

Perbandingan Persentase Perekat Arpus 17,5% dan 20% terhadap Kualitas Briket Cangkang Kelapa Sawit

Azhar Basyir Rantawi¹; Ahdiat Leksi Siregar²; Alif Rizkullah³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit

Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi – Bekasi

Email Penulis Korespondensi: ¹azharbr@gmail.com

Abstrak

Kandungan karbon yang dimiliki oleh cangkang kelapa sawit sangat berpotensi dijadikan sumber energi, yakni sebagai briket bahan bakar. Penelitian ini membahas tentang pengaruh penggunaan perekat arpus dengan komposisi 17,5% dan 20 % terhadap kualitas briket. Parameter yang diamati adalah kadar air, waktu bakar, nilai kalor pada saat basah dan kering, kadar abu pada saat basah dan kering, kadar karbon pada saat basah dan kering, serta kadar zat menguap pada saat basah dan kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan perekat arpus dengan komposisi 17,5% dan 20% mempengaruhi kualitas briket dari cangkang kelapa sawit. Komposisi yang terbaik adalah 17,5% yang menunjukkan hasil yang lebih baik pada semua parameter kualitas briket.

Kata Kunci:

Perekat arpus, Briket cangkang kelapa sawit, Kualitas.

Abstract

The carbon content of oil palm shells has the potential to be used as an energy source, namely as fuel briquettes. This study discusses the effect of using arpus adhesive with a composition of 17.5% and 20% on the quality of briquettes. Parameters observed were moisture content, burning time, calorific value when wet and dry, ash content when wet and dry, carbon content when wet and dry, and volatile matter content when wet and dry. The results showed that the use of arpus adhesive with a composition of 17.5% and 20% affected the quality of briquettes from oil palm shells. The best composition is 17.5% which shows better results on all briquette quality parameters.

Keywords:

Arpus adhesive, Palm oil shell briquette, Quality.

Pendahuluan

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses pirolisis pada suhu 300° C selama kurang lebih tiga jam (Andriati Amir, 2003).

Produksi arang aktif di Indonesia pada tahun 1993 baru mencapai 20.000 ton dengan konsumsi terbesar didalam negeri oleh industri minyak nabati, *monosodium glutamate*, industri gula, *ethanol* dan pengolahan air limbah. Untuk arang aktif dengan kualifikasi tertentu Indonesia masih mengimpornya dari beberapa Negara sebanyak 2.000 ton/tahun

Energi *biomassa* menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui, relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Widardo dan Suryanta, 1995).

Briket adalah arang yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk briket (penampilan dan kemasan yang menarik) yang dapat digunakan untuk keperluan energi alternatif sehari-hari sebagai pengganti minyak tanah dan gas elpiji. Briket arang mempunyai banyak kelebihan yaitu bila dikemas dengan menarik akan mempunyai nilai ekonomi yang lebih dengan arang yang di pasar tradisional, briket mempunyai panas yang lebih tinggi, tidak berbau, bersih, dan tahan lama (Ignatius, dkk., 2010).

Bahan baku yang dibutuhkan untuk pembuatan briket juga sangat berlimpah, dengan bahan baku yang relatif beragam ini kita dapat mengolahnya menjadi sumber energi yang dapat dimanfaatkan lebih maksimal, dimana energi fosil yang secara kualitas semakin lama jumlahnya akan semakin sedikit. Menurut widardo dan suryanta, 1995 Energi biomassa ini dapat menjadi alternatif pengganti energi fosil, yang mana energi biomassa ini memiliki keuntungan karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan tidak menyebabkan polusi udara dikarenakan mengandung sedikit unsur sulfur, selain itu juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumberdaya hutan dan pertanian

Biomassa yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit adalah cangkang kelapa sawit, menurut Andriati amir 2003, presentasi perolehan cangkang kelapa sawit sampai 60 % nilainya dari proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit, sehingga dengan jumlah yang cukup besar ini, cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif dengan proses pirolisis.

Cangkang kelapa sawit memiliki kandungan senyawa kimia yang banyak, yang tersusun dari *lignin* dan selulosa. Menurut Nurhayati, 2005. Karakteristik dari cangkang kelapa sawit adalah air 25,5%, Abu 2,42 %,

Azhar Basyir Rantawi dkk

Perbandingan
Persentase Perekat
Arpus 17,5% dan 20%
terhadap Kualitas Briket
Cangkang Kelapa Sawit

Silika 0,92 %, Lignin 50,03 %, Selulosa 65,45 %, Densitas 0,56 dan nilai kalor 4465 cal/g.

Penelitian ini dilakukan untuk membuat briket dengan menggunakan bahan baku cangkang kelapa sawit dengan beberapa perbandingan perekat arpus untuk mengetahui nilai kalor dan waktu bakar.

Bahan baku *Biomassa* dalam pembuatan briket yang telah banyak dikembangkan dengan menggunakan bahan baku tempurung kelapa, sabut kelapa, cangkang biji karet, limbah bambu, ampas aren, ampas tebu, jerami, dan jarak. Penelitian kali ini bahan baku yang digunakan adalah cangkang kelapa sawit, dengan jumlah cangkang yang dihasilkan cukup banyak dari pemrosesan kelapa sawit dan juga kandungan yang terdapat dalam cangkang kelapa sawit yang memiliki karakteristik dapat diubah menjadi briket.

Briket termasuk bahan yang lunak yang diolah menjadi bahan arang keras dengan bentuk-bentuk tertentu. Kualitas dari briket ini tidak akan kalah dengan kualitas batubara asli atau bahan bakar-bahan bakar jenis arang lainnya (Suryani dkk, 2012).

Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Perlakuan yang dilakukan adalah membandingkan komposisi arpus sebagai bahan perekatnya. Parameter yang akan dikaji antara lain Nilai kalor, kadar air, kadar abu, volatile meter, kadar karbon dan waktu bakar.

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pembersihan dan pengeringan Cangkang, cangkang dibersihkan kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105 °C selama 12 jam.
2. Pengarangan menggunakan alat pirolisis. 500 g sampel cangkang kelapa sawit dimasukkan kedalam tabung pembakaran pirolisi, kemudian diarangkan selama 3 jam dengan suhu ± 300 °C.
3. Penampungan arang hasil pirolisis. Arang hasil pirolisis dihaluskan menggunakan lesung kemudian diayak menggunakan mesh 60.
4. Pembuatan adonan briket. Siapkan 20 gr sampel arang yang sudah halus, siapkan perekat arpus sebanyak 17,5 % dan 20 % dari berat arang. Kemudian campur masing masing perekat dengan arang, dan diaduk hingga homogeny.
5. Proses pencetakan, dilakukan dengan menggunakan cetakan pipa besi berdiameter 2,54 cm dan tinggi 2 cm, masukkan adonan kemudian di press dengan tekanan 1,3 ton. Kemudian keringkan di bawah sinar matahari selama 2 jam.
6. Lakukan pengujian karakteristik briket, antara lain:
 - a. Nilai kalor
 - i. Tabung *bomb calorimeter* dibersihkan.

- ii. Ditimbang bahan bakar sebanyak 10 gram dan diletakan dalam cawan platina.
- iii. Dipasang kawat penyalat pada tangkai penyalat.
- iv. Cawan platina ditempatkan pada ujung tangkai penyalat.
- v. Tabung ditutup dengan kuat .
- vi. Dimasukkan oksigen dengan tekanan 30 bar.
- vii. Tabung *bomb* ditempatkan dalam *calorimeter*.
- viii. Kalorimeter ditutup dengan penutupnya.
- ix. Pengaduk air pendingin dihidupkan selama 5 menit
- x. Dicatat temperatur yang tertera pada termometer
- xi. Penyalatan dilakukan dan dibiarkan selama 5 menit
- xii. Dicatat kenaikan suhu pada termometer
- xiii. Dihitung nilai kalor dengan rumus:

$$\text{Nilai kalor} = \{(T_2 - T_1) - 0,05\} \quad (1)$$

Keterangan:

T_1 = Temperatur sebelum pengeboman ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = Temperatur setelah pengeboman ($^{\circ}\text{C}$)

C_v = Panas jenis *Bomb Calorimeter* (73529,6 joule/ g°C)

b. Kadar Air (*Moisture*)

- i. Cawan yang telah dibersihkan dikeringkan di oven pada suhu 105°C selama 1 jam.
- ii. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang.
- iii. Timbang masing-masing massa cawan dan sampel sebanyak 3 gram.
- iv. Setelah itu sampel dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 4 jam.
- v. Sampel didinginkan di desikator selama 1 jam kemudian ditimbang.
- vi. Hitunglah kadar air (%) dengan persamaan:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

W_1 = Berat cawan kosong (g)

W_3 = Berat cawan + sampel

W_2 = Berat cawan + sampel briket (g) setelah dioven (g)

c. Kadar Abu

- i. Cawan porselin yang telah dibersihkan dalam posisi kering ditimbang terlebih dahulu massanya.
- ii. Timbang 2 gram sampel ke dalam cawan porselin.
- iii. Masukkan sampel ke dalam *furnace* pada suhu 800°C selama 15 jam sehingga semua karbon hilang.
- iv. Didinginkan cawan beserta isinya ke dalam desikator selama 1 jam
- v. Kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat abu.

Azhar Basyir Rantawi dkk

Perbandingan

Persentase Perekat

Arpus 17,5% dan 20%

terhadap Kualitas Briket

Cangkang Kelapa Sawit

- vi. Hitunglah kadar abu (%) dengan persamaan:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{Berat Abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \quad (3)$$

d. *Volatile Matter*

- Sampel ditimbang sebanyak 1 gram
- Dimasukkan kedalam cawan porselin lalu ditutup
- Dimasukkan ke dalam *furnace* dan dipanaskan dengan suhu 815 °C selama 7 menit
- Dikeluarkan dan didinginkan di dalam desikator, lalu ditimbang kembali.
- Hitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Volatile matter (\%)} = \frac{A-D}{B} \times 100\%F\% \quad (4)$$

Keterangan:

A = berat sampel dan cawan (g)

D = berat cawan dan residu (g)

B = berat cawan (g)

F = *moisture* dalam analisis sampel (%)

e. Kadar karbon

$$\text{Kadar karbon} = 100\% - (\text{moisture} + \text{volatile matter} + \text{kadar abu})$$

f. Waktu Bakar

- Siapkan tungku sebagai media pembakaran.
- Timbang briket sebanyak 4 gram, lalu catat waktu yang dibutuhkan sampai semua briket habis terbakar (bara api padam).
- Lakukan 3 kali bakar untuk setiap perekat.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Percobaan Penggunaan Perekat Arpus pada Komposisi 17,5% dan 20%

Parameter	Kondisi	Satuan	Komposisi	
			17,50%	20%
Berat arang		gr	20,00	20,00
Berat perekat		gr	3,50	4,00
Kadar air		%	2,08	3,22
Waktu bakar		menit	85,65	83,32
Nilai kalor	Wet Base	Kkal/Kg	6.633,00	6.667,00
	Dry Base	Kkal/Kg	7.164,00	6.809,00
Kadar abu	Wet Base	%	6,25	7,05
	Dry Base	%	6,46	7,20
Kadar karbon	Wet Base	%	57,90	53,29
	Dry Base	%	59,82	54,42
Kadar zat menguap	Wet Base	%	32,63	37,58
	Dry Base	%	32,63	37,58

Kadar air pada briket cangkang kelapa sawit sangat berpengaruh kepada standar kualitas briket, salah satunya pada waktu pembakaran, kandungan air yang ada pada briket akan menghambat proses pembakaran pada briket. Hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh kadar air 17,5% yaitu 3,22% dan 20% yaitu 2,08%. Dari semua hasil uji kadar air menunjukkan bahwa semua jenis perekat ini sesuai dengan SNI yaitu dengan standar $\leq 8\%$. Kadar air sangat mempengaruhi kualitas briket arang yang dihasilkan. Semakin rendah kadar air maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin tinggi dan sebaliknya semakin tinggi kadar air maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin rendah.

Hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh waktu bakar yaitu perekat persentase 17,5% 85,65 menit dan 20% 83,32 menit.

Hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh nilai kalor pada saat basah dengan persentase perekat 17,5% yaitu 6.933 Kkal/Kg, dan 20% yaitu 6.677 Kkal/Kg. Dan pada saat kering 17,5% yaitu 7.164 Kkal/Kg dan 20%, yaitu 6.809 Kkal/Kg. Dari semua hasil uji nilai kalor menunjukkan bahwa semua jenis perekat ini sesuai dengan SNI, yaitu dengan standar ≥ 5.000 Kkal/Kg. Nilai kalori yang tertinggi terdapat pada cangkang kelapa sawit dengan variasi campuran 20 gr arang dan 17,5% perekat. Nilai kalori ini dipengaruhi juga oleh kadar air yang terdapat di limbah cangkang sawit tersebut. Karena semakin sedikit kandungan air maka semakin tinggi nilai kalori yang terdapat pada briket arang cangkang kelapa sawit tersebut. Briket arang cangkang sawit dengan komposisi campuran 17,5% arang cangkang sawit memiliki nilai kalori 6.933 Kkal/Kg saat basah dan pada saat kering 7.164 Kkal/Kg lebih tinggi dari briket dengan komposisi campuran 20% dengan nilai kalori yang didapat 6.677 Kkal/Kg pada saat basah dan kering didapat 6809 Kkal/Kg. Perbedaan nilai kalori kedua campuran tersebut adalah 256 Kkal/Kg pada saat basah dan 355 Kkal/Kg pada saat kering. Hal ini disebabkan oleh banyaknya jumlah perekat yang digunakan sehingga mengurangi jumlah kalori yang terdapat arang cangkang sawit tersebut (Arbi Yaumal, 2008).

Kadar abu pada saat basah dengan persentase perekat 17,5% yaitu 6,25%, dan 20% yaitu 7,05%. Dan pada saat kering 17,5% yaitu 6,46%, dan 20% yaitu 7,20%. Dari semua hasil uji nilai kalor menunjukkan bahwa semua jenis perekat ini sesuai dengan SNI yaitu dengan standar $< 8\%$. Kadar abu briket cangkang kelapa sawit yang tertinggi terdapat pada komposisi campuran 20%. Hal ini disebabkan oleh jumlah takaran arang cangkang kelapa sawit lebih banyak dibandingkan yang variasi komposisi yang lain, karena cangkang kelapa sawit mengandung bahan mineral yang bisa menambah kadar abu. Tinggi kadar abu pada campuran ini dipengaruhi oleh cangkang kelapa sawit membawa zat anorganik seperti tanah, debu dan pasir di saat pembuatan briket. Cangkang kelapa sawit dihaluskan secara sederhana dengan alat penumbuk, di saat penghalusan kemungkinan ada pasir dan debu terbawa (Irsad, 2008).

Kadar karbon pada saat basah dengan persentase perekat 17,5% yaitu 57,90%, dan 20% yaitu 53,29%. Dan pada saat kering 17,5% yaitu 59,82%, dan 20% yaitu 54,42%. Kadar karbon terikat merupakan fraksi karbon yang terikat di dalam arang selain fraksi air, zat mudah menguap

Azhar Basyir Rantawi dkk

Perbandingan
Persentase Perekat
Arpus 17,5% dan 20%
terhadap Kualitas Briket
Cangkang Kelapa Sawit

dan abu (Abidin, 1973; Triono, 2006). Menurut Wijayanti (2009) adanya kadar zat menguap yang menurun mampu menaikkan nilai kadar karbon terikat briket, selain itu nilai kadar air yang rendah mempengaruhi nilai kadar karbon terikat briket, sehingga mengalami peningkatan juga. Semakin tinggi kadar karbon maka semakin baik kualitas briket. Standar nilai kalor yang ditetapkan SNI No. 1/6235/2000 adalah $\geq 77\%$.

Kadar karbon yang dihasilkan dari uji penelitian ini belum sesuai dengan SNI, hal ini dikarenakan kadar karbon dipengaruhi oleh kadar *volatile matter* dan kadar abu. Menurut Usman, (2007), bahwa semakin tinggi kadar zat terbang maka semakin rendah kadar karbon, dan begitu pula sebaliknya. Demikian juga bila dengan kadar abu tinggi maka semakin rendah kadar karbonnya. Tingginya nilai karbon terikat dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat *volatile* pada briket. Semakin tinggi nilai karbon terikat maka kadar abu dan zat *volatile* pada briket semakin rendah. Selain itu kadar karbon terikat juga berpengaruh terhadap nilai kalor bakar briket arang (Faisal, 2015). Karbon terikat (*fixed carbon*) adalah fraksi karbon (C) yang terikat di dalam arang selain kadar air, zat menguap dan abu. Keberadaan karbon terikat di dalam briket arang dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap. Kadarnya akan bernilai tinggi apabila kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap pada briket rendah. berpengaruh terhadap nilai kalor pembakaran briket arang. Nilai kalor briket arang akan tinggi jika nilai karbon terikatnya juga tinggi. Kadar karbon terikat atau *fixed carbon* menunjukkan banyaknya kandungan unsur karbon yang tertambat dalam briket dan memiliki pengaruh terhadap zat menguap dan suhu karbonisasi. Semakin tinggi kadar *fixed carbon* maka semakin rendah kadar zat menguap (Sudiyani dkk, 1999).

Kadar zat menguap pada saat basah dengan persentase perekat 17,5% yaitu 32,63%, dan 20% yaitu 37,58%. Dan pada saat kering 17,5% yaitu 33,72%, dan 20% yaitu 38,38%. Briket akan semakin berkualitas baik apabila semakin rendah zat yang menguap. Standar zat yg menguap (*volatile matter*) yang ditetapkan SNI No. 1/6235/2000 adalah ≤ 15 . Material briket dengan zat *volatile* terendah yaitu 17,5% *wet basis* sebesar 32,63 dan 20% 37,58, sedangkan *dry basis* 17,5% 33,72 dan 20% 38,38. Semakin banyak kadar perekat maka semakin banyak kandungan mineral dari bahan perekat akibatnya kadar zat menguap briket arangnya juga makin bertambah (Permatasari dkk, 2015). Kadar zat menguap adalah zat yang menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa - senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air. Kadar zat mudah menguap pada briket disebabkan oleh kesempurnaan proses karbonisasi, waktu dan suhu. Semakin lama waktu pembakaran dan semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin banyak zat menguap yang terbuang sehingga pada saat pengujian kadar zat menguap akan diperoleh hasil yang rendah. Kadar zat menguap adalah zat (*volatile matter*) yang dapat menguap sebagai dekomposisi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air. Kandungan kadar zat menguap yang tinggi di dalam briket arang akan menyebabkan asap yang lebih banyak pada saat dinyalakan, apabila CO bernilai tinggi hal ini tidak baik untuk kesehatan dan lingkungan sekitar (Miskah, 2014). Tingginya kadar zat terbang yang

terdapat pada briket hasil penelitian ini dipengaruhi oleh kadar air. Kadar air yang tinggi akan menghasilkan nilai zat terbang yang tinggi pula. Kandungan kadar zat terbang yang tinggi didalam briket akan menyebabkan asap yang lebih banyak pada saat dinyalakan. Didapatkan juga informasi bahwa tingginya kadar zat terbang banyak dipengaruhi oleh komponen kimia dari arang seperti adanya zat pengotor dari bahan baku arang (Usman, 2007).

Azhar Basyir Rantawi dkk

Perbandingan
Persentase Perekat
Arpus 17,5% dan 20%
terhadap Kualitas Briket
Cangkang Kelapa Sawit

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan perekat arpus dengan komposisi 17,5% dan 20% mempengaruhi kualitas briket dari cangkang kelapa sawit. Komposisi yang terbaik adalah 17,5% yang menunjukkan hasil yang lebih baik pada semua parameter kualitas briket.

Daftar Pustaka

- Abidin, A. dan Simanjuntak, D., 1973. *Briket dari Limbah Sawit*. Direktorat Jendral Perkebunan, Jakarta.
- Andriati Amir Husin, 2003. *Limbah Untuk Bahan Bangunan*. Sains dan Teknologi.
- Faisal, Muhammad, dkk. 2015. *Pengaruh Komposisi Arang dan Perekat Terhadap Kualitas Briket Dari Kayu Karet*, (online), (<http://www.ejurnal.com>), diakses 03 Maret 2016 pukul 19.21 WIB.
- Ignatius et al. 2010. Upaya Penerapan Teknologi Pengolahan Arang Tempurung Kelapa untuk Meningkatkan Nilai Tambah Petani Di Kecamatan Sei Raya Kabupaten Bengkayang. *Jurnal IPREKAS- Ilmu Pengetahuan dan Rekayasa*.
- Miskah, Siti., L. Suhirman, H.R. Ramadhona. 2014. Pembuatan Biobriket dari Campuran Arang Kulit Kacang Tanah dan Arang Ampas Tebu dengan Aditif. *KMnO₄*. 20:58-61.
- Permatasari, I.Y., Utami, B. 2015. Pembuatan dan karakteristik briket arang dari limbah tempurung kemiri (*aleurites moluccana*) dengan menggunakan varisasi jenis bahan perekat dan jumlah bahan perekat. prosiding seminar nasional kimia. *Jurdik FMIPA Kimia UNY*, 59-69.
- Sudiyani, Y., Nurhayati, M. Gopar, H. Udin, dan Sdijono. 1999. Pengujian Kualitas Arang dan Briket Arang dari Tempurung Kelapa. *Proceding Seminar Nasional II Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia*. Buku I. Yogyakarta.
- Triono, A. 2006. Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl.) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L.). *Skripsi*. IPB.
- Widardo, L., dan Suryanta, 1995. *Membuat Bioarang dari Kotoran Lembu*. Cetakan ke-6 Tahun 2008. Kanisius. Yogyakarta.
- Wijayanti, D.S. 2009. Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Pertanian*.
- Wijayanti, D.S. 2009. Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Skripsi S1*. Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara: Medan
- Yaumal Arbi, M. Irsad., 2008. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Menjadi Briket Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Universitas Negeri Padang.