

**Sifat Fisika Mekanika Briket Arang dengan Komposisi Jenis Kayu Gerunggang
(*Cratoxylon arborescens*) dan Kayu Tumih (*Combretocarpus rotundatus*)**

Alpian, Raynold Panjaitan, Adi Jaya, Yanciluk, Wahyu Supriyati, Emmy U. Antang
Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya,
Kampus UPR Tunjung Nyaho, Palangka Raya, 73111. Indonesia
Email : alfian29370@gmail.com

Abstract

Energy is a major component in human daily life so it is needed in daily activities and production. The main source of energy used today comes from fossils such as petroleum, natural gas and coal which are non-renewable, unsustainable, limited in existence and can damage the environment. One of the more environmentally friendly and renewable energy substitutes is charcoal briquettes. The raw material used for the manufacture of charcoal briquettes is charcoal powder from biomass waste in land clearing in the Village of Kalamangan, Palangka Raya City. The fire burn the Kalamangan urban area in 2015. The burning area makes succession and overgrown of pioneer plants such as Gerunggang and Tumih that can not use maximum. Both types of wood can be used as material for making charcoal briquettes. The purpose of this study is to determine the physical and mechanical properties of charcoal briquettes produced from biomass waste without burning fuel with several raw material compositions from Gerunggang and Tumih charcoal powders. The charcoal briquettes refer to the Indonesian National Standard (SNI 01-6235-2000) and ESDM Permen No. No. 047 of 2006. The number of treatments was 5 (T100: G0; T25: G75; T50: G50; T75: G25 and T0: G100) of 3 replications. The composition with the most potential test results in accordance with the both of standards that used is the composition of T100: G0 with a lower moisture content of 10.10%, density 0.98 g/cm³, and compressive strength 25.68 kg/cm².

Keywords : *charcoal briquettes, physical and mechanical properties, biomass waste, Gerunggang, Tumih.*

Abstrak

Energi merupakan komponen utama dalam kehidupan sehari-hari manusia sehingga sangat dibutuhkan dalam aktifitas sehari-hari dan produksi. Sumber utama energi yang digunakan dewasa ini berasal dari fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara yang sifatnya tidak dapat diperbaharui, tidak berkelanjutan, keberadaannya terbatas dan dapat merusak lingkungan. Energi pengganti yang lebih bersifat ramah lingkungan dan terbarukan salah satunya adalah briket arang. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan briket arang adalah serbuk arang dari limbah biomassa pembersihan lahan di Kelurahan Kalamangan Kota Palangka Raya. Wilayah kelurahan Kalamangan mengalami kebakaran besar pada tahun 2015. Areal yang terbakar tersebut telah mengalami suksesi dan ditumbuhi beberapa tumbuhan pionir seperti gerunggang dan tumih yang pemanfaatannya kurang maksimal hingga saat ini. Kedua jenis kayu ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan briket arang. Tujuan penelitian mengetahui sifat fisika dan mekanika briket arang yang dihasilkan dari limbah biomassa pengolahan lahan tanpa bakar dengan beberapa komposisi bahan baku

dari serbuk arang jenis gerunggang dan tumih. Briket arang tersebut mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 01-6235-2000) dan Standar Permen ESDM No. 047 Tahun 2006. Jumlah perlakuan sebanyak 5 (T100:G0 ; T25:G75 ; T50:G50 ; T75:G25 dan T0:G100) sebanyak 3 ulangan. Komposisi dengan hasil pengujian yang paling berpotensi sesuai dengan kedua standar yang digunakan adalah komposisi T100:G0 dengan kadar air yang lebih rendah sebesar 10,10%, kerapatan $0,98 \text{ g/cm}^3$, dan keteguhan tekan $25,68 \text{ kg/cm}^2$.

Kata kunci : briket arang, sifat fisika dan mekanika, limbah biomassa, Gerunggang, Tumih

PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk Indonesia per tahun pada tahun 2010–2016 mencapai 1,36 % (BPS, 2017). Seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan secara pesat serta perubahan pola konsumsi dan gaya hidup manusia, maka kebutuhan energi juga akan meningkat. Sumber utama energi yang digunakan hingga dewasa ini terutama di Indonesia adalah energi yang berasal dari fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara yang sifatnya tidak dapat diperbaharui dan tidak terbarukan. Meningkatnya populasi penduduk dan semakin besarnya konsumsi energi menyebabkan sumber energi semakin menipis dan harga semakin tinggi sehingga pemanfaatan energi terbarukan perlu dikembangkan, salah satunya adalah pemanfaatan biomassa.

Kalimantan Tengah salah satu provinsi di Indonesia yang sebagian besar lahannya termasuk dalam kategori lahan gambut dimana sebagian besar masyarakat

dalam membuka areal lahan, seringkali mengambil langkah praktis dan murah dengan cara teknik tebang dan bakar. Dalam beberapa dekade terakhir hal ini menjadi polemik karena dikaitkan dengan isu penurunan kualitas sumber daya alam dan lingkungan seperti degradasi dan kebakaran pada lahan gambut. Wilayah Kelurahan Kalamangan merupakan salah satu daerah di Kalimantan Tengah yang mengalami kebakaran hutan dan lahan yang besar pada tahun 2015 sehingga lahannya mengalami suksesi dan ditumbuhi beberapa tumbuhan pionir seperti gerunggang dan tumih.

Hasil pengolahan lahan tanpa bakar oleh masyarakat hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan masyarakat yaitu berupa batang dengan ukuran besar yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Sedangkan bagian lain seperti cabang, ranting dan daun hanya ditumpuk dan dibakar begitu saja. Berdasarkan hal diatas perlu dilakukan inovasi terhadap bagian yang kurang dimanfaatkan tersebut, salah satunya menjadikan briket arang.

Briket arang adalah bahan bakar alternatif yang terbuat dari hasil proses pembakaran bahan yang memiliki ukuran atau diameter kecil yang memiliki beberapa kelebihan diantaranya bersih dan tidak berdebu, mengeluarkan sedikit asap, ramah lingkungan serta menghasilkan nilai kalor yang tinggi.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah biomassa dalam pembukaan lahan menjadi briket arang dengan beberapa komposisi jenis kayu gerunggang dan kayu tumih. Tujuan Penelitian adalah mengetahui sifat fisika dan mekanika briket arang dari limbah biomassa pengolahan lahan tanpa bakar yang terbagi dalam 5 komposisi serbuk arang gerunggang dan tumih. Kualitas briket arang mengacu standar Permen ESDM No. 047 tahun 2006 tentang pedoman pembuatan dan pemanfaatan briket batubara dan bahan bakar padat berbasis batubara dan standar Standar Nasional Indonesia (SNI 01-6235-2000) tentang briket arang.

METODODOLOGI PENELITIAN

a. Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu parang, mesin pencacah, karung, terpal, lesung besi, tungku pengarangan, ayakan (40 mesh dan

60 mesh), plastik klip, timbangan analitik, gelas beker, oven, desikator, cetakan diameter 5 cm, hidrolik press, alat keteguhan tekan merk Cakra Mulya UTM 5000, cawan abu, tanur abu dan bomb calorimeter.

b. Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan yaitu biomassa cabang, ranting dan daun gerunggang dan tumih, aquades sebagai pelarut, tepung tapioka sebagai perekat dan arang sebagai bahan bakar dalam proses pengarangan.

c. Pengambilan dan Pengeringan

Sampel

Sampel diperoleh dari lahan masyarakat di desa Misik, RT/RW 07/04, Kelurahan Kalampangan Kecamatan Sebangau Kota Palangka Raya. Biomassa cabang, ranting dan daun dicacah menggunakan mesin pencacah. Pengeringan sampel dengan cara dikeringudarkan hingga mencapai kadar air kering udara.

d. Pengarangan dan Pembuatan Partikel Serbuk Arang

Biomassa gerunggang dan tumih yang sudah kering udara ditimbang dimasukkan kedalam tungku pengarangan, kemudian arang dinyalakan dibawah tungku hingga suhu dalam tungku pengarangan mencapai 500°C. Setelah

suhu tercapai pertahankan hingga 1 jam kemudian dilakukan pendinginan hingga 16 jam. Kemudian arang dikeluarkan pada wadah kemudian ditimbang untuk mengetahui rendemen arang yang dihasilkan.

Proses selanjutnya yaitu arang dihaluskan dengan tumbukan lempung besi dan diayak menggunakan lolos 40 mesh tertahan 60 mesh. Pengayakan serbuk arang dipisah sesuai jenis dan dimasukkan kedalam 4lastic klip dan diberi label.

e. Pembuatan Perekat

Proses pembuatan bahan perekat, tapioka disaring menggunakan saringan lolos 40 mesh tertahan di 60 mesh kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 6 jam. Selanjutnya dimasukkan kedalam botol plastik yang kedap udara. Jumlah tapioka yang digunakan adalah 10% dari serbuk arang, air yang digunakan untuk membuat adonan perekat yaitu 5:1 dari jumlah tapioka yang digunakan. Tepung dicampur dengan air lalu diaduk hingga merata dan kemudian dipanaskan dengan suhu 70°C selama 5 menit hingga menjadi kental atau gel.

f. Pembuatan dan Pencetakan Briket Arang

Alpian (2002), serbuk arang yang sudah disaring dicampurkan dengan bahan

perekat yang sudah berbentuk gel kemudian diaduk sampai merata agar tidak menggumpal. Adonan yang sudah merata dimasukkan dalam cetakan dengan diameter 5 cm dan tinggi briket yang diinginkan 2 cm yang kemudian dicetak dengan menggunakan hidrolik press. Lamanya pengempaan setiap contoh uji dilakukan selama 30 menit.

g. Pengerinan Briket Arang

Pengerinan dilakukan di dalam ruangan dengan suhu kamar dan dilakukan penimbangan 1 x 24 jam hingga diperoleh berat konstan briket arang.

h. Pengujian Briket Arang

Briket arang yang dihasilkan dilakukan pengujian meliputi rendemen arang, kadar air (ASTM D 3173-03 tahun 2005), kerapatan (ASTM D 2395-83), keteguhan tekan (ASTM),

i. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif berdasarkan nilai rata rata. Dilakukan juga analisis standar deviasi untuk melihat sebaran data dalam sampel serta seberapa dekat titik data individu ke rata rata nilai sampelnya. Hasil dibandingkan dengan Standar Permen ESDM Nomor 047 Tahun 2006 dan SNI 01-6235-2000.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kadar Air Bahan Baku dan Rendemen Arang

Data hasil perhitungan kadar air bahan baku dan rendemen arang seperti pada Tabel.1.

Tabel 1. Nilai Kadar Air Bahan Baku dan Rendemen Arang

Jenis	Kadar air	Rendemen
Gerunggang	8,31 %	21,37 %
Tumih	8,51 %	25,00 %

Dumanauw (1990) menyatakan bahwa kadar air pada kayu sangat bervariasi tergantung jenis kayunya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air bahan baku

yang lebih tinggi (tumih) menghasilkan rendemen arang yang lebih tinggi juga. Perbedaan ini disebabkan oleh berat jenis kedua bahan baku yang digunakan. Berat jenis kayu yang tinggi cenderung menghasilkan rendemen arang yang tinggi. Komaryati, *dkk* (2011), kayu dengan berat jenis tinggi berstruktur lebih kompak dan padat sehingga lebih tahan terdegradasi oleh panas pengarangan dan menyebabkan produksi rendemen arang lebih tinggi. Nilai rendemen hasil penelitian ini lebih kecil dari hasil penelitian Alpian, *dkk* (2011) bahwa rendemen arang kayu gelam rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan berkisar antara 28,090-28,526%.

b. Sifat Fisika dan Mekanika Briket Arang

Nilai rata-rata kadar air, kerapatan dan keteguhan tekan briket arang seperti Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Pengujian Briket Arang dan Perbandingan dengan Standar SNI 01-6235-2000 dan Standar Permen ESDM Nomor 047/2006

Pengujian	SNI 01-6235-2000	Standar Permen ESDM 047/2006	Hasil Pengujian 5 Perlakuan				
			P1	P2	P3	P4	P5
Kadar Air (%)	Maks 8	≤15	10,10b	10,29b	10,41b	11,38b	11,41b
Kerapatan (g/cm ³)	-	-	0,98	0,98	0,91	0,96	0,97
Keteguhan Tekan (kg/cm ²)	-	Min 65	25,68	25,16	14,02	18,30	27,21

Keterangan : P1 = 100 % Tumih, 0 % Gerunggang
 P2 = 25 % Tumih, 75 % Gerunggang
 P3 = 50 % Tumih, 50 % Gerunggang
 P4 = 75 % Tumih, 25 % Gerunggang
 P5 = 100 % Gerunggang, 0 % Tumih
 a = Memenuhi SNI 01-6235-2000
 b = Memenuhi Standar Permen ESDM N0. 047/2006

Kadar Air

Nilai kadar air dari semua perlakuan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan standar mutu briket arang menurut permen ESDM No. 047/2006 karena kadar air yang diperoleh <15 % tetapi tidak memenuhi SNI 01-6235-2000 karena >8 %. Berdasarkan Tabel 2, bahwa kadar air briket arang tiap perlakuan berbeda. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan berat jenis pada kedua jenis kayu tersebut. Martawijaya, dkk, (2005) menyatakan bahwa berat jenis kayu gerunggang rata-rata 0,47 (0,36-0,71). Supriyati (1994) berdasarkan hasil penelitian bahwa berat jenis kayu Tumih rata-rata 0,67 (0,56-0,70). Berat jenis bahan baku briket arang yang rendah menyebabkan kadar air lebih besar karena memiliki sifat higroskopis yang tinggi sehingga menghasilkan kadar air yang tinggi. Berat jenis rendah mempunyai struktur ikatan antara partikel arang kurang kompak dan memiliki rongga sehingga diisi oleh uap air dari udara yang mengakibatkan kadar air lebih besar. Rindayatno, dkk (2017), menyebutkan bahwa berat jenis dan sifat higroskopis berperan pada tinggi rendahnya kadar air briket arang. Hal ini sesuai juga dengan penjelasan Sudradjat (1983) bahwa jenis kayu berpengaruh terhadap kadar air arang, bahwa kayu dengan berat jenis

rendah memberikan nilai kadar air yang lebih besar dari kayu dengan berat jenis tinggi. Kadar air briket arang erat kaitannya dengan berat jenis kayu yang digunakan, karena sifat higroskopis atau daya serap terhadap uap air dari lingkungannya lebih tinggi, karena kayu dengan berat jenis rendah mempunyai struktur ikatan antara partikel arang kurang kompak dan memiliki banyak rongga sehingga mudah diisi oleh uap air dari udara yang mengakibatkan kadar air lebih besar bila dibandingkan dengan kayu yang mempunyai berat jenis tinggi. Dijelaskan Muladi dan Wardhani (1994), bahwa tingginya nilai kadar air briket arang disebabkan oleh adanya air terikat dalam sel dan jembatan hidrogen yang tidak diputuskan rantainya. Penggunaan bahan perekat dari tepung tapioka yang mempunyai sifat mudah menyerap uap air dari lingkungannya akan meningkatkan kadar air dalam briket arang. Dipertegas oleh Goutara dan Wijandi (1975) menyatakan bahwa perekat tapioka memiliki sifat menyerap air dari udara dan Hendra (1992), bahwa ada kecenderungan semakin besar kadar perekat akan memperbesar kadar air briket arang.

Kerapatan

Berdasarkan data Tabel 2 nilai kerapatan briket arang yang dihasilkan tergolong tinggi. Nilai kerapatan tertinggi

diperoleh pada perlakuan P1 dan P2. Tingginya nilai kerapatan yang dihasilkan dipengaruhi oleh seragamnya ukuran serbuk yang digunakan (lolos 40 mesh tertahan 60 mesh). Hendra & Winarni (2003) menyatakan bahwa ukuran serbuk arang yang halus dan seragam menyebabkan ikatan antar partikel arangnya lebih maksimal dan kecenderungan terdapatnya ruang ruang kosong antar partikel sangat kecil. Semakin homogen ukuran partikel arang maka akan semakin tinggi pula nilai kerapatan yang dihasilkan. Kayu berat jenis tinggi (tumih) menghasilkan serbuk arang yang lebih berat daripada kayu berat jenis rendah (gerunggung), hal tersebut menyebabkan volume (jumlah) serbuk arang ketika ditimbang dengan berat yang sama menjadi lebih kecil (sedikit) daripada serbuk arang dari kayu berat jenis rendah. Serbuk arang lebih besar (banyak) dan volume briket arang menjadi lebih besar sehingga menurunkan nilai kerapatan briket arang tersebut. Sesuai dengan penjelasan bahwa jenis kayu yang berat jenisnya tinggi cenderung meningkatkan kerapatan briket arang yang dikutip dari Hartoyo, (1983) yang menyatakan berat jenis bahan baku yang digunakan akan mempengaruhi kerapatan briket arang yang dihasilkan dan Badri (1987) menyatakan briket arang yang terbuat dari dari serbuk arang kayu kerapatan tinggi

akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan tinggi, sedangkan briket arang yang terbuat dari serbuk arang kayu kerapatan rendah akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan rendah. Berdasarkan kadar air serbuk arang untuk bahan baku pembuatan briket arang terlihat pada Tabel 2, ternyata komposisi serbuk arang gerunggung memiliki kadar air tertinggi dibandingkan komposisi yang serbuk arangnya banyak jenis Tumih. Sesuai dengan penjelasan Sudradjat (1983) yang menyatakan bahan baku sangat berpengaruh terhadap kerapatan briket arang yang dihasilkan.

Keteguhan tekan

Berdasarkan data Tabel 2. Dapat dilihat bahwa nilai keteguhan tekan yang dihasilkan tidak memenuhi standar Permen ESDM No. 047/2006 yang mensyaratkan nilai keteguhan tekan minimal 65 kg/cm^2 , sedangkan SNI 01-6235-2000 tidak mensyaratkan (tidak ada nilai). Sudradjat (1982) menyatakan persyaratan umum standar kualitas briket arang dalam negeri untuk keteguhan tekan tinggi adalah $>12,0 \text{ kg/cm}^2$. Nilai keteguhan tekan yang dihasilkan tertinggi pada perlakuan P5 sebesar $27,21 \text{ kg/cm}^2$ dan terendah pada perlakuan P3 sebesar $14,02 \text{ kg/cm}^2$. Merujuk pada standar briket arang dalam negeri sebesar $>12,0 \text{ kg/cm}^2$ maka semua perlakuan di pada Tabel 2 terpenuhi.

Nurhayati (1989), menyatakan bahwa briket arang dari komposisi serbuk arang kayu berat jenis tinggi cenderung meningkatkan keteguhan tekan briket arang yang dihasilkan.

Nilai keteguhan tekan yang berbeda-beda disebabkan juga karena adanya perbedaan nilai kerapatan pada setiap perlakuan. Hendra (2007) menyatakan bahwa kerapatan mempengaruhi keteguhan tekan dimana tiap bahan baku memiliki kerapatan berbeda sehingga mengakibatkan nilai keteguhan tekan yang berbeda pula. Rendahnya nilai keteguhan tekan yang dihasilkan dipengaruhi oleh kadar abu yang relatif tinggi.

KESIMPULAN

Komposisi yang paling berpotensi untuk memenuhi kedua standar adalah 100 % kayu tumih dengan kadar air yang lebih rendah dari 10,10 %, kerapatan yang lebih tinggi dari 0,98 g/cm³ dan keteguhan tekan 25,68 kg/cm².

DAFTAR PUSTAKA

- Alpian. 2002. *Pengaruh Komposisi Serbuk Arang Kayu dan Limbah Industri Plywood dan Limbah Kayu HTI Terhadap Kualitas Briket Arang dengan Perekat Tepung Tapioka*, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Alpian, A., Prayitno, T. A., Sutapa, G. J., & Budiadi, B. (2011). Quality of Charcoal Made from Gelam Wood (*Melaleuca cajuputi*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 9(2), 141-152.
- ASTM Standards D . 2005. *Standar Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter*. In *Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Vol. 05.05*. West Conohocken, PA : American Society for Testing and Materials : 239-147.
- Badri, J. 1987. *Studi Pemanfaatan Serbuk Gergaji sebagai Bahan Baku Pembuatan Briket Arang*. Fakultas Kehutanan. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- BPS. 2017. *Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Provinsi*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta.
- BSN. 2000. SNI 01-6235-2000. *Briket Arang Kayu*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Dumanauw, J, F. 1990. *Mengenal Kayu*. Yogyakarta : Kanisius.
- Goutara dan S. Wijandi. 1975. *Dasar Pengolahan Gula II*. Agro Industri

- Press. Jurusan Teknologi Industri Pertanian. IPB. Bogor.
- Hartoyo. 1983. Pembuatan Arang dan Briket Arang Secara Sederhana dari Serbuk Gergaji dan Limbah Industri Perakayuan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Hendra, D., I. Winarni. 2003. *Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sebetan Kayu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan. Bogor. Buletin Hasil Hutan 21 (3) ; 211-226.
- Hendra, D. 2007. *Pembuatan Briket Arang dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa sebagai Sumber Energi Alternatif*. Jurnal Hasil Hutan. Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Kahariyadi, A., D. Setyawati, Nurhaida, F. Diba, E. Roslinda. 2015. *Kualitas Arang Briket Berdasarkan Persentase Arang Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Arang Kayu Laban (*Vitex pubescens* Vahl)*. Jurnal Hutan Lestari Vol 3 (4) : 561-568.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. *Peraturan Menteri ESDM No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara*. Jakarta
- Komaryati, S., Gusmailina, G. Pari. 2011. *Produksi Cuka Kayu Hasil Modifikasi Tungku Arang Terpadu*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol 29 (3) : 234-247.
- Lusyiani. 2011. *Analisis Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Kayu Galam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Tempurung Kemiri (*Aleurites moluceana* Wild)*. Jurnal Hutan Tropis Vol 12 (32).
- Maryono, Sudding dan Rahmawati. 2013. *Pembuatan dan Analisa Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa di Tinjau dari Kadar Kanji*. Makassar. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Makassar.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, S. A. Prawijaya, dan K. Kadir. 2005. *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Indonesia. Bogor.

- Muladi, S. dan I.Y. Wardhani. 1994. Kemungkinan Pemanfaatan Limbah sebagai Bahan Baku pada Industri Perakayuan. Laporan Penelitian Hasil Hutan. Lembaga Penelitian Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Nurhayati, S.T. 1989. Sifat Arang, Briket Arang dan Alkohol yang Dibuat dari Limbah Industri Kayu. Laporan Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan No. 165. Bogor.
- Republik Indonesia. *Undang Undang No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta
- Rindayatno, M. K. Sari, S. Wagiman. 2017. *Kualitas Briket Arang Berdasarkan Komposisi Campuran Arang dari Kayu Meranti Merah (Shorea sp.) dan Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L.)*. Prosiding Seminar Nasional Ke-1. Balai Riset dan Standarisasi Industri. Samarinda.
- Sudradjat, R. 1982. Produksi Arang dan Briket Arang Serta Prospek Pengusahaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian Bogor. Bogor
- Sudradjat, R. 1983. Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat, dan Tekanan Kempa terhadap Kualitas Briket Arang. Laporan No. 165. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor. Bogor.
- Supriyati, W. 1994. Variabilitas Sifat Fisik Arah Radial Kayu Tumeh (*Combretocarpus rotundatus* Dans) dan Kayu Bangkirai (*Shorea leavis* Rild).
- Triono. 2006. *Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (Maesopsis emini Engl.) dan Sengon (Paraserianthes falcataria L.)*. Skripsi. Bogor. Departemen Hasil hutan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.