gorontalo. Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah air (*aquadest*) dan lem dari bahan tepung tapioca. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat *bomb calorimeter*, oven, tanur, desikator, mesin pencetak briket, timbangan material, cawan porselin, pengempa manual, timbangan analitik, spatula, *stopwatch*, ayakan, wadah (Loyang), pengaduk, lumpang dan alu, furnace, peralatan gelas, drum.

Pengumpulan dan pengolahan sampel, pegerangan eceng gondok dan pencetakan briket kemudian dilakukan analisis proksimasi dengan penentuan kadar air, kadar abu, Dekomposisi senyawa volatil, dan nilai kalor. Pengujian fisik dan karakteristik pembakar briket pada tungku briket. menyerap air yang sangat besar dari udara disekelilingnya. Kemampuan dalam menyerap air dipengaruhi oleh luas permukaan dan pori-pori arang dan dipengaruhi oleh kadar karbon terikat yang terdapat pada briket tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kadar air mempengaruhi kualitas dari briket arang, semakin tinggi kadar air maka semakin sulit penyalaan bahan bakar briket arang. Arang mempunyai kemampuan untuk menyerap air yang sangat besar dari udara disekelilingnya. Kemampuan dalam menyerap air dipengaruhi oleh luas permukaan dan pori-pori arang dan dipengaruhi oleh kadar karbon terikat yang terdapat pada briket tersebut.

Dengan demikian, semakin kecil kadar karbon terikat pada briket arang, kemampuan briket arang menyerap air dari udara sekelilingnya semakin besar(Earl,1974 dalam Rustini, 2004).

Dalam penelitian ini nilai kadar air dalam briket arang eceng gondok adalah (A1=12,200%, A2= 12,650%, A3= 11,850% dengan rata-rata adalah 12,233%), harga ini memperlihatkan bahwa kandungan air dalam briket arang eceng gondok memiliki nilai lebih tinggi dari briket jepang (6-8)%, briket USA (6)%, briket Inggris (3- 4)%, briket SNI (8), dan sudah sesuai dengan standar briket permen ESDM (<15). Adapun data hasil pengukuran kadar air pada briket arang eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran kadar air pada Briket Arang Eceng Gondok

Banyaknya Perlakuan	KadarAir yang Terkandung (%)
A1	12,200
A2	12,650
A3	11,850
Jumlah rata-rata	12,233

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai kadar air yang terkandung pada briket arang eceng gondok lebih tinggi dari nilai kadar air yang di peroleh. Hal ini karena kandungan air yang terkandung pada serbuk arang eceng gondok lebih tinggi.

Kandungan air berhubungan dengan penyalaan awal bahan bakar, dimana makin tinggi air maka makin sulit penyalaan bahan bakar tersebut, karena diperlukan energi untuk menguapkan air dari bahan bakar, karena itu untuk menguapkan kadar air yang terkandung dalam briket maka perlu dilakukan proses pengeringan selama 2-3 jam dalam sehari, sehingga dapat mengurangi kadar air pada briket serta dapat mengurangi retakan-retakan yang terjadi pada briket. Hal ini akan mempengaruhi kualitas dari briket tersebut.

Kadar Abu

Abu merupakan bagian tersisa dari proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon lagi. Unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah kualitas briket karena kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket arang.

Kadar abu yang diperoleh dari proses pengabuan dengan perbandingan 90%:10% yaitu (A1= 18,445%, A2= 17,950%, A3= 18,550%), dengan rata-rata yang diperoleh sebesar 18,315%. Nilai kandungan ash (kadar abu) rata-rata ini lebih tinggi dari Standar Briket Jepang (2-6)%, Briket Inggris (8-10) %, Briket SNI (8-10) dan sudah memenuhi standar dari briket USA (18)%. Maka dari Tabel 2 di bawah ini dapat kita lihat bahwa tingginya kadar abu yang terkandung pada briket eceng gondok yaitu:

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran kadar abu pada Briket Arang Eceng Gondok

Banyaknya Perlakuan	KadarAir yang Terkandung (%)
A1	18,445
A2	17,950
A3	18,550
Jumlah rata-rata	18,315

Tabel 2 kita dapat melihat bahwa kandungan abu yang terkandung dalam briket eceng gondok lebih tinggi nilainya, hal ini disebabkan serbuk arang eceng gondok mengandung lebih banyak unsur karbonnya.

Kadar Senyawa Volatil

Senyawa volatil adalah zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa di dalam arang selain air. Kandungan kadar zat menguap yang tinggi di dalam briket arang akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket dinyalakan, hal ini disebabkan oleh adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) (Hendra dan Pari, 2000 dalam Rustini, 2004).

Kandungan rata-rata senyawa volatil dalam briket arang eceng gondok adalah dengan rata-rata 50,900%, ini lebih tinggi dari nilai pada standar Briket Jepang, briket Inggris, SNI, maupun Briket USA.

Semakin kecil kandungan senyawa volatil pada briket tersebut maka briket akan semakin mudah untuk terbakar dan menyala (Samsul, 2004 dalam Erikson 2011). Senyawa volatil dalam bahan bakar berfungsi hanya untuk menstabilkan nyala api, mengurangi timbulnya asap dan percepatan pembakaran arang. Dapat dilihat dalam Tabel 3 untuk nilai kandungan senyawa volatil.

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran kadar senyawa volatil yang terikat pada Briket Arang Eceng Gondok

Banyaknya Perlakuan	Kadar senyawa volatil yang Terkandung (%)
A1	50,650
A2	50,650
A3	51,400
Jumlah rata-rata	50,900

Dikarenakan kadar senyawa volatil dipengaruhi oleh suhu dan waktu pengarangan, semakin besar suhu dan waktu maka semakin banyak kadar senyawa volatil yang terbuang selama proses pengarangan sehingga kandungan dekomposisi senyawa volatil akan semakin kecil (Ga far dkk., 1999 dalam Rustini 2004).

Menurut Hendra, (2007, dalam Sinurat, 2011). Tinggi rendahnya senyawa volatil yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis bahan baku, sehingga perbedaan jenis bahan baku berpengaruh terhadap nilai kadar senyawa volatil pada setiap briket arang.

Semakin banyak kandungan *volatile matter* pada biobriket maka biobriket tersebut akan semakin mudah untuk terbakar dan menyala (Samsul, 2004 dalam Sinurat, 2011). *Volatile matter* dalam bahan bakar berfungsi untuk menstabilkan nyala dan percepatan pembakaran arang.

Kadar karbon terikat

Kandungan karbon terikat pada briket arang dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar dekomposisi senyawa volatil. Kadar karbon terikat akan bernilai tinggi apabila nilai kadar abu dan kadar dekomposisi senyawa volatil rendah. Briket yang baik memiliki kadar karbon tinggi (Sinurat, 2011).

Kandungan karbon terikat rata-rata di dalam briket eceng gondok dengan perekat tepung tapioka adalah 18,552%, nilai ini menunjukkan bahwa nilai karbon terikat pada briket arang eceng gondok berada di bawah standar briket Jepang, briket Inggris, briket USA, dan SNI. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran kadar karbon yang terikat pada Briket Arang Eceng Gondok

Banyaknya Perlakuan	Kadar senyawa volatil yang Terkandung (%)
A1	18,705
A2	18,750
A3	18,200
Jumlah rata-rata	18,552

Menurut Diah Sundari Wijayanti (2009), dalam Sinurat, (2011). keberadaan karbon terikat di dalam arang dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan dekomposisi senyawa volatil, kadarnya akan bernilai tinggi apabila kadar abu dan kandungan dekomposisi senyawa volatil rendah.

Nilai Kalor (Heating Value- HV)

Nilai kalor adalah menjadi parameter mutu paling penting bagi briket arang sebagai bahan bakar sehingga nilai kalor sangat menentukan kualitas briket arang. Semakin tinggi nilai kalor bakar briket arang, maka semakin tinggi pula kualitas briket yang dihasilkan. Nilai kalor sangat dipengaruhi oleh kadar abu briket arang. Semakin rendah kadar abu dan kadar air pada briket arang maka akan meningkatkan nilai kalor bakar briket arang yang dihasilkan.

Nilai kalor yang dihasilkan dari briket arang eceng gondok yaitu dengan perbandingan 90%:10% pada setiap perlakuan/pengulangan adalah A1= 3725,072 kal/gram, A2= 4240,276 kal/gram, dan A3= 4181,943 kal/gram dengan demikian, maka dapat dilihat data hasil pengukuran nilai kalor pada briket eceng gondok pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran nilai kalor pada Briket Arang Eceng Gondok

Banyaknya Perlakuan	Kadar senyawa volatil yang Terkandung (kal/gram)
A1	3725,072
A2	4240,276
A3	4181,943
Jumlah rata-rata	4049,097

Dari Tabel 5, maka dapat kita lihat bahwa nilai kalor pada briket dari arang eceng gondok memiliki nilai rata-rata kalor adalah sebesar 4049,097 kal/gram. Hal ini dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung dalam briket arang eceng gondok, serta kadar abu yang dihasilkan sehingga akan mempengaruhi nilai kalor yang ada pada briket eceng gondok, juga dikarenakan tanaman

eceng gondok merupakan tanaman yang mengandung banyak air.

Nurhayati (1974) dalam Sinurat (2011) nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu briket arang, semakin tinggi kadar abu dan kadar air briket arang maka akan menurunkan nilai kalor bahan briket arang yang dihasilkan.

Jika dilihat nilai kalor yang diperoleh dari hasil eksperimen, maka nilai kalor dari briket arang tongkol jagung adalah berkisar dari 2912-6757 kal/g lebih tinggi, dibandingkan dengan hasil kalor yang diperoleh dari briket arang eceng gondok yang hanya berkisar dari 3725,072-4181,943 kal/g dengan rata-rata 4049,097 kal/g.

Uji Kerapatan Briket

Kerapatan berpengaruh terhadap kualitas briket arang, briket arang dengan kerapatan yang tinggi dapat meningkatkan Nilai kalor bakar briket arang. Besar kecilnya kerapatan dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan arang penyusun briket arang tersebut. Semakin tinggi keseragaman ukuran serbuk arang maka akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan dan keteguhan yang semakin tinggi pula (Nurhayati, 1983 dalam Rustini, 2004). Dari data hasil pengukuran kerapatan briket pada briket arang eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Data Hasil Pengukuran Kerapatan Briket Pada Briket Arang Eceng Gondok

Banyaknya Perlakuan	Kadar senyawa volatil yang Terkandung (g/cm ³)
A1	0,507
A2	0,512
A3	0,535
Jumlah rata-rata	0,518

Uji kerapatan dapat dilihat pada Tabel 6, dimana Kerapatan dengan rata-rata sebesar 0,518 g/cm³, hal ini diperoleh pada briket dengan perbandingan perekat 10%:90%. Hal ini semakin banyak perekat yang digunakan maka semakin baik kerapatan briket, tetapi tergantung tekstur dari sampel yang digunakan, eceng gondok memiliki bahan tekstur kerapatan yang rendah maka menggunakan petekat yang baik sesuai berat sampel yang digunakan.

Uji kerapatan briket eceng gondok lebih tinggi dengan kerapatan rata-rata sebesar 0,518 g/cm³ dari standar briket komersial dengan kerapatan 0,4 g/cm³. Standar Briket Impor dengan kerapatan 0,53 g/cm³, tapi lebih rendah dari mutu

Standar Briket Jepang dengan kerapatan 1-1,2 g/cm³ dan Inggris dengan kerapatan 1,0-1,2 g/cm³.

Menurut Adan, (1998) dalam Noldi, (2009), jumlah perekat yang digunakan dalam pembuatan briket bioarang 10% dari berat arang yang digunakan dalam pembuatan briket tersebut.

Uji Nyala

Pembakaran briket tanpa karbonasi akan menyebabkan penyalaan briket menjadi mudah dibandingkan dengan briket yang telah dikarbonasi. Hal ini dikarenakan briket tanpa karbonasi masih mengandung kadar zat menguap yang cukup banyak (Kuncoro dkk., 1999).

Parameter lama waktu briket terbakar pada briket yang diproduksi adalah pada kisaran yaitu pada A1= 51 menit dan 01 detik dengan berat briket

perbuah adalah 24,253 gram, pada A2= 43 menit dan 11 detik dengan berat briket perbuah adalah 23,165 gram, dan pada A3= 48, menit 15 detik dengan berat briket perbuah adalah 24,201 gram. Dengan nilai waktu briket mulai terbakar pada briket eceng gondok adalah A1= 1 menit 57 detik dengan warna api yang dihasilkan adalah merah kebiru- biruan, A2= 1 menit 56 detik dengan warna api yang dihasilkan adalah merah kebiru-biruan, dan A3=1 menit 57 warna api yang dihasilkan adalah merah kebiru-biruan, dan A3=1 menit 57 detik dengan warna api yang dihasilkan adalah merah kebiru- biruan, dengan masing-masing tidak menghasilkan asap. Hasil data pengukuran uji nyala pada briket arang eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Data Hasil Pengukuran uji nyala Pada Briket Arang Eceng Gondok

Perlakuan	Berat sampel (g)	Waktu yang dibutuhkan dalam proses pembakaran (detik)	Lama nyala (detik)	Warna api
A1	24,253	51,00	1,57	Merah-biru
A2	23,165	43,11	1,56	Merah-biru
A3	24,201	48,15	1,57	Merah-biru

Dari data pada Tabel 7, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata yang diakibatkan proses karbonisasi bahan terhadap waktu briket mulai terbakar dari briket yang dihasilkan. Karbonisasi menurunkan kadar zat menguap sedangkan kadar zat menguap penting untuk proses penyalaan. Pengaruh kadar zat menguap dalam briket adalah berbanding lurus dengan peningkatan panjang nyala api, dan membantu dalam memudahkan penyalaan briket, serta mempengaruhi kebutuhan udara dan aspek-aspek distribusi lainnya.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa briket ini sudah layak digunakan, karena tidak menghasilkan asap, dan warna api tidak merah. jika dilihat dari kualitas uji nyala pada briket, hal ini sudah bisa dikatakan bahwa telah memenuhi kualitas briket dan bagus untuk digunakan.

Ketercapaian Produk

Pada penelitian ini hasilnya dibandingkan dengan Standar yang dimiliki oleh 4 negara, SNI dan ESDM. Seperti pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Perbandingan dengan 4 Negara, SNI dan ESDM

No	Sifat-sifat Briket	Jepang*	Inggris*	USA*	Permen ESDMN	SNI	**Hasil Penelitian (BPPK)	Hasil Penelitian
1.	Kadar air (%)	6-8	3-4	6	<15	8	3,72	12,233
2.	Kadar volatil	15-30	16	19	Sesuai bahan baku	15	7,64	50,900
3.	Kadar abu (%)	2-6	8-10	18	Sesuai bahan baku	8-10	9,09	18,315
4.	Kadar karbon tetap (%)	60-80	75	58	Sesuai bahan baku	76	8,55	18,552
5.	Nilai kalor (kal/g)	6.000-7.000	7.300	6.500	4.400	5.60	4.348	4049,097

6.	Kuat tekan (kg/cm ²)	60	12,7	62	65	50	100	100
----	-------------------------------------	----	------	----	----	----	-----	-----

PENUTUP

Dari hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan briket arang eceng gondok dengan bentuk briket yang dibuat selindris yaitu: (1) tanaman eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biobriket. (2) biobriket dari tanaman eceng gondok dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dengan nilai kalor yang dihasilkan dari briket arang berkisar 3725,072-4181,943 kal/gram dengan nilai rata-ratanya yaitu 4049,097 kal/gram.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar tidak menggunakan banyak perekat, yang menyebabkan briket cetak akan sulit dibentuk menjadi bentuk cetakan yang diinginkan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai peningkatan kualitas briket arang dari tumbuhan eceng gondok.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, Fajar Utomo., Nungki, Primastuti. 2013. *Pemanfaatan limbah furniture eceng gondok sebagai bahan dasar pembuatan briket bioarang.*
- Asni, dkk. 2014. *Studi uji karakteristik briket bioarang sebagai sumber energy alternatif.* FMIPA Universitas Tadulako.
- Elly, Kurniati., Suprihatin. 2009. *Kinetika pembakaran arang eceng gondok.*
- Hartanto, Puji., Fathul, Alim. 2009. *Optimasi kondisi operasi pirolisis sekam padi untuk - menghasilkan bahan bakar briket bioarang sebagai bahan bakar alternative.* Jurusan teknik kimia fakultas teknik universitas diponegoro.
- Hendra, Djani. 2011. *pemanfaatan eceng gondok untuk bahan baku briket sebagai bahan bakar alternatif.*
- Ndraha, Noldi. 2009. *Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Biorang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu yang Dihasilkan .* Skripsi Pertanian Fakultas pertanian Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Rafsanjani, Kharis Akbar. 2012. *Study Pemanfaatan Biomass Dari Sampah Organik Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Briket) Dalam Mendukung Program Eco-Campus Di Its Surabaya.* Jurusan teknik fisika. Fakultas teknologi industri. Institut teknologi sepuluh november (ITS).
- Rasyidi, A., Tuti, Indah Sari., Arco, Yudha Diputra., Jasril, Najamudin. 2010. *Mencari suhu proses karbonisasi dan pengaruh campuran batubara terhadap kualitas eceng gondok.* Jurusan teknik kimia, fakultas teknik universitas sriwijaya.
- Rustini. 2004. *Pembuatan Briket Arang Dari Serbuk Gergaji Kayu Pinus Dengan Penambahan Tempurung Kelapa.* skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institu Pertanian Bogor.
- Silalahi. 2000. *Penelitian Pembuatan Briket Kayu Dari Serbuk Gergaji Kayu.* Bogor. Hasil Penelitian Industri Deperindang.
- Sinulingga, H. Rodhes. 2009. *Pengaruh kadar perekat urea formaldehyde pada pembuatan papan partikel serat pendek eceng gondok.* FMIPA. USU. Medan.
- Sinurat, Erikson. 2011. *Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jamu Mente dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif.* Tugas Akhir Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Hasanudin. Makassar.
- Soelaiman, Jalal Rosyidi. 2013. *Perbandingan Karakteristik Antara Briket-Briket Berbahan Dasar Sekam Padi Sebagai Energy Terbarukan.* Universitas Jember.
- Silistyanto, Amin. 2006. *Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara Dan Sabut Kelapa.* Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wijanarko, Utut. 2013. *Nilai Kalor Minyak Nabatidari Buah Kepayang.* Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma.