

Pembuatan Karbon Aktif dari Hasil Pirolisis Ban Bekas

Production of Activated Carbon from Waste Rubber Tyres Pyrolysis

Tutik Muji Setyoningrum^{a*}, Agus Setiawan^a, Ganang Pamungkas^a

^aJurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional (UPN) "Veteran" Yogyakarta, Jalan SWK 104 (Lingkar Utara), Condong Catur, Yogyakarta 55283 Indonesia

Artikel histori :

Diterima 9 Oktober 2018
Diterima dalam revisi 15 Oktober 2018
Diterima 25 Oktober 2018
Online 31 Oktober 2018

ABSTRAK: Saat ini diperlukan alternatif energi baru terbarukan salah satunya minyak RCO (*Rubber Compound Oil*) yang dibuat dari bahan baku ban bekas. Pembuatan minyak RCO ini menimbulkan permasalahan berupa limbah karbon yang apabila dibuang akan menimbulkan dampak lingkungan. Diperlukan upaya untuk menangani limbah karbon hasil pirolisis ban bekas salah satunya adalah pembuatan karbon aktif guna meningkatkan nilai ekonomi limbah. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kondisi operasi dalam pembuatan karbon aktif dari limbah hasil pirolisis ban bekas. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang dapat digunakan dalam pemurnian bahan. Penelitian ini membuat karbon aktif dengan menggunakan metode aktivasi kimia. KOH dipilih sebagai *activating agent* serta digunakan variabel suhu aktivasi dengan variasi suhu 700, 800, dan 900 °C dengan waktu aktivasi selama 30, 45, dan 60 menit. Pada penelitian ini diperoleh hasil karbon aktif terbaik dengan kondisi operasi 900 °C selama 60 menit yang menghasilkan luas permukaan karbon aktif seluas 230 m²/g.

Kata Kunci: ban bekas, karbon aktif, aktivasi kimia

ABSTRACT: Currently, alternative renewable energy is needed, one of which is RCO (*Rubber Compound Oil*) oil which is made from waste tires. The making of RCO oil causes problems in the form of carbon waste which, if discharged, will cause environmental impacts. Efforts are needed to deal with carbon waste resulting from used tire pyrolysis, one of which is the creation of activated carbon to increase the economic value of waste. So the purpose of this study is to study the operating conditions in the manufacture of activated carbon from waste produced by used tire pyrolysis. Activated carbon is one of the adsorbents that can be used in material purification. This study makes activated carbon using a chemical activation method. KOH was chosen as activating agent and the activation temperature variable was used with temperature variations of 700, 800, and 900 °C with activation times for 30, 45, and 60 minutes. In this study, the best activated carbon was obtained with 900 °C operating conditions for 60 minutes which produced an active carbon surface area of 230 m²/g.

Keywords: waste tyres, activated carbon, chemical activation

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara berkembang dengan jumlah pengguna kendaraan bermotor terbesar di dunia. Dengan bertambahnya pengguna kendaraan bermotor tentunya diiringi dengan meningkatnya produksi komponen dari kendaraan bermotor antara lain adalah ban. Ban menjadi salah satu komponen dari kendaraan bermotor yang dapat diganti setiap saat. Hal ini menimbulkan limbah berupa ban bekas.

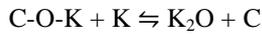
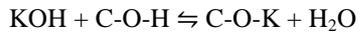
Pirolisis merupakan peristiwa penguraian yang terjadi karena adanya panas. Oleh karena itu, keberadaan O₂ yang dapat memicu reaksi pembakaran harus dihindari (Ismi Lufina, dkk, 2013)

Karbon aktif adalah padatan yang didominasi *amorf* yang memiliki luas permukaan internal dan volume pori yang besar. Karakteristik unik bertugas untuk penyerapan, yang dieksploitasi di berbagai aplikasi fase *liquid* dan gas. Karbon aktif adalah adsorben yang sangat serbaguna karena ukuran dan distribusi pori-pori dalam matriks karbon dapat dikendalikan untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan pasar yang bermunculan (Kirk, 2004)

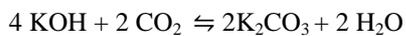
Aktivasi cara kimia pada prinsipnya adalah perendaman karbon dengan senyawa kimia sebelum dipanaskan. Pada proses pengaktifan secara kimia, karbon direndam dalam larutan pengaktifan selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600-900 °C selama 1-2 jam tanpa oksigen. Pada suhu tinggi bahan pengaktif akan masuk di antara sela-sela lapisan heksagonal dan

*Corresponding Author:
Email:tutikmuji@upnyk.ac.id

selanjutnya membuka permukaan yang tertutup. Bahan kimia yang dapat digunakan yaitu H_3PO_4 , NH_4Cl , $AlCl_3$, HNO_3 , KOH , $NaOH$, $KMnO_4$, SO_3 , H_2SO_4 dan K_2S (Kienle, 1986)

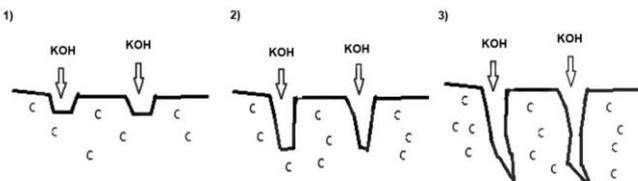


KOH akan bereaksi dengan karbon sehingga akan membentuk pori-pori baru serta menghasilkan karbon dioksida yang berdifusi ke permukaan karbon (Pujiyanto, 2010). Pori-pori yang terbentuk akan menghasilkan karbon aktif. KOH juga mencegah pembentukan tar, asam asetat, metanol, dan lain lain (Atmayudha, 2006). Reaksi kimia yang terjadi sebagai berikut.



(Sudibandriyo, 2008).

Senyawa *potassium carbonate* (K_2CO_3) merupakan hasil dari adanya reaksi kimia antara aktifier dengan sampel karbon. Terbentuknya senyawa ini juga disebabkan oleh reaksi antara aktifier dengan gas CO_2 yang didapat selama aktivasi kimia. Senyawa *potassium carbonate* merupakan senyawa yang tidak diharapkan untuk terbentuk dan seharusnya senyawa ini hilang saat dilakukan pencucian pada proses aktivasi kimia.



Gambar 1. Ilustrasi Pembentukan Pori Karbon Aktif Melalui Aktifasi KOH

Menurut Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-88) yang dikeluarkan oleh Departemen Perindustrian, persyaratan karbon aktif adalah sebagai berikut:

1. Bagian yang hilang pada suhu 950 °C = 25 %
2. Air = 15 %
3. Abu = 10 %
4. Bagian yang tidak diperarang = tidak ada
5. Daya serap I2 = min. 20 %

(LIPI, 1998/1999)

Dalam penelitian ini dibahas proses pembuatan karbon aktif dari hasil pirolisis ban bekas, pengaruh pemanasan terhadap luas permukaan karbon aktif serta mempelajari pengaruh lama waktu dan suhu pada proses aktivasi karbon aktif. Diharapkan proses pembuatan karbon aktif ini dapat mengatasi limbah karbon hasil pirolisis ban bekas.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *grinder*, *furnace*, *oven*, erlenmeyer, gelas beker, cawan, dan pengaduk.

2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon hasil pirolisis ban bekas dari PT. SS Energi, padatan KOH, larutan HCL 5N, dan gas N_2

2.3 Cara Kerja

Bahan baku karbon dihaluskan sampai ukuran $\pm 40-50$ mesh, kemudian dilarutkan dalam larutan KOH dengan perbandingan massa 3:1 terhadap massa karbon, campuran dipanaskan 2 jam pada suhu 200°C. Selanjutnya sampel dimasukan ke dalam *furnace* dan dilakukan pemanasan dengan mengalirkan N_2 . Proses pemanasan dilakukan dengan variasi suhu 700, 800, 900 °C, dan variasi waktu 30, 45, 60 menit. Selanjutnya sampel dicuci dengan larutan HCl dan aquades.

Sampel dikeringkan dengan oven sampai berat konstan lalu dianalisis luas permukaan dengan metode BET (*Brunauer, Emmett and Taller*), dengan alat BET NOVA 4200e, uji penyerapan iodine dengan metode titrasi, kadar air, dan kadar abu dengan menggunakan metode analisis gravimetri.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Bahan Baku

Tabel 1. Data Analisis Proximat Bahan Baku Karbon

Parameter	Unit	Present ase (%)	Method
Mouisture in Analysis	%, adb	1,1	ASTM D. 3173-11
Ash Content	%, adb	11,8	ASTM D. 3174-12
Volatile Matter	%, adb	7,6	ISO 562-2010
Fix Carbon	%, adb	79,5	ASTM D. 3172-13
Sulfur	%, adb	3,56	ASTM D. 4239-14
Density	g/cc	0,654	ASTM D. 291-12

(PT Sukses Sejahtera Energi. 2016)

Luas permukaan uji BET = 32,613 m²/g

Berdasarkan data hasil analisis bahan baku diperoleh nilai kandungan *fix carbon* yang masih besar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Dari hasil analisis luas permukaan bahan baku masih dapat dimungkinkan untuk bertambahnya luas permukaan karbon aktif hasil.

3.2 Yield karbon aktif hasil

Terdapat pengurangan massa saat pencucian dan pengeringan, hal ini dikarenakan hilangnya senyawa sisa-sisa -OH dan zat-zat hasil reaksinya. Berikut ini tabel menunjukkan perubahan massa yang terjadi setelah pencucian dan pengeringan karbon aktif.

Tabel 2. Yield karbon aktif hasil

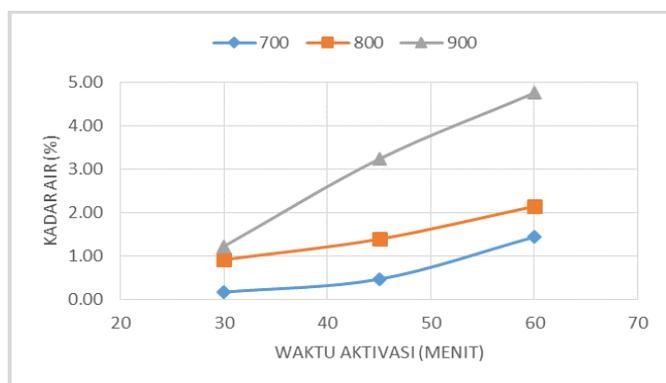
T Aktivasi (°C)	t Aktivasi (menit)	Massa sebelum Aktivasi (gram)	Massa Karbon Aktif (gram)	Yield Karbon Aktif (%)
700	30	30,0033	27,7754	92,57
	45	30,0176	27,3233	91,02
	60	30,0075	26,0308	86,75
800	30	30,0032	25,9680	86,55
	45	30,0056	24,3400	81,12
	60	30,0165	23,8750	79,54
900	30	30,0088	23,1034	76,99
	45	30,0021	21,6805	72,26
	60	30,0012	18,8064	62,69

Dari hasil pencucian dan mengeringan dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, yield karbon aktif yang didapat semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin besar suhu aktivasi dan semakin lama waktu aktivasi, maka semakin banyak karbon yang terkikis dan bereaksi dengan *activating agent* sehingga hasil reaksi karbon dengan KOH semakin banyak yang keluar bersama dengan air cucian.

3.3 Kadar Air Karbon Aktif

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif yang dihasilkan,

Karbon aktif memenuhi SII No. 0258-88 yaitu kadar air maksimal 4,4 %. Namun pada suhu aktivasi 900 °C dengan waktu aktivasi 60 menit menunjukkan hasil kadar air sebesar 4,7570 %.

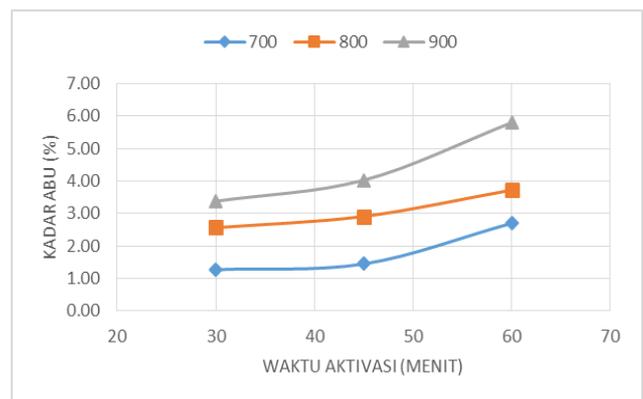


Gambar 2. Pengaruh suhu dan waktu aktivasi terhadap kadar air

Untuk mengetahui hubungan suhu dan waktu aktivasi dari hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 pada suhu 700, 800, dan 900°C kadar air karbon aktif semakin meningkat dengan bertambahnya waktu aktivasi. Menurut Kurniadi (2009), hal ini dikarenakan semakin lama waktu aktivasi, maka semakin banyak zat pengotor yang larut, sehingga semakin banyak pori-pori yang terbuka, dan pada saat pencucian karbon aktif, air masuk mengisi pori-pori lebih banyak. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyaknya KOH yang bereaksi dengan bahan baku. Diperlukan analisis lebih lanjut menggunakan analisis FTIR untuk mengetahui banyaknya gugus fungsi dalam karbon aktif yang dapat mengikat air. Sehingga dalam penggunaannya diperlukan usaha untuk mengurangi kadar air sebelum digunakan sebagai adsorben.

3.4 Kadar Abu Karbon Aktif

Kadar abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Kadar abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pori-pori karbon aktif. Penentuan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam dalam arang. Berikut ditampilkan hasil analisis kadar abu karbon aktif.



Gambar 3. Pengaruh suhu dan waktu aktivasi terhadap kadar abu

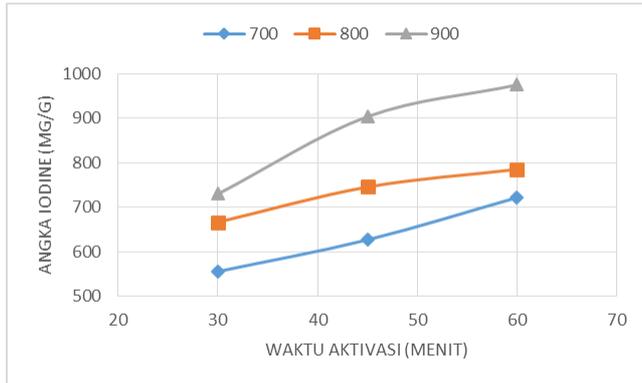
Kadar abu yang dihasilkan berkisar antara 1,27 – 5,8 %, sebagian karbon aktif yang dihasilkan memenuhi SII No. 0258-88. Yaitu maksimal 2,5%. Karbon aktif yang memenuhi SNI yaitu karbon aktif dengan suhu aktivasi 700°C dengan waktu aktivasi 30 dan 45 menit. Selain itu karbon aktif tidak memenuhi SII No. 0258-88. Tingginya kadar abu didalam karbon aktif hasil disebabkan oleh bahan baku karbon yang digunakan yaitu berasal dari hasil pirolisis ban bekas yang terjadi pada suhu yang tinggi dan waktu pirolisis yang lama melewati temperature karbonisasi karbon hitam. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis kadar abu dalam bahan sebesar 11,8%.

3.5 Uji Penyerapan Iodine

Penentuan daya serap iodine bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Daya serap karbon aktif terhadap iodine memiliki hubungan dengan luas permukaan dari karbon aktif. Semakin besar angka iodine maka

semakin besar kemampuan karbon aktif dalam menyerap adsorbat atau zat terlarut. Berikut ditampilkan hasil analisis uji penyerapan iodine.

Hanya sebagian kecil saja hasil karbon aktif yang memenuhi SII No. 0258-88 yaitu minimal 750 mg/g, dari ke sembilan karbon aktif hanya tiga yang memenuhinya. Yaitu pada suhu aktifasi 800°C dengan waktu 60 menit, dan suhu 900°C dengan waktu aktivasi 45, dan 60 menit. Masing-masing dengan angka iodine 785,37; 904,37; 975,77 mg/g.



Gambar 4. Pengaruh suhu dan waktu aktivasi terhadap angka iodine

Dari hasil yang didapat dapat dilihat pada Gambar 4, pada suhu 700, 800 dan 900 °C, semakin lama waktu aktivasi karbon, hasil yang didapat angka iodine semakin meningkat. Kenaikan suhu juga berpengaruh terhadap angka iodine, semakin tinggi suhu aktivasi, angka iodine yang didapat semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada waktu aktivasi 30, 45, dan 60 menit. Peningkatan bilangan iodine menunjukkan semakin banyaknya pengotor yang terlepas dari karbon aktif pada saat aktivasi. Selama peningkatan suhu dan waktu aktivasi, pengotor-pengotor yang menutupi pori karbon aktif akan terlepas atau teruapkan sehingga luas permukaan karbon aktif akan meningkat.

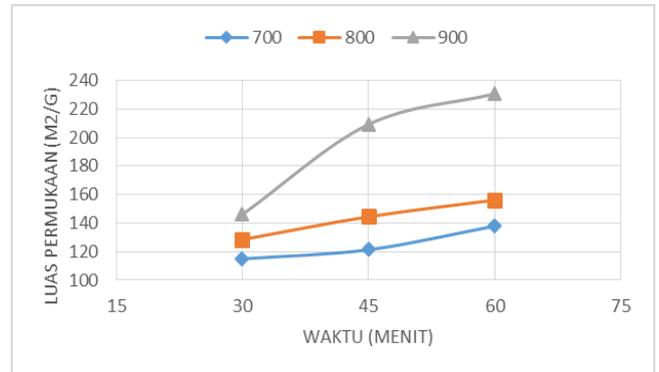
3.6 Karakterisasi Luas Permukaan Karbon Aktif

Karbon aktif dengan luas permukaan yang tinggi merupakan adsorben yang potensial untuk penggunaannya pada proses adsorpsi. Metode pengukuran luas permukaan ini diukur dengan metode BET.

Untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu aktivasi terhadap luas permukaan dapat dilihat di gambar 5. Suhu aktivasi mempengaruhi luas permukaan karbon yang dihasilkan, semakin meningkatnya suhu aktivasi maka luas permukaan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan pada suhu yang lebih tinggi partikel KOH akan lebih aktif untuk membuka pori baru di dalam karbon aktif.

Waktu aktivasi juga mempengaruhi luas permukaan karbon yang dihasilkan, semakin lama waktu aktivasi maka luas permukaan yang dihasilkan semakin besar. Luas permukaan tertinggi yang dihasilkan adalah pada karbon yang diaktivasi pada suhu 900°C dengan waktu 60 menit

yaitu sebesar 230,654 m²/g. Hal ini menunjukkan peningkatan jika dibandingkan dengan luas permukaan karbon bahan baku yaitu 32,613 m²/g.



Gambar 5. Pengaruh suhu dan waktu terhadap luas permukaan

Berdasarkan data hasil analisis yang dilakukan terhadap karbon aktif yang telah dihasilkan menunjukkan bahwa belum tercapainya kondisi optimum pembuatan karbon aktif dari hasil pirolisis ban bekas. Kondisi optimum akan tercapai pada suhu dan lama waktu aktivasi diatas dari variabel penelitian yang digunakan hingga tercapainya *crashing point* di mana pada suhu dan waktu operasi tertentu luas permukaan akan berkurang sebagai indikasi rusaknya karbon aktif akibat suhu dan waktu aktivasi yang melebihi kondisi optimum.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan, Karbon dari hasil pirolisis ban bekas dapat dibuat menjadi karbon aktif. Semakin tinggi suhu dan lama waktu aktivasi luas permukaan yang didapat semakin besar, kadar air semakin tinggi, kadar abu semakin tinggi, dan angka iodine semakin tinggi. Karbon aktif dengan luas permukaan tertinggi sebesar 230 m²/g. Hasil ini didapat dari karbon aktif dengan suhu aktifasi 900°C dengan waktu aktivasi 60 menit.

Daftar Pustaka

- Arita, Assalami A, Dina W, 2015. Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis Zeolit. Jurnal Teknk Kimia. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Atmayudha, A (2007). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa dengan Perlakuan aktivasi Terkontrol serta Uji Kinerjanya, Skripsi, Departemen Teknik Kima FTUI.
- Cheremisinoff, P.N., 1978, Carbon Adsorption Handbook, Ann Arbor Science PublInc, Michigan.
- Damayanthi, Reska., dan Martini, Retno. 2009. Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas menggunakan Katalis

- Elly Kurniati, 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif. Penelitian, Jurusan Teknik Kimia FTI UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Fuadi Ramdja, Mirah H, Jo Handi, 2008. Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan*.
- Jamilatun Siti, Martomo Setyawan, 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta*
- Jankowska.H, Swiatkowski.A and Choma.J, 1991, *Active Carbon*, Ellis Horwood Limited, England.
- Kirk, R,E and Othemar, D.F. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol 5. Interscience Encyclopedia. Inc, New York.
- Lufina, Ismi., Bambang, Susilo., & Rini, Yulianingsih. (2013). Studi Pemanfaatan Minyak Karet (*Havea brasiliensis*) sebagai Bahan Bakar pada Kompur Rumah Tangga. *Jurnal Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya, Malang*.
- Manocha, S.M, 2003. *Porous Carbons*. *Sadhana* 28:335-348
- Maulana Andri. 2011, *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Petroleum Coke dengan Metode Aktivasi Kimiawi*. Skripsi Departemen Teknik Kimia, FTUI.
- Meilita Taryana, 2002, *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*, Skripsi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Sumatera Utara.
- Murti, S.2008, *Skripsi: Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom*.Depok: Universitas Indonesia
- Prabowo, A.L, 2009.*Skripsi: Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu, Pb, dan Amonia*. Depok: Universitas Indonesia
- Pujiyanto. 2010. *Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa*. Skripsi, Depok, Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Sembiring, Meilita Tryana. Sinaga, Tuti Sarma. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Sumatera Utara: Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatera Utara.
- Shofa. 2012, *Skripsi: Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*. Depok: Universitas Indonesia.
- Sudibandriyo, M. 2003 *A Generalized Ono-Kondo Lattice Model For High Pressure on Carbon Adsorben*, Ph.D Dissetation. Oklahoma State University
- Sudrajat, R., Pari, G. 2011. *Arang Aktif Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Badan penelitian dan Pengembangn Kehutanan dan Kementrian Kehutanan.
- Teng, H., Hsu, L.Y. 2000 Influence of different chemical reagent on the preparation of activated carbons from bituminous coal. *Fuel Processing Technology*, 64, 155-166.
- PT. Sukses Sejahtera Energi. 2016. *Report Of Analysis Carbon Black*, Karanganyar.