

SKRIPSI
EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ZAT AKTIVATOR DAN
KONSENTRASI PADA PROSES PEMBUATAN PELET KARBON AKTIF
DARI RUMPUT GAJAH (*PENNISETUM PURPUREUM*)



Laporan Ini Disusun Untuk Memenuhi Kurikulum Sarjana
Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Oleh :

Reggy Firman Pratama (12 2015 002)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2019

LEMBAR PENGESAHAN

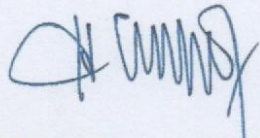
**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ZAT AKTIVATOR DAN KONSENTRASI
PADA PROSES PEMBUATAN PELET KARBON AKTIF DARI
RUMPUT GAJAH (PENNISSETUM PURPUREUM)**

Oleh :

Reggy Firman Pratama (12.2015.002)

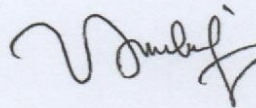
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



**Netty Herawati, ST., MT
NIDN : 0225017601**

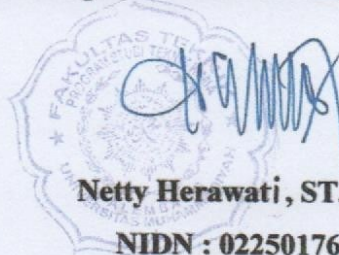
Pembimbing II



**Ir. Ummi Kalsum, MT
NIDN : 0012076206**

Mengetahui,

‡ **Ketua Program Studi Teknik Kimia FT-UMP**



**Netty Herawati, ST., MT
NIDN : 0225017601**

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ZAT AKTIVATOR DAN KONSENTRASI
PADA PROSES PEMBUATAN PELET KARBON AKTIF DARI
RUMPUT GAJAH (PENNISETUM PURPUREUM)**


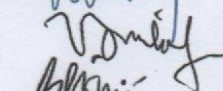

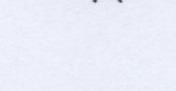
Oleh :

Reggy Firman Pratama (12 2015 002)

**Telah diuji di hadapan tim penguji pada tanggal 29 Agustus 2019
di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Tim Penguji :

1. Netty Herawati, ST., MT
2. Ir Ummi Kalsum, MT
3. Ir. Legiso, M.Si
4. Atikah, ST., MT

()
()
()
()

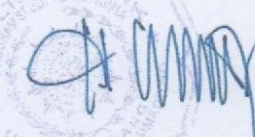
Menyetujui,

Dekan Fakultas Teknik UMP


Dr. Ir. Kgs A Roni, MT
NIDN : 0227077004

Mengetahui,

‡ Ketua Prodi Teknik Kimia


Netty Herawati, S.T., M.T
NIDN : 0225017601



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang 30623, Telp. (0711) 518764, Fax (0711) 519408
Terakreditasi B dengan SK Nomor: 396/SK/BAN-PT/Akred/S/X/2014

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

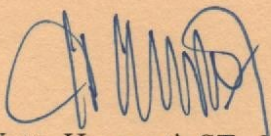
Nama : Reggy Firman Pratama
NRP : 12.2015.002
Judul Tugas : **EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ZAT AKTIVATOR DAN KONSENTRASI PADA PEMBUATAN PELET KARBON AKTIF DARI RUMPUT GAJAH (PENNISETUM PURPUREUM)**
Tema : Teknologi Pemanfaatan Biomass

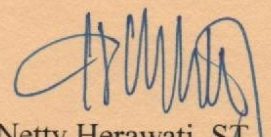
Telah Mengikuti Ujian Sidang Sarjana Teknik Kimia Pada Tanggal Dua Puluh Sembilan Bulan Agustus Dua Ribu Sembilan Belas.
Dinyatakan Lulus Dengan Nilai : A

Palembang, 29 Agustus 2019

Ketua Tim Penguji

Ketua Panitia Ujian Tugas Akhir
Prodi Teknik Kimia

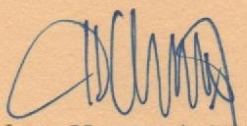

Netty Herawati, ST., MT
NIDN : 0225017601

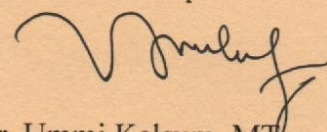

Netty Herawati, ST., MT
NIDN : 0225017601

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II


Netty Herawati, ST., MT
NIDN : 0225017601

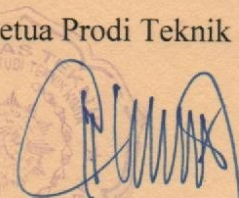

Ir. Umami Kalsum, MT
NIDN : 0012076206

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UMP

‡ Ketua Prodi Teknik Kimia UMP


Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT
NIDN : 022707004


Netty Herawati, ST., MT
NIDN : 0225017601

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reggy Firman Pratama
Tempat/Tanggal lahir : Palembang , 9 Mei 1996
NIM : 122015002
Program Studi : Teknik Kimia
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah hasil karya saya dan disusun sendiri dengan sungguh-sungguh serta bukan merupakan penjiplakan karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi berupa pembatalan skripsi ini dan segala konsekuensinya.
2. Saya bersedia untuk menanggung segala bentuk tuntutan hukum yang mungkin timbul jika terdapat pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
3. Memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan/mempublikasikannya di media secara full text untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 29 Agustus 2019



Reggy Firman Pratama

EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ZAT AKTIVATOR DAN KONSENTRASI PADA PROSES PEMBUATAN PELET KARBON AKTIF DARI RUMPUT GAJAH (*Pennisetum Purpureum*)

Reggy Firman Pratama

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang,
Indonesia.

Jl. Kemuning No. 304 A Komperta Plaju, Palembang, Sumatera Selatan

Tel. (0711) 597567

E-mail: reggyfirmanp@gmail.com

ABSTRAK

Dewasa ini rumput gajah (*Pennisetum Purpureum*) merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Dewasa ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak, terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu. Tetapi rumput gajah mempunyai kadar selulosa tinggi (40,58%) yang dapat digunakan sebagai karbon aktif.

Karbon atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon. Karbon aktif pemakaiannya cukup luas, baik di industri besar maupun kecil. Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif, bahan tersebut antara lain: tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara.

Pada penelitian ini, akan memanfaatkan rumput gajah sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif. Dalam dunia industri karbon aktif ini umumnya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya.

Pada penelitian ini, proses pembuatan karbon aktif dilakukan dengan variabel tetap lamanya waktu aktivasi 24 jam, suhu karbonisasi 750°C, lamanya waktu karbonisasi 15 menit, dan ukuran karbon aktif 200 mesh. Sementara untuk variasi variabel penelitian dengan perbedaan jenis zat aktivator (HCl, NaOH, dan NaCl) masing-masing dengan konsentrasi (0,2M 0,3M 0,4M 0,5M dan 0,6M). Pengujian yang dilakukan penelitian ini didasarkan pada syarat mutu karbon aktif sesuai Standar Industri Indonesia No. 0258-79.

Parameter analisa hasil penelitian adalah *volatile matter*, kadar air, kadar abu dan daya serap iodium yang sesuai dengan syarat mutu karbon aktif SII No. 0258-79. Pelet karbon aktif terbaik diperoleh dari menggunakan aktivator HCl konsentrasi 0,6M, suhu karbonisasi 750°C selama 15 menit dan lama aktivasi 24 jam dengan hasil pengujian *volatile matter* 2,834%, kadar air 4,1%, kadar abu 0,271%, dan daya serap terhadap iodium 1.243,62 mg/g.

Kata kunci: Rumput gajah, karbon aktif

ADDITION OF ACTIVATOR AND CONCENTRATION SUBSTANCE IN THE PROCESS OF MAKING ACTIVE CARBON PELET FROM ELEPHANT GRASS (*Pennisetum Purpureum*)

Reggy Firman Pratama

Chemical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University
Palembang, Indonesia
304 A Kemuning Street Komperta Plaju, Palembang, South Sumatra
Tel. (0711) 597567
E-mail: reggyfirmanp@gmail.com

ABSTRACT

Nowadays elephant grass (*Pennisetum Purpureum*) is one of the underutilized plants. Nowadays grass is only used as animal feed, sometimes elephant grass is also considered a nuisance plant. But elephant grass has high cellulose content (40.58%) which can be used as activated carbon.

Elephant grass is also called naper or uganda grass. Having morphological characteristics such as stem height can reach 2-4 meters (even 6-7 meters), with the diameter of the stem can reach more than 3 cm and consists of up to 20 segments / books. It grows to form clumps with the width of clumps up to 1 meter. The fronds are bare and have short hair, the leaves are striped with a wide base, with pointed tips.

Activated carbon or charcoal is material in the form of granules or powder derived from materials containing carbon. Activated carbon is widely used, both in large and small industries. Raw materials derived from animals, plants, waste or minerals that contain carbon can be made into activated charcoal, these materials include: bones, soft wood, husks, corncobs, coconut shells, coconut coir, sugarcane pulp, pulp making paper, sawdust, hard wood and coal.

In this research, elephant grass will be used as raw material in the manufacture of activated carbon. In the industrial world this activated carbon is generally used to remove odors, tastes, colors, and other organic contaminants.

In this research, the process of making activated carbon is carried out with fixed variables, the length of activation time is 24 hours, carbonization temperature is 750oC, the length of time of carbonization is 15 minutes, and the size of activated carbon is 200 mesh. As for the variation of research variables with different types of activator substances (HCl, NaOH, and NaCl) each with a concentration (0.2M 0.3M 0.4M 0.5M and 0.6M). Tests conducted by this research are based on the quality requirements of activated carbon according to Indonesian Industry Standard No. 0258-79.

The analysis parameters of the research results are volatile matter, water content, ash content and iodine absorption in accordance with the quality requirements of activated carbon SII No. 0258-79. The best activated carbon is obtained by using an HCl activator concentration of 0.6 M, carbonization temperature of 750oC for 15 minutes and 24 hours of activation time with the results of testing the volatile matter 2.834%, 4.1% moisture content, ash content 0.271%, and absorption of iodine 1.243 , 62 mg / g.

Keywords: Elephant grass, activated carbon

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan penelitian dan penyusunan laporan yang berjudul **“EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ZAT AKTIVATOR DAN KONSENTRASI PADA PROSES PEMBUATAN PELET KARBON AKTIF DARI RUMPUT GAJAH (*PENNISETUM PURPUREUM*)”**. Tujuan dari penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai salah satu persyaratan akademis dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ibu Netty Herawati, ST. MT, selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
3. Ibu Dr. Mardwita, MT, sebagai Sekretaris Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Ibu Netty Herawati, ST., MT, sebagai Pembimbing I.
5. Ibu Ir. Ummi Kalsum, MT, sebagai Pembimbing II.
6. Staf Pengajar dan Karyawan di Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Semua pihak yang terlibat dan turut membantu dalam penyelesaian tugas.

Palembang, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Rumput Gajah (<i>Pennisetum purpureum</i>).....	4
2.1.1 Klasifikasi Rumput Gajah.....	5
2.1.2 Pemanfaatan Rumput Gajah (<i>Pennisetum purpureum</i>)	5
2.2 Karbon Aktif	6
2.2.1 Kegunaan Karbon Aktif	7
2.2.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif	8
2.2.3 Zat Aktifator	11
2.2.4 Konsentrasi Aktifator.....	12
2.3 Karbon Pelet	12
2.4 Penelitian Sebelumnya.....	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	15
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	15
3.1.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Alat Pembuatan Karbon Aktif.....	15
3.2.2 Alat Analisa	15
3.2.3 Bahan.....	16
3.3 Variabel Penelitian.....	16
3.3.1 Variabel Tetap Penelitian.....	16
3.3.2 Variasi Variabel Penelitian	16
3.4 Prosedur Penelitian	16
3.4.1 Prosedur Pembuatan Pelet Karbon Aktif	16
3.4.2 Prosedur Analisa Pengujian Mutu Pelet Karbon Aktif	18
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Persiapan.....	20
4.2 Uji Bagian yang Hilang pada Pemanasan 950°C (<i>Volatile Matter</i>)	20
4.3 Uji Kadar Air.....	22
4.4 Uji Daya Serap Terhadap Iodium	23
4.5 Uji Kadar Abu	25
4.6 Uji Pemilihan Karbon Aktif Terbaik	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini rumput gajah merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Dewasa ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak, terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu. Tetapi rumput gajah mempunyai kadar selulosa tinggi (40,58%) yang dapat digunakan sebagai karbon aktif.

Rumput gajah disebut juga naper atau rumput uganda. Memiliki karakteristik morfologi seperti tinggi batang dapat mencapai 2-4 meter (bahkan mencapai 6-7 meter), dengan diameter batang dapat mencapai lebih dari 3 cm dan terdiri sampai 20 ruas/buku. Tumbuh membentuk rumpun dengan lebar rumpun hingga 1 meter. Pelepah daun gundul hingga berbulu pendek, helai daun bergaris dengan dasar yang lebar, ujungnya runcing.

Karbon atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon. Karbon aktif pemakaiannya cukup luas, baik di industri besar maupun kecil. Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif, bahan tersebut antara lain: tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara.

Karbon aktif memiliki kegunaan untuk proses penjernihan dan pemurnian air. Karbon aktif juga memiliki kegunaan untuk proses pemurnian gas. Diantaranya bisa dilihat dari gas-gas murni yang digunakan untuk kebutuhan rumah sakit, ataupun gas yang biasa digunakan untuk memasak sehari-hari. Karbon aktif untuk bidang filter industri makanan. Salah satunya seperti perusahaan air minum soda yang melakukan pengolahan air menggunakan karbon.

Pada dasarnya, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahapan, yaitu karbonisasi dan aktivasi baik secara kimia, maupun fisika. Terdapat berbagai bahan aktivator dalam pembuatan karbon aktif. Menurut Kirk and Othmer (1978), bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif di antaranya CaCl_2 , Ca(OH)_2 , NaCl ,

MgCl₂, HNO₃, HCl, Ca₃(PO₄)₂, H₃PO₄, ZnCl₂, dan sebagainya [1]. Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air. Jenis aktifator yang digunakan dan konsentrasinya akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan.

Aktifasi kimia dilakukan untuk memperbesar pori-pori karbon sehingga penyerapannya dapat lebih maksimal dengan menggunakan larutan pengaktifasi (aktifator). Pada penelitian ini peneliti menggunakan larutan Aktifator asam kuat yaitu asam klorida (HCl). Tujuan penggunaannya adalah untuk menghilangkan oksida-oksida logam dalam arang yang menutupi pori karena sifat dari asam ini dapat merusak jaringan pada tumbuhan sehingga mampu memperbesar pori pada saat terjadinya adsorpsi antara adsorbat dan adsorben.

Berdasarkan uraian di latar belakang, maka perlu dilakukan penelitian pemanfaatan rumput gajah sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif dan jenis aktifator serta konsentrasinya. Dengan adanya perbedaan konsentrasi aktifator, diharapkan mampu mengetahui kemampuan maksimum asam dalam memperluas pori dari arang yang akan berpengaruh terhadap daya adsorpsi dari arang itu sendiri sehingga menghasilkan karbon aktif yang baik dan sesuai standar mutu karbon aktif.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan uraian dilatar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana kualitas karbon aktif yang dihasilkan dari bahan baku rumput gajah dan pengaruh jenis aktifator serta konsentrasi aktifator terhadap kualitas karbon aktif.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Memperoleh bahan baku baru yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan karbon aktif.
- 2) Menentukan jenis aktivator dan konsentrasi aktifator terbaik pada pembuatan karbon aktif yang hasil analisisnya memenuhi syarat mutu karbon aktif SII No. 0258-79.

1.4. Manfaat Penelitian

- 1) Sebagai alternatif lain untuk memanfaatkan rumput gajah.
- 2) Penganeka ragam bahan baku pembuatan karbon aktif.
- 3) Untuk membantu pemerintah mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh meningkatnya pertumbuhan rumput gajah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kirk-Othmer. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technolgy*. John Wiley & Sons. Inc, Canada
- [2] Cheremisinoff, N. P. 1993. *Carbon Adsorption of Pollutant Controll*. Jhon Willey & Sons. Canada
- [3] Isnijah. 1990. *Pengembangan Bahan Baku Kimia Karbon Aktif*. Puslitbang Kimia Terapan LIPI. Jakarta
- [4] Sudradjat, R. 1985. *Pengaruh beberapa faktor pengolahan terhadap sifat arang aktif*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 8 (5) : 200 – 210. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor
- [5] H, Pohan. 1993. *Prospek Penggunaan Karbon Aktif dalam Industri*. Warta IHP. Bogor
- [6] Kwaghger, A.; Ibrahim, J. S., *Optimization of Conditions For The Preparation of Activated Carbon from Mango Nuts Using HCl*, 2013, Carbon, 39(8), 425– 432.
- [7] Hendra D, Darmawan S. 2007. *Sifat arang aktif dari tempurung kemiri*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 25(4): 291-302.
- [8] Kim, N.H., Jang, J.H., & Lee, S.H. (2014). *Current research trends in bioenergy from lignocellulosic biomass*. Dalam R. Hartono, A.H. Iswanto, K.S. Hartini, A. Susilowati, D. Elfiati, Muhdi, M. Zahra, S. Latifah, R. Batubata, N. Anna, T. Sucipto, I. Azhar (Editors). *th Proceedings of The 6 International Symposium of IWORS*, November 12-13, 2014 (p. 1-6). Medan.
- [9] Doni Pandapotan. 2016. *Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Pisang Raja*. Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara. Medan
- [10] Sulistyio Saputro. 2016. *Pembuatan Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu Jati*. Jurusan FKIP Pendidikan Kimia, Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- [11] Edwin-Arif. 2007. *Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Ubi Kayu*. Jurusan Teknik Kimia UNSRI. Indralaya
- [12] Rio Gunawan. 2007. *Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Biji Ketapang*. Jurusan Teknik Kimia UNSRI. Indralaya
- [13] Yuliusman. 2004. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung*. Jurusan Teknik Kimia UNSRI. Indralaya

- [14] Pari G, Hendra D, Pasaribu RA. 2006. *Pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat terhadap mutu arang aktif kulit kayu Acacia mangium*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 24(1):33-46.
- [15] Pari, G., Tohir, D., Mahpudin, & Ferry, J. (2006a). *Arang aktif serbuk gergaji kayu untuk pemurnian minyak goreng bekas*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 24(4), 309-322.
- [16] Hansen, M.T., Jein, A.R., Hayes, S., & Bateman, P. (2009). *English handbook for wood pellet combustion. Europe*: National Energy Foundation.
- [17] Soetarno, S., dan I.S., Soediro, (1997). *Standardisasi Mutu Simplisia dan Ekstrak Bahan Obat Tradisional*, Presidium Temu Ilmiah Nasional Bidang Farmasi
- [18] Jankwoska, H., Swiatkowski, A., and Choma, J. 1991. *Active Carbon.* , 1st Published Ellis Hardwood. USA
- [19] Benaddi H, Bandosz TJ, Jagiello J, Schwarz JA, Rouzaud JN, Legras D, Benguin F. 2002. *Surface functionality and porosity of activated carbon obtained from chemical activation of wood*. Carbon 38: 669-674.
- [20] Hartoyo, Hudaya, N. dan Fadli. (1990). *Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan kayu bakau dengan cara aktivasi uap*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Bogor. 8: 8-16. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.