

KARAKTERISTIK ARANG AKTIF AMPAS TEBU (*Sacharum officinarum*, *Linn.*) MENGGUNAKAN AKTIVASI FISIKA

*Characteristic The Activated Charcoal Of Bagasse (*Sacharum officinarum*, *Linn.*)
Physial Activation*

Harsusanti, Febriana Tri Wulandari, dan Dwi Sukma Rini

Program Studi Kehutanan Universitas Mataram
Jln Majapahit No. 62 Telp. 632470 Mataram

E-mail : Harsusantii@gmail.com

Abstract

*Sugarcane (*Saccharum officinarum*) is mostly used as a drink by grinding and then taken the extract, while the bagasse is not used anymore and becomes waste. the effort that can be done to overcome the bagasse waste problem is to convert the bagasse into activated charcoal. Activated charcoal is charcoal that has pores with a large surface area, so as to enhance the adsorption power. This study aims to determine the characteristics of activated charcoal from bagasse using physical activation and the effect of temperature variations on its characteristics. This study used an experimental method with Completely Randomized Design. Physical activation was performed with three variations of temperature, which is 600 ° C, 700 ° C and 800 ° C for 120 minutes. The results were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at the 5% significance level. If there was a significant difference, then tested further by using Honestly Significant Difference (HSD) at 5% level. The results showed that activated charcoal bagasse using physical activation has an average value of the yield of 13,61%, moisture content 1,46%, volatile matter 26,27%, ash content 22,20%, fixed carbon to 51.63% and the absorption of iodine 459, 52 mg/g. Activation temperature significantly affected yield, volatile matter, fixed carbon and iodine absorption. The best activation temperature used in this study is at a temperature of 800 ° C.*

Keywords: *Activated Charcoal, Bagasse, Physical*

Abstrak

Tebu (*Saccharum officinarum*) sebagian besar dimanfaatkan sebagai minuman dengan cara digiling kemudian diambil sarinya, sementara ampasnya dibuang dan tidak dimanfaatkan lagi. Usaha yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan limbah ampas tebu adalah dengan mengubah ampas tebu menjadi arang aktif. Arang aktif adalah arang yang memiliki pori dengan luas permukaan yang besar sehingga mampu meningkatkan daya adsorpsinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arang aktif ampas tebu menggunakan aktivasi fisika, dan pengaruh variasi suhu terhadap karakteristik arang aktif ampas tebu. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap. Aktivasi fisika dilakukan dengan tiga variasi suhu, 600°C, 700°C, dan 800°C selama 120 menit. Hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%. Jika diantara perlakuan ada yang berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) pada

taraf 5%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa arang aktif ampas tebu dengan menggunakan aktivasi fisika memiliki rata-rata nilai rendemen 13.61%, kadar air 1.46%, zat terbang 26.27%, kadar abu 22.20%, karbon terikat 51.63% dan daya serap iod 459.52 mg/g. Suhu aktivasi berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar zat terbang, karbon terikat dan daya serap iod. Suhu aktivasi yang terbaik digunakan pada penelitian ini yaitu pada suhu 800°C.

Kata Kunci: Ampas Tebu, Arang Aktif, Aktivasi Fisika

PENDAHULUAN

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim. Tebu tumbuh di dataran rendah daerah tropika dan dapat tumbuh juga disebagian daerah sub tropika atau daerah-daerah, sampai 1400 meter di atas permukaan laut (Witono, 2003). Data produksi tebu berdasarkan kabupaten/ kota NTB 2013, bahwa produksi tebu pada tahun 2008 sebesar 1.221,46 ton, tahun 2009 mencapai 414,88 ton, pada tahun 2010 mencapai angka 1.848,05 ton, dan pada tahun 2011 mencapai angka produksi tertinggi 2.384,74 ton dengan luas perkebunan tebu pada daerah Lombok timur mencapai 21.00 hektar, Sumbawa mencapai luas 10.00 hektar, dan Sumbawa barat mencapai luas 54.00 hektar (Kabupaten/ Kota NTB, 2013).

Berdasarkan hasil survei di Kota Mataram NTB, bahwa hasil limbah dari ampas tebu mencapai 16 kg perhari dari satu orang penjual minuman tebu, jika penjualan minuman tebu selama satu bulan bisa menghasilkan kurang lebih 480 kg limbah, berdasarkan jumlah survei yang dilakukan, ada 10 penjual minuman tebu yang ada disekitar Mataram, sehingga limbah ampas tebu yang dihasilkan bisa meningkat mencapai 4800 kg perbulan. Data ini menunjukkan bahwa limbah ampas tebu yang dihasilkan sangat banyak. Sehingga usaha yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan limbah ini adalah dijadikan arang aktif.

Arang aktif adalah arang yang telah diproses dengan cara diaktivasikan, sehingga memiliki pori dengan luas permukaan yang besar sehingga mampu meningkatkan daya adsorpsinya. Arang aktif merupakan material yang memiliki diameter pori dengan ukuran skala molekul (nanometer) yang memiliki gaya Van derwaals yang kuat (Arfan, 2006). Secara kimiawi, komponen utama penyusun yang terdapat pada ampas tebu adalah serat yang didalamnya terkandung gugus selulosa, poliosa seperti hemiselulosa, lignoselulosa dan lignin (Santosa dkk., 2003). Dari kandungan senyawa tersebut limbah ampas tebu dapat diolah menjadi arang aktif karena mengandung karbon yang cukup tinggi.

Arang aktif akan terbentuk, jika diberikan proses aktivasi. Proses aktivasi pada arang ada dua, antara lain proses fisika, kimia. Penelitian ini menggunakan aktivasi fisika karena menurut penelitian dari Wijayanti (2009) dengan menggunakan aktivasi fisika dapat menghasilkan arang aktif terbaik dengan menggunakan bahan baku limbah ampas tebu

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk

mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2012).

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Mei 2018 di beberapa lokasi penelitian yaitu : Pengeringan bahan baku dilaksanakan di Laboratorium Silvikultur dan Teknologi Hasil Hutan, Program Studi Kehutanan, Universitas Mataram. Proses karbonisasi, dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Hutan, BPTHBK Mataram. Aktivasi dan Pengujian sifat fisika arang aktif ampas tebu dilaksanakan di Laboratorium Biokimia, Fakultas Teknologi Pangan, Universitas Mataram

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu: parang, desikator, tanur, oven, timbangan analitik, retort, labu Erlenmeyer, gelas ukur, cawan porselin, shaker dan stirrer, larutan Iodin, larutan Natrium tio sulfat, larutan amilum, Aquades

Prosedur Penelitian

1. Persiapan bahan baku
2. Karbonisasi
3. Proses aktivasi

Pengujian

Pengujian berdasarkan kriteria SNI No. 06-3730- 1995 tentang standar kualitas arang aktif

Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap. Dengan perlakuan variasi suhu (600 °C, 700 °C, 800 °C) dengan menggunakan waktu 120 menit. Pengacakan sampel diperoleh dan dilihat pada S1 = 600 °C, S2 = 700°C, S3 = 800°C. jadi ulangan yang digunakan sebanyak tiga kali ulangan sehingga diperoleh 9 contoh uji

Analisis Data

Analisis keragamannya menggunakan software SPSS 24. Data hasil pengujian berbeda nyata yaitu ($F_{hit} > F_{tabel}$) maka H_0 ditolak berarti suhu aktivasi berpengaruh terhadap karakteristik arang aktif ampas tebu maka dilakukan uji lanjut yaitu uji BNJ dengan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Rendemen arang aktif merupakan jumlah arang aktif yang dihasilkan setelah proses aktivasi, sehingga diharapkan nilai rendemen tinggi. Nilai rendemen yang dihasilkan tergantung pada jenis dan kadar air bahan baku yang digunakan (Lempang et al ,2009 cit. Sudrajat dan Soleh,1994). Berdasarkan hasil penelitian rendemen arang aktif ampas tebu memiliki nilai rata-rata 13,61%.

Tabel Nilai rendemen arang aktif limbah ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn.)

Suhu	U1	U2	U3	Rata-rata %
S1	16,46	15,44	16,10	16,00
S2	12,96	13,62	13,03	13,20
S3	11,25	11,46	12,15	11,62
Rata-rata				13,61

Keterangan: S1 : Suhu 600°C, S2 : Suhu 700°C, S3 : Suhu 800°C, U1 : Ulangan 1, U2 : Ulangan 2, dan U3 : Ulangan 3.

Berdasarkan Tabel 4.1 Rendemen tertinggi diperoleh dari perlakuan S1, dengan nilai sebesar 16,00%, sedangkan untuk rendemen terendah diperoleh dari perlakuan S3, dengan nilai 11,62%. Peningkatan suhu aktivasi cenderung menurunkan rendemen arang aktif, (Lempang et al., 2009).

Tabel Hasil Analisis Sidik Ragam Rendemen

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadran (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	2	29,482	14,741	70,874	5,14
Galat	6	1,248	0,208		
Total	9	1698,578			

Berdasarkan Tabel 4.2 bahwa nilai F hitung lebih besar (70,874) dari nilai F tabel (5,14) sehingga H₀ ditolak. Dengan kata lain variasi suhu berpengaruh nyata terhadap rendemen arang aktif, untuk mengetahui perbedaan setiap perlakuan maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji BNJ, karena koefisien keragamannya dibawah 5%.

Berdasarkan hasil uji lanjut setiap perlakuan menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu nilai rendemen semakin rendah, sesuai dengan pendapat Lempang et al,(2009), tinggi suhu aktivasi cenderung menurunkan rendemen arang aktif. Suhu aktivasi yang semakin meningkat menyebabkan reaksi dalam retort semakin cepat, sehingga mengakibatkan peningkatan degradasi pada arang.

Kadar Air

Kadar air merupakan kandungan air pada arang aktif dengan kondisi kering tanur. Kadar air arang aktif mempengaruhi daya serap terhadap gas maupun cairan (Lempang et al, 2009 cit. Pari, 1996). Berdasarkan hasil penelitian kadar air arang aktif ampas tebu memiliki nilai rata-rata 1,46%. masuk dalam standar SNI 06-0370-1995 yaitu maksimal 15%

Tabel 4.3. Nilai kadar air arang aktif ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn.)

Suhu	U1	U2	U3	Rata-rata %
S1	2,03	1,49	2,20	1,91

S2	1,70	1,04	1,00	1,25
S3	1,24	1,24	1,24	1,24
Rata-rata	1,46			

Keterangan: S1 : Suhu 600°C, S2 : Suhu 700°C, S3 : Suhu 800°C, U1 : Ulangan 1, U2 : Ulangan 2, dan U3 : Ulangan 3.

Berdasarkan Tabel dapat diketahui bahwa nilai kadar air terbaik diperoleh dari perlakuan S3, dengan nilai sebesar 1,24%. Sedangkan nilai kadar air yang tertinggi diperoleh dari perlakuan S1, dengan nilai sebesar 1,91%. Menurut Fauziah (2009 cit Sjostrom, 1995), semakin tinggi suhu maka dehidrasi semakin meningkat, sehingga air yang terkandung di dalam arang aktif akan semakin banyak menguap.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diketahui bahwa variasi suhu tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar a nilai F hitung lebih kecil (4,540) dibandingkan dari nilai F tabel (5,14) sehingga H0 diterima. Dengan kata lain kadar air arang aktif ampas tebu relatif seragam pada suhu aktivasi 600°C, 700°C, dan 800°C.

Zat Terbang

Nilai zat terbang merupakan kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi dan proses aktivasi, sehingga dapat diketahui besarnya kandungan zat selain karbon yang terdapat pada permukaan arang aktif (Sakmah, 2017 cit. Hendra et al., 2014). Berdasarkan hasil penelitian zat terbang arang aktif ampas tebu memiliki nilai rata-rata 26,27%.

Tabel Nilai Zat terbang arang aktif ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn.)

Suhu	U1	U2	U3	Rata-rata %
S1	41,58	41,13	36,73	39,81
S2	19,27	19,13	24,61	21,00
S3	19,87	16,67	17,40	17,98
Rata-rata	26,27			

Keterangan: S1: Suhu 600°C, S2: Suhu 700°C, S3: Suhu 800°C, U1 : Ulangan 1, U2: Ulangan 2, dan U3: Ulangan 3.

Berdasarkan Tabel dapat diketahui bahwa nilai zat terbang yang terbaik dengan nilai terendah, yaitu 17,98% nilai tersebut diperoleh dari perlakuan S3. Nilai tertinggi pada zat terbang, yaitu 39,81% nilai tersebut diperoleh dari perlakuan S1. Menurut Fauziah (2009, cit Hendra dan Darmawan, 2004), bahwa besarnya zat terbang ditentukan oleh waktu dan suhu yang digunakan.

Tabel Hasil Analisis Sidik Ragam Zat Terbang

SumberDerajat Keraga Bebas man (db)	Jumlah Kuadran (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	812,640	406,320	64,959	5,14

Galat	6	37,530	6,255
Total	9	7008,87	2

Berdasarkan Tabel bahwa nilai F hitung lebih besar (64,959) dari nilai F tabel (5,14) sehingga H₀ ditolak. Dengan kata lain variasi suhu berpengaruh nyata terhadap zat terbang arang aktif ampas tebu, sehingga dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji BNJ, karena koefisien keragamannya dibawah 5%.

Setelah dilakukan uji lanjut bahwa perlakuan S1 berbeda nyata dengan S2 dan S2 tidak berbeda nyata dengan S3. semakin tinggi suhu yang digunakan nilai zat terbang semakin rendah. Menurut Aisyah, (2016) Semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan maka kadar air, kadar abu, karbon terikat, dan nitrogen akan lebih menguap dari setelah melalui proses karbonisasi.

Kadar Abu

Nilai kadar abu merupakan kandungan logam oksida pada arang aktif yang belum menguap pada saat proses karbonisasi dan proses aktivasi. Tingginya kadar abu yang terdapat pada arang aktif disebabkan terjadinya reaksi oksidasi selama berlangsungnya proses aktivasi, (Lempang et al, 2009). Berdasarkan hasil penelitian kadar abu arang aktif ampas tebu memiliki nilai rata-rata 22,20%. nilai kadar abu dalam penelitian ini tidak masuk dalam standar SNI 06-0370-1995 nilai maksimal 10%.

Tabel Nilai kadar abu arang aktif ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn.)

Suhu	U1	U2	U3	Rata-rata %
S1	28,68	17,39	22,55	22,88
S2	14,93	24,79	22,32	20,68
S3	20,99	22,63	25,49	23,04
Rata-rata				22,20

Keterangan: S1 : Suhu 600°C, S2 : Suhu 700°C, S3 : Suhu 800°C, U1 : Ulangan 1, U2 : Ulangan 2, dan U3 : Ulangan 3.

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa nilai kadar abu terendah yaitu 20,68% yang diperoleh dari perlakuan S2, sedangkan nilai kadar abu tertinggi yaitu 23,04% yang diperoleh dari perlakuan S3. Kadar abu yang tinggi mengurangi daya serap arang aktif terhadap larutan, adanya kandungan dalam kadar abu seperti kalsium, magnesium dan natrium akan menyebar pada kisi-kisi arang aktif (Pari, 2004). Hal inilah yang akan mengganggu kinerja arang aktif berkurang.

Tabel. Hasil Analisis Sidik Ragam Kadar Abu

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	2	10,386	5,193	0,246	5,14

Galat	6	126,90	21,150
		0	
Total	9	4574,2	40

Berdasarkan Tabel 4.8 bahwa nilai F hitung lebih kecil (0,246) dari nilai F tabel (5,14) sehingga H₀ diterima. Dengan kata lain kadar abu relatif seragam pada suhu aktivasi 600°C, 700°C, dan 800°C

Karbon Terikat

Nilai karbon terikat merupakan untuk mengetahui tingkat kemurnian karbon dari arang aktif, sehingga dari nilai kadar karbon terikat dapat diketahui potensi untuk dijadikan arang aktif (Lempang et al, 2012). Berdasarkan hasil penelitian ini karbon terikat arang aktif ampas tebu memiliki nilai rata-rata 51,63%. nilai karbon terikat dalam penelitian ini tidak masuk standar SNI 06-0370-1995 nilai maksimal 65%.

Tabel Nilai karbon terikat arang aktif ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn.)

Suhu	U1	U2	U3	Rata-rata%
S1	29,72	42,47	40,71	37,63
S2	65,79	56,06	53,06	58,30
S3	59,12	60,68	57,09	58,97
Rata-rata				51,63

Keterangan: S1 : Suhu 600°C, S2 : Suhu 700°C, S3 : Suhu 800°C, U1 : Ulangan 1, U2 : Ulangan 2, dan U3 : Ulangan 3.

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa nilai karbon terikat tertinggi yaitu 58,97 %, nilai tersebut diperoleh dari perlakuan S3, sedangkan nilai terendah, yaitu 37,63% diperoleh dari perlakuan S1. Menurut Lempang et al, (2014 cit. Sjostrom,1995), menyatakan bahwa suhu yang semakin tinggi akan meningkatkan kandungan karbon karena dehidrasi lebih sempurna.

Tabel Hasil Analisis Sidik Ragam Karbon terikat

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadran (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	2	882,835	441,417	13,906	5,14
Galat	6	190,454	31,742		
Total	9	25071,0	58		

Berdasarkan Tabel bahwa nilai F hitung lebih besar (13,906) dari nilai F tabel (5,14) sehingga H₀ ditolak. Dengan kata lain variasi suhu berpengaruh nyata terhadap karbon terikat arang aktif ampas tebu, sehingga dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji BNJ, karena koefisien keragamannya dibawah 5%.

Setelah dilakukan uji lanjut bahwa semakin tinggi aktivasi suhu digunakan semakin tinggi karbon terikat yang dihasilkan. Tingginya kadar karbon tersebut

menunjukkan bahwa fraksi karbon yang terikat didalam arang semakin tinggi (Fauziah, 2009).

Daya Serap Iod

Kualitas arang aktif terbaik dapat dilihat dari kemampuan daya serapnya terhadap beberapa senyawa. Nilai daya serap iod menggambarkan bahwa diameter mikropori yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih dari 10 Amstrong, Darmawan (et al. 2009 cit. Simsek dan Cerny, 1970). Berdasarkan hasil penelitian daya serap iod memiliki nilai rata-rata 459,52 mg/g. nilai daya serap iod dalam penelitian ini tidak masuk standar SNI 06-0370-1995 nilai maksimal 750 ml/g.

Tabel Daya serap iod arang aktif ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn.)

Suhu	U1	U2	U3	Rata-rata(mg/g)
S1	423,86	403,90	428,54	418,76
S2	435,07	453,86	462,02	450,31
S3	515,32	497,66	515,53	509,50
Rata-rata(mg/g)				459,52

Keterangan:S1 : Suhu 600°C, S2 : Suhu 700°C, S3 : Suhu 800°C, U1 : Ulangan 1, U2 : Ulangan 2, dan U3 : Ulangan 3.

Berdasarkan Tabel 4.11 Nilai daya serap iod tertinggi yaitu 509,50 mg/g diperoleh dari perlakuan S3, sedangkan nilai terendah pada daya serap iod pada perlakuan S1 yaitu 418,76 mg/g. Hal ini disebabkan semakin meningkat suhu aktivasi dan waktu aktivasi daya serap arang aktif terhadap iod juga semakin meningkat (Lempang et al., 2012).

Tabel. Hasil Analisis Sidik Ragam Daya Serap Iod

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadran (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	2	12731,607	6365,80	40,855	5,14
Galat	6	934,881	155,813		
Total	9	1914167,68			
		5			

Berdasarkan Tabel 4.6.2 bahwa nilai F hitung lebih besar (40,855) dari nilai F tabel (5,14) sehingga H0 ditolak. Dengan kata lain variasi suhu berpengaruh nyata terhadap daya serap iod arang aktif ampas tebu, sehingga dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji BNJ, karena koefisien keragamannya dibawah 5%. Setelah dilakukan uji lanjut bahwa S1 berbeda nyata dengan S2 dan S3 bahwa semakin rendah suhu aktivasi yang digunakan maka semakin kecil kemampuan serapnya. Rendahnya daya serap arang aktif ini dapat disebabkan sedikitnya struktur mikropori yang terbentuk dan kurang dalam (Pari et al., 2000).). Dapat

disimpulkan bahwa daya serap yang diharapkan tinggi sehingga suhu yang optimal untuk digunakan yaitu pada perlakuan S3 dengan nilai 509.50 mg/g.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sidik ragam karakteristik arang aktif ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn.) menggunakan aktivasi fisika yang telah dilakukan bisa disimpulkan bahwa :

1. Arang aktif ampas tebu dengan menggunakan aktivasi fisika memiliki rata-rata nilai rendemen 13.61%, kadar air 1.46%, zat terbang 26.27%, kadar abu 22.20%, karbon terikat 51.63% dan daya serap iod 459.52 mg/g.
2. Suhu aktivasi berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar zat terbang, karbon terikat dan daya serap iod. Suhu aktivasi yang terbaik digunakan pada penelitian ini yaitu pada suhu 800°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, S. 2010. Penurunan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas (FFA) pada Proses Bleaching Minyak Goreng Bekasoleh Karbon Aktif Polong Buah Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk) dengan Aktivasi NaCl. Malang. Diakses tanggal 21 Mei 2012.
- BSN. Badan Standarisasi Nasional. Arang aktif teknis. (BSN), Jakarta. (ID): BSN 1995.
- Dermawan, S. 2004. Pengolahan dan Pemanfaatan Kemiri. Prosiding ekspose Diskusi Hasil Hutan Penelitian BPPKNTB, 4 Desember 2004. Kupang.
- Fauziah, N. 2009. Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung dari Kulit *Acasia mangium wild* dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasi Sebagai Adsorben. Skripsi, Departemen Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Hartoyo dan G. Pari. 1993. Peningkatan rendemen dan daya serap arang aktif dengan cara kimia dosis rendah dan gasifikasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 11(5) (1993). 205 – 206. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- J.Latifan, Rio dan Diah Susanti. 2012. “Aplikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (*Pangium edule*) dengan Variasi Temperatur Karbonisasi dan Aktivasi Fisika sebagai Electric Double Layer Capacitor (EDLC).” *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi*. Vol. 1 No. 1 (2012). Institut Teknologi Sepuluh Nofember: Surabaya.
- Lempang, M. Syafi’I, W. & Pari, G. 2012. Sifat dan Mutu Arang Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* , Vol. 30, No.2, 101.
- Lee, Y.J and L.R Radovic. 2003. Oxidation inhibition effects of phosphorus and boron in different carbon fabriks. *Carbon* 41.1987-1997.
- Pari, G. 1996. Pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian sengon dengan cara kimia. *Bulletin Penelitian Hasil Hutan* 14 (8): 308-302.
- Ramdja, A. F., A. Kurniawan, S. Ahmad. 2008. Pembuatan Karbon Aktif Coalite Batubara dan Aplikasinya dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Kain Jumputan. *Jurnal Teknik Kimia*. 15 (4) : 1-7.

- Sudrajat, R., S. Soleh. 1994. Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif. Bagian Proyek Litbang Pemanfaatan Hutan HTI, Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Sugiyono. 2012. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Shofa. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. Skripsi. Depok : Universitas Indonesia.
- Volesky B. Biosorption of Heavy Metal. <http://lifebiosorption.co.uk>(8 Desember 2013). (*diakses pada tanggal 3 Mei 2018*).
- Wijayanti, W.A. 2008. Pengelolaan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Pabrik Gula Tjoekir PTPN X, Jombang, Jawa Timur; Studi Kasus Pengaruh Bongkar Ratoon terhadap Peningkatan Produktivitas Tebu. Skripsi IPB. Bogor. Hal 14 – 20.
- Witono, J.A. 2003. Produksi Frutural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan nilai Ampas Tebu Indonesia. (online), (<http://www.chemistry.org/sect=fokus/html>, diakses 16 Mei 2014).