

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA BRIKET ARANG BATANG KELAPA SAWIT DENGAN PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA

PHISICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF OIL PALM TRUNK CHARCOAL BRIQUETTES WITH ADDITION OF COCONUT SHELL CHARCOAL

Hakim Santo¹, Vonny Setiaries Johan¹, Yelmira Zalfiatri¹, Yanti Nopiani^{1*}

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kode Pos 28293, Pekanbaru

ABSTRAK

Limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket adalah limbah batang kelapa sawit dan tempurung kelapa karena memiliki kandungan lignin dan selulosa. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh karakter briket terbaik dari kombinasi arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan dan tiga ulangan, perlakuan dalam penelitian ini meliputi perbandingan batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 dan 50:50. Data dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis varians (ANOVA) dan dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Rang Test* (DNMRT) pada taraf 5%. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa berpengaruh terhadap kerapatan, kadar air, kadar karbon terikat, kadar abu, dan nilai kalor. Perlakuan terbaik adalah briket (50:50) dengan kerapatan 0,77 g/cm, kadar air 4,07%, kadar volatil 14,52%, kadar abu 6,25%, kadar karbon 75,14%, dan nilai kalor 7.998,07 kal/g.

Kata Kunci: Briket, tempurung kelapa, batang kelapa sawit

ABSTRACT

Oil palm trunks and coconut shells are biomass waste that can be used to make charcoal briquettes as an alternative energy source since they contain lignin and cellulose. The goal of this study was to find the optimum briquette character from a combination of oil palm trunk charcoal and coconut shell charcoal. This study employed a completely randomized design (CRD) with five treatments and three replications. In this investigation, the ratios of oil palm trunk to coconut shell charcoal were 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, and 50:50. The data was statistically examined using analysis of variance (ANOVA) and Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) at the 5% level. The study revealed that the ratio of oil palm trunk and coconut shell charcoal had an effect on specific gravity, moisture content, fixed carbon content, ash content, and calorific value. Briquettes (50:50) with a density of 0.77 g/cm³, a water content of 4.07%, a volatile content of 14.52%, an ash content of 6.25%, a carbon content of 75.14%, and a calorific value of 7,998.07 cal/g were the best treatment.

Keywords: Briquettes, coconut shells, oil palm trunks

*Penulis Korespondensi:
ynopiani@gmail.com

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar minyak terus mengalami peningkatan, sementara jumlah cadangan minyak bumi semakin menipis. Bahan bakar berbasis biomassa bersifat ramah lingkungan, mudah diperoleh, dan memiliki nilai ekonomis karena diperoleh dari kegiatan hasil pertanian, limbah peternakan dan limbah industri. Kelapa sawit merupakan jenis tanaman palma dan sebagai penghasil minyak nabati. Umur ekonomis kelapa sawit adalah 25 tahun, setelah mencapai umur tersebut tanaman kelapa sawit harus diremajakan karena terjadi penurunan produktivitas dan kondisi pohon yang terlalu tinggi menyulitkan dalam proses pemanenan (Lim dan Gan, 2005).

Peremajaan tanaman kelapa sawit merupakan kegiatan menanam kembali tanaman dan membongkar tanaman kelapa sawit yang tidak lagi produktif. Menurut Balfast (2009) batang kelapa sawit sisa proses peremajaan akan membusuk jika dibiarkan terletak di lahan perkebunan, selanjutnya proses pembusukan akan menyebabkan terjadinya proses pelepasan karbon ke atmosfer sehingga menyebabkan penambahan beban efek rumah kaca.

Pembuatan briket arang sebagai energi alternatif dari batang kelapa sawit merupakan salah satu pemanfaatan limbah yang dapat meningkatkan nilai ekonomis dari batang kelapa sawit sisa proses peremajaan. Briket arang merupakan bahan bakar padat dan berasal dari biomassa yang diarangkan. Kelemahan briket dari batang kelapa sawit memiliki kadar abu yang tinggi yaitu 19,18% dengan nilai kalor 4.993,33 kal/g (Sarwono *et al.*, 2018). Berdasarkan Masturin (2002), mutu briket dipengaruhi oleh kadar abu, dimana kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket. Oleh sebab itu diperlukan bahan baku tambahan yang dapat memperbaiki karakteristik briket arang batang kelapa sawit.

Daerah tropis merupakan daerah yang cocok untuk tanaman kelapa sawit, seperti Indonesia. Angka produksi buah kelapa yang tinggi tentunya akan banyak menghasilkan limbah tempurung kelapa. Salah satu cara untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah tersebut, tempurung kelapa dapat dijadikan arang dalam pembuatan briket. Briket tempurung kelapa memiliki kadar abu arang yang rendah yaitu 4,1% dan nilai kalor 6.160,38%,

hasil tersebut telah memenuhi SNI 01-6235-2000 sehingga penambahan arang tempurung kelapa dapat memperbaiki karakteristik briket arang batang kelapa sawit (Putri, 2017). Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan rasio terbaik dari arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa sebagai briket yang berkualitas sesuai dengan SNI 01-6235-2000.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam adalah batang kelapa sawit yang diperoleh dari hasil kegiatan peremajaan dan tempurung kelapa yang diperoleh dari limbah pengolahan santan kelapa di Desa Sari Galuh, Kecamatan Tapung, Kabupaten Kampar. Tapioka sebagai bahan perekat merek *Rose Brand* yang dibeli di pasar.

Peralatan yang digunakan adalah ayakan 60 *mesh*, sendok, nampan, alat pengaduk, alu, cetakan berbentuk silinder, *press* manual, *drum* karbonisasi dan kompor. Proses analisis menggunakan alat berupa cawan porselen, desikator, timbangan analitik, oven, tanur, *oxygen bomb calorimeter*, *micromire*, benang katun, alat tulis dan kamera.

Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dan 3 kali ulangan yang mengacu pada Nurhilal dan Suryaningsih (2018), yaitu rasio antara arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa. Rasio arang pada perlakuan dalam penelitian sebagai berikut:

- P1 = arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa (90:10)
- P2 = arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa (80:20)
- P3 = arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa (70:30)
- P4 = arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa (60:40)
- P5 = arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa (50:50)

Parameter yang diamati pada briket dari arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa yaitu: kerapatan, kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor dan dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

Pelaksanaan Penelitian

Pemilihan bahan

Penelitian ini menggunakan bahan baku limbah batang kelapa sawit, tempurung kelapa dan bahan perekat yaitu tapioka. Batang kelapa sawit diambil pada saat peremajaan sedangkan tempurung kelapa diambil dari buah kelapa yang sudah tua yang telah terpisah dari sabut dan dagingnya.

Proses karbonisasi batang kelapa sawit

Proses pengarangan batang kelapa sawit mengacu pada Sarwono (2018), proses pengarangan dilakukan di dalam drum yang berukuran sedang. Batang kelapa sawit dimasukkan ke dalam drum kemudian dilakukan karbonisasi.

Proses karbonisasi tempurung kelapa

Proses pengarangan tempurung kelapa mengacu pada Sarwono (2018), proses pengarangan dilakukan di dalam drum yang berukuran sedang. Tempurung kelapa dimasukkan ke dalam drum kemudian dilakukan karbonisasi.

Pembuatan perekat dari tapioka

Pembuatan perekat dari tapioka mengacu pada Triono (2006), tepung tapioka dilarutkan dalam air dengan perbandingan 1:10. Tapioka ditimbang sebanyak 5 g lalu ditambah air 50 ml, kemudian dimasak menggunakan kompor sambil diaduk hingga merata dan membentuk gel sehingga menghasilkan perekat tapioka yang siap digunakan.

Proses pembuatan briket

Proses pembuatan briket mengacu pada Saputra (2018). Arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa yang telah halus dicampur sesuai kombinasi perlakuan dan ditambahkan dengan perekat tapioka sebanyak 5 g.

Selanjutnya untuk mengurangi kadar air yang tinggi setelah proses pencetakan, maka dilakukan pengeringan menggunakan oven suhu 60°C selama 24 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan

Hasil analisis Anova menunjukkan bahwa rasio campuran arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa berpengaruh nyata terhadap kerapatan briket arang yang dihasilkan (Tabel 1). Berdasarkan Tabel 1, rasio perlakuan arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa menunjukkan nilai kerapatan yang saling berbeda nyata antar perlakuan. Kerapatan perlakuan P1 adalah 0,97g/cm³ dan perlakuan P5 adalah 0,77 g/cm³. Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kerapatan briket arang menurun seiring dengan semakin sedikitnya arang batang kelapa sawit dan semakin banyaknya arang tempurung kelapa, hal ini disebabkan karena nilai kerapatan arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa yang berbeda. Menurut Masturidin (2002) ukuran partikel yang lebih kecil dapat meningkatkan kerapatan briket akibat dari luasnya bidang ikatan antar serbuk. Hal ini sejalan dengan apa yang dikemukakan oleh Rustini (2004) bahwa nilai kerapatan akan semakin tinggi jika bahan briket yang digunakan memiliki tingkat kehalusan yang tinggi. Hal ini karena ikatan-ikatan antar bahan akan semakin baik.

Kadar Air

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa rasio campuran arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa berpengaruh nyata terhadap kadar air briket yang dihasilkan. Nilai rata-rata kadar air briket disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Penilaian sensori *velva*

Perlakuan	Kerapatan (g/cm ³)	Kadar air (%)	Kadar zat menguap (%)	Kadar abu (%)	Kadar karbon terikat (%)	Nilai kalor (kal/g)
P1	0,97 ^a	5,17 ^a	15,76 ^a	6,96 ^a	72,09 ^a	6959,55 ^a
P2	0,92 ^b	5,01 ^a	14,94 ^b	6,89 ^{ab}	73,31 ^b	7614,51 ^b
P3	0,87 ^c	4,56 ^b	14,76 ^c	6,74 ^b	73,74 ^c	7850,76 ^c
P4	0,82 ^d	4,39 ^b	14,66 ^{cd}	6,50 ^c	74,43 ^d	7897,43 ^c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 1, kadar air terendah terdapat pada perlakuan P5 (50:50) dengan nilai sebesar 4,07% yang berbeda nyata terhadap P1, P2, P3 dan P4, sedangkan tingkat kadar air tertinggi yaitu pada perlakuan P1 (90:10) dengan nilai sebesar 5,17% yang berbeda nyata terhadap perlakuan P3, P4 dan P5 tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan P2. Kadar air briket arang dipengaruhi oleh bahan baku pembuatan briket. Data pada Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai kadar air briket arang menurun seiring dengan semakin sedikitnya arang batang kelapa sawit dan semakin banyaknya arang tempurung kelapa.

Perbedaan nilai kadar air briket dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang terdapat pada bahan baku. selulosa memiliki sifat hidrofilik (suka air) sedangkan lignin memiliki sifat hidrofobik (anti air), sehingga penambahan arang yang memiliki kandungan lignin tinggi dapat menurunkan nilai kadar air (Fatriasari, 2019). Menurut Jaya dan Khair (2020) kadar lignin limbah pelepah kelapa sawit adalah 12,50% dan menurut Moeksin *et al.* (2017) kadar lignin tempurung kelapa adalah 50,03%. Hasil dari analisa kadar air dalam penelitian ini telah sesuai dengan SNI 01-6235-2000 yaitu nilai kadar air maksimal sebesar 8% dan nilai rata-rata kadar air briket yang diperoleh berkisar 4,07-5,17%.

Kadar Zat Menguap

Hasil analisa ANOVA menunjukkan bahwa rasio campuran arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa berpengaruh nyata terhadap kadar zat menguap briket arang yang dihasilkan (Tabel 1). Berdasarkan Tabel 3, tingkat kadar zat menguap terendah terdapat pada perlakuan P5 (50:50) dengan nilai sebesar 14,52% yang berbeda nyata terhadap perlakuan P1, P2, P3 dan P4, sedangkan tingkat kadar zat menguap tertinggi yaitu pada perlakuan P1 (90:10) dengan nilai sebesar 15,76% yang berbeda nyata terhadap perlakuan P2, P3, P4 dan P5. Nilai kadar zat menguap briket arang dipengaruhi oleh bahan baku pembuatan briket. Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai kadar zat menguap briket arang menurun seiring dengan semakin sedikitnya arang batang kelapa sawit dan semakin banyaknya arang tempurung kelapa, hal ini disebabkan oleh nilai kadar zat menguap arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa yang berbeda.

Daya bakar briket juga dipengaruhi oleh kadar zat menguap yang terkandung pada briket. Semakin tinggi kadar zat menguap maka semakin mudah bahan baku untuk terbakar dan menyala sehingga laju pembakaran semakin cepat. Kadar zat menguap yang tinggi akan berpengaruh terhadap penurunan kadar karbon terikat (Satmoko *et al.*, 2013).

Kadar Abu

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa rasio campuran arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa berpengaruh nyata terhadap kadar abu briket arang. Nilai rata-rata kadar abu briket arang dapat dilihat pada Tabel 1. Kadar abu terendah terdapat pada perlakuan P5 (50:50) dengan nilai sebesar 6,25% yang berbeda nyata terhadap perlakuan P1, P2, P3 dan P4, sedangkan tingkat kadar abu tertinggi yaitu pada perlakuan P1 (90:10) dengan nilai sebesar 6,96% yang berbeda nyata terhadap perlakuan P3, P4 dan P5 tetapi berbeda tidak nyata terhadap perlakuan P2. Bahan baku briket yaitu arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa akan mempengaruhi kadar abu briket.

Kadar abu briket arang menurun seiring dengan semakin sedikitnya arang batang kelapa sawit dan semakin banyaknya arang tempurung kelapa. Menurut Kahariyadi *et al.* (2015) arang batang kelapa sawit memiliki kadar abu 4,13% dan menurut Kurniawan (2019) kadar abu arang tempurung kelapa adalah 3,77%.

Menurut Sani (2009), kandungan silika yang terdapat pada kadar abu mempunyai dampak negatif terhadap nilai kalor, hal ini disebabkan karena silika/silikon dioksida (SiO_2) memiliki efektifitas senyawa penyerap, proses karbonisasi senyawa silika dapat mengikat senyawa anorganik sehingga kadar abu yang dihasilkan jauh lebih tinggi.

Kadar abu pada penelitian ini telah memenuhi syarat mutu dan kualitas briket SNI 01-6235-2000 dengan maksimal kadar abu 8%. Menurut Manalu (2010), abu dapat menurunkan mutu daya bakar, hal ini disebabkan abu tidak memiliki energi. Semakin rendah kadar abu maka semakin baik briket yang dihasilkan.

Kadar Karbon Terikat

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa rasio campuran arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa berpengaruh nyata terhadap kadar karbon terikat briket arang yang dihasilkan (Tabel 1).

Berdasarkan Tabel 1, kadar karbon terikat terendah yaitu pada perlakuan P1 (90:10) dengan nilai sebesar 72,09% yang berbeda nyata terhadap perlakuan P2, P3, P4 dan P5, sedangkan tingkat kadar karbon tertinggi yaitu pada perlakuan P5 (50:50) dengan nilai sebesar 75,14% yang berbeda nyata terhadap perlakuan P1, P2, P3 dan P4. Berdasarkan hasil penelitian, kadar karbon terikat briket arang meningkat seiring dengan semakin sedikitnya arang batang kelapa sawit dan semakin banyaknya arang tempurung kelapa, hal ini disebabkan oleh nilai kadar karbon terikat arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa yang berbeda. Nilai karbon terikat pada tempurung kelapa adalah 58,07% (Qistina *et al.*, 2016) dan nilai karbon terikat pada batang kelapa sawit adalah 33,39% (Sarwono *et al.*, 2018).

Hasil dari analisa kadar karbon terikat pada penelitian ini belum memenuhi syarat mutu dan kualitas briket SNI 01-6235-2000 yaitu dengan kadar karbon terikat minimal 77%, sementara, nilai rata-rata kadar karbon terikat pada penelitian ini berkisar 72,09-75,14%. Karbon sebagai bahan bakar dan sumber panas akan bereaksi untuk menghasilkan api, oleh sebab itu semakin tinggi kandungan karbon terikat, maka semakin tinggi pula nilai kalor briket.

Nilai Kalor

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa rasio campuran arang batang kelapa sawit dan arang tempurung kelapa berpengaruh nyata terhadap terhadap nilai kalor yang dihasilkan (Tabel 1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P1 (90:10) memiliki nilai kalor terendah (6.959,55 kal/g) yang berbeda nyata dengan P2, P3, P4 dan P5, sedangkan P5 (50:50) memiliki nilai kalor tertinggi (7.998,07 kal/g) dan berbeda nyata terhadap perlakuan P1, P2, P3 dan P4.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai karbon terikat meningkat seiring dengan meningkatnya penambahan arang tempurung kelapa. Peningkatan nilai kalor berkaitan dengan nilai karbon terikat yang terkandung pada bahan pembuatan briket yang dalam hal ini tempurung kelapa memiliki kadar karbon terikat yang lebih tinggi (58,07%) (Qistina *et al.*, 2016) sementara batang kelapa sawit memiliki kadar karbon terikat sejumlah 33,39% (Sarwono *et al.*, 2018). Menurut Bahri (2007) kadar karbon terikat berpengaruh terhadap nilai kalor pada briket yang dihasilkan.

Briket yang bermutu tinggi ditandai dengan nilai tingginya nilai kalor yang juga dipengaruhi oleh nilai karbon terikat yang terkandung pada bahan baku briket. Hal ini dikarenakan pada proses pembakaran akan membutuhkan karbon yang akan bereaksi dengan oksigen dan akan menghasilkan panas sebagai sumber kalor.

Nilai kalor pada penelitian ini telah memenuhi syarat mutu dan kualitas briket SNI 01-6235-2000 dengan nilai kalor minimal sebesar 5.000 kal/g, dengan rata-rata nilai kalor pada penelitian ini berkisar 6.959,55–7.998,07 kal/g. Penetapan nilai kalor pada SNI 01-6235-2000 bertujuan untuk mengetahui jangkauan nilai panas briket saat dibakar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak arang tempurung kelapa akan meningkatkan kadar karbon terikat dan nilai kalor serta menurunkan kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap. Rasio campuran terbaik dalam pembuatan briket arang adalah perlakuan P5 dengan nilai kerapatan 0,77 g/cm³, kadar air 4,07%, kadar zat menguap 14,52%, kadar abu 6,25%, kadar karbon terikat 75,14% dan nilai kalor 7.998,07 kal/g. Briket arang pada penelitian ini memiliki nilai kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan nilai kalor yang telah memenuhi syarat mutu dan kualitas briket, sementara nilai karbon terikat belum memenuhi syarat mutu dan kualitas briket arang SNI 01-6235-2000.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional, 2000. Briket Arang Kayu SNI 01-6235-2000. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta Pusat.
- Balfast, J. 2009. Teknologi pengolahan kayu kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 27(3):245-255.
- Jaya, D.W dan M, Khair. 2020. Pembuatan karbon aktif melalui karbonisasi batang kelapa sawit. *Periodic*: 9 (1).
- Lim, S. C. dan K. S. Gan. 2005. Characteristics and Utilization of Oil Palm Stem. *Timber Technology Bulletin*. Forest Research Institute Malaysia. Kepong, Selangor Darul Ehsan
- Manalu, R. 2010. Pengaruh jumlah bahan perekat terhadap kualitas briket bioarang dari tongkol jagung. Skripsi. Departemen Teknologi Pertanian. Sumatera Utara.

- Masturin, A. 2002. Sifat fisik dan kimia briket arang dari campuran arang limbah gergajian kayu. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Moeksin, R., A.G. Pratama dan D.W. Tyani. 2017. Pembuatan briket bioarang dari campuran limbah tempurung kelapa sawit dan cangkang biji karet. *Jurnal Teknik Kimia*. 3(23): 146–156
- Nurhilal O. dan S. Suryaningsih. 2018. Pengaruh komposisi campuran sabut dan tempurung kelapa terhadap nilai kalor biobriket dengan perekat molase. *JIFF*. 2(1): 8–14.
- Paisal dan Karyani, M. S. 2014. Analisa kualitas briket arang kulit durian dengan campuran kulit pisang pada berbagai komposisi sebagai bahan bakar alternatif. Jurusan Teknik Mesin. Ambon: Poltek.
- Putri, R. E. dan Andasuryani. 2017. Studi mutu briket arang dengan bahan baku limbah biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 21(2):143-151.
- Rustini, 2004. Pembuatan briket arang dari serbuk gergaji kayu pinus dengan penambahan tempurung kelapa. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Saputra, N. 2018. Karakteristik briket tongkol jagung dan serbuk gergaji kayu dengan perekat tapioka. Skripsi. Universitas Riau.
- Sari, N. R. 2014. Variasi komposisi campuran daun pisang dan tempurung kelapa pada pembuatan biobriket sebagai bahan bakar alternatif. Skripsi. Palembang.
- Sarwono, E., M. B. Adinegoro, dan B. N. Widarti. 2018. Pengaruh variasi komposisi batang, pelepah, dan daun tanaman kelapa sawit terhadap kualitas briket bioarang. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2(1):11-22.
- 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*). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.