



PENGARUH JENIS AKTIVATOR DAN UKURAN KARBON AKTIF TERHADAP PEMBUATAN ADSORBENT DARI SERBIK GERGAJI KAYU SENGON (*PARASERIANTHES FALCATARIA*)

Emi Erawati^{1*}, Ardiansyah Fernando¹

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kartasura, Jawa Tengah (57162)

*Email: emi.erawati@ums.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis aktivator dan ukuran partikel terhadap karakteristik karbon aktif dari serbuk gergaji kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*). Karakteristik karbon aktif perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui kualitas adsorben, pengujian tersebut meliputi uji kadar air, kadar abu, daya serap terhadap iodin, dan BET (*Braunear, Emmelt, dan Teller*). Serbuk kayu sengon yang telah dihaluskan kemudian diayak menggunakan variasi -20,+40, -40,+60, -60,+80, -80,+100 mesh. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 500°C selama 30 menit. Pembuatan karbon aktif diaktivasi menggunakan aktivator H₃PO₄, NaOH, dan NaCl dengan konsentrasi masing-masing 0,1 M dalam 100 mL. Proses aktivasi dilakukan perendaman selama 24 jam, menyaring, dan residunya dibilas dengan aquadest hingga pH netral kemudian dioven pada suhu 150°C selama 3 jam. Hasil Karbon aktif dilakukan uji kualitas sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Hasil penelitian dalam pembuatan karbon aktif dari serbuk kayu sengon menunjukkan H₃PO₄ merupakan aktivator terbaik pada ukuran partikel -80,+100 mesh, menghasilkan kadar air, kadar abu, dan daya serap iodin berturut-turut sebesar 3,69%, 2,89%, dan 710,64 mg/g. Uji BET dilakukan pada ukuran partikel -60,+80 mesh sebesar 0,534 m²/gram.

Kata Kunci: Serbuk Kayu Sengon, Ukuran Partikel, Karbon Aktif, Karbonisasi, Aktivasi

Abstract

*This study aims to determine the effect of activator types and particle sizes on the characteristics of activated carbon from sengon wood sawdust (*Paraserianthes falcataria*). The characteristics of activated carbon need to be tested to determine the quality of adsorbent, the test includes testing of water content, ash content, the absorption capacity of iodine, and BET (*Braunear, Emmelt, and Teller*). Sengon wood powder which has been mashed then sifted using variations of -20, + 40, -40, + 60, -60, + 80, -80, + 100 mesh. temperature of 500°C for 30 minutes. The activated carbon is activated using activators of H₃PO₄, NaOH, and NaCl with a concentration of 0.1 M in 100 ml, respectively. The activation process was soaked for 24 hours, filtered and the residue rinsed with distilled water until the pH was neutral, then oven at 150°C for 3 hours. Active carbon results are tested for quality in accordance with SNI 06-3730-1995. The results of the research in the manufacture of activated carbon from sengon wood powder showed that H₃PO₄ was the best activator in particle size of -80,+100 mesh, resulting in moisture content, ash content, and iodine absorption of 3.69%, 2.89%, 710.64 mg/g respectively, and . The BET test is carried out at a particle size of -60,+80 mesh of 0.534 m²/ gram.*

Keywords: Sengon Wood Sawdust, Particle Size, Activated Carbon, Carbonization, Activation

1. PENDAHULUAN

Masalah yang sering muncul dari produksi karbon aktif adalah sifat dan mutu yang cukup rendah dan penggunaannya masih sedikit, terutama karbon aktif yang berasal dari serbuk gergaji kayu (Pari, 2011). Jumlah limbah serbuk kayu gergaji yang ada di Indonesia sebesar 0,78 juta m³/tahun (Mutiara dkk, 2016). Seiring dengan pertumbuhan industri mebel di Indonesia mengakibatkan limbah gergaji mengalami peningkatan. Akan tetapi, limbah tersebut belum mendapatkan penanganan yang tepat, sehingga hanya dibuang ke lingkungan. Kebiasaan tersebut tanpa disadari dapat menimbulkan pencemaran, terutama limbah cair hasil dari proses industri yang akan di buang dapat mencemari sungai serta merusak ekosistem.

Hasil produksi industri pengergajian kayu sengon di Pulau Jawa sangat beraneka ragam, antara lain: mebel, kayu konstruksi, kayu gergaji dan olahan yang lain. Akan tetapi, limbah yang dihasilkan belum mendapatkan pengolahan secara tepat. Pengolahan limbah dari kayu sengon sampai saat ini masih terbatas sebagai kayu bakar, bahan perabot rumah tangga dan media penanaman jamur sehingga perlu adanya jenis pengolahan yang baru. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pengolahan limbah gergaji kayu sengon menjadi karbon aktif yang dapat dimanfaatkan sebagai penjernihan air dan mengurangi limbah cair hasil dari berbagai industri. Kelebihan tanaman sengon secara ekonomis seluruh bagian tumbuhan dapat dimanfaatkan, mulai dari buah, daun, pohon serta akar kayu tidak ada dari tanaman tersebut yang terbuang sia-sia (Payung, dkk, 2012)

Karbon adalah suatu material padat yang memiliki pori mengandung kurang lebih 90-99% senyawa karbon (Gultom, 2014; Mutiara, 2016). Karbon aktif banyak digunakan di dalam proses pemisahan, pemurnian gas, pendinginan, elektrokatalis, dan perangkat elektrokimia serta industri makanan, minuman, obat-obatan, dan pemurnian air (penjernihan air) (Khornia, 2017; Zhu, M. *et al.*, 2017). Menurut Doke and Ejazuddin (2017), adsorben dari karbon aktif memiliki perbedaan unsur karbon dengan oksidasi dari atom karbon yang ditemukan pada permukaan luar dan dalam, sedangkan karbon aktif tersebut banyak digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai jenis logam berat yang beracun, polusi yang disebabkan oleh zat organik dan zat warna yang mencemari lingkungan dari limbah industri. Karbon aktif biasanya dibuat dari bahan berbasis karbon, seperti batubara, lignin, bahan lignoselulosa, polimer sintesis, dan limbah karbon (Rizhikovs *et al.*, 2012).

Peningkatan kualitas sifat dan mutu karbon aktif didasarkan pada kemampuan adsorbsinya (Idrus, dkk., 2013). Adsorpsi adalah suatu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar atau limbah dalam air, dengan cara molekul dapat menempel pada permukaan zat adsorben (Reri dkk, 2012; Hanum dkk, 2017). Metode adsorpsi cukup efektif untuk membersihkan limbah cair dan terbukti menguntungkan dibandingkan proses yang lain, karena

menghasilkan efektivitas biaya dan kualitas yang tinggi (Satriani dkk, 2016; Garcia *et al.*, 2016). Proses karbonisasi atau pengarangan merupakan proses untuk memecah bahan organik menjadi sebuah karbon tanpa udara yang terjadi pada suhu 400-900°C (Setiawati dan Suroto, 2010; Haniffudin dan Diah, 2013). Proses tersebut bertujuan untuk menguapkan zat-zat *volatile* sehingga dapat membuka pori-pori permukaan karbon aktif (Murtono, 2017).

Pori-pori karbon aktif perlu dilakukan aktivasi agar kinerja dalam adsorpsi lebih optimal. Tujuan proses aktivasi untuk menambah atau memperbesar diameter pori karbon dan mengembangkan volume yang terserap dalam pori serta untuk membuka pori-pori baru (Prabarini dan Okayadnya, 2014). Aktivasi merupakan suatu proses pembentukan karbon aktif yang berfungsi untuk menambah, membuka dan mengembangkan volume pori karbon serta dapat menambah diameter pori-pori karbon yang sudah terbentuk dari proses karbonisasi melalui metode kimia atau fisika. (Budiono dkk, 2009; Kurniawan, 2014). Metode aktivasi fisika adalah proses dua langkah yang melibatkan reaksi karbonisasi zat organik menjadi arang melalui pemanasan tanpa adanya oksigen atau uap pada suhu 800-1000°C, biasanya menggunakan oksidator lemah misalnya uap air, CO₂, N₂, O₂ dan gas pengoksidan lainnya (Shofa, 2012; Lempang, 2014; Mazlan, *et al.* 2016). Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktifan selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan (Shofa, 2012).

Penelitian yang telah dilakukan Mazlan, *et al.* (2013) tentang pembuatan karbon aktif dari serbuk gergaji kayu karet menggunakan aktivator CO₂, menghasilkan yield optimum pada suhu 720°C sebesar 43%. Adapun karakteristik karbon aktif memiliki kualitas yang baik harus memenuhi standar mutu karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995 yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar karbon aktif SNI 06-3730-1995

Jenis Uji	Parameter (Serbuk)
Kadar air	Maks. 15%
Kadar Abu	Maks. 10%
Daya serap I ₂	Min. 750 mg/g

(SNI, 1995)

Menurut penelitian Shamsuddin *et al.* (2016) tentang inti serat keraf dengan aktivator H₃PO₄ menghasilkan kadar abu sebesar 6,90% . Hal ini dipengaruhi oleh faktor karbonisasi dan aktivasi serta sifat asli dan struktur awal bahan tersebut.

Untuk mengurangi jumlah limbah gergaji kayu, maka diperlukan upaya teknologi dalam pengolahan limbah serbuk gergaji kayu sengon menjadi produk bernilai ekonomi sebagai karbon aktif. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut peneliti tertarik melakukan penelitian tentang pengaruh jenis aktivator dan ukuran karbon aktif dari serbuk gergaji kayu sengon.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah ayakan (-20+40; -40+60; -60+80; -80+100 *mesh*) dan *oven* untuk tahap karbonisasi.

Bahan utama yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu sengon dan sebagai aktivator adalah H_3PO_4 , NaOH, NaCl dengan konsentrasi 0,1 M, serta natrium thiosulfat untuk uji daya serap iodin.

Penelitian ini terdiri dari 2 proses yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses karbonisasi dilakukan dengan membersihkan limbah gergaji kayu sengon dari perusahaan kayu, lalu dikeringkan.

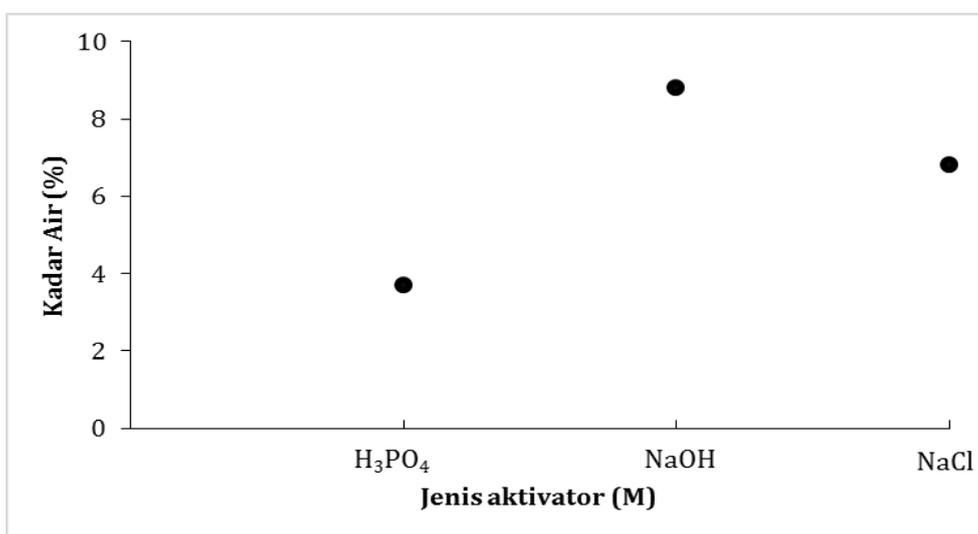
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air terdapat dalam karbon aktif setelah mengalami karbonisasi. Kadar air yang dihasilkan merupakan ukuran kemampuan zat aktivator sebagai

Memasukan serbuk gergaji kayu sengon ke dalam *furnace*, dipanaskan pada suhu 500°C selama 30 menit. Setelah itu di haluskan dan di saring dengan ayakan ukuran -20+40; -40+60; -60+80; -80+100 *mesh*, sehingga diperoleh sampel karbon aktif hasil karbonisasi dengan ukuran partikel yang berbeda-beda. Arang hasil karbonisasi dilakukan proses aktivasi dengan merendam selama 24 jam menggunakan aktivator H_3PO_4 , NaOH, dan NaCl masing-masing 0,1 M dalam 100 ml. Rendemen karbon disaring dan di bilas dengan aquades hingga pH netral, lalu dimasukkan kedalam *oven* dengan suhu 150°C selama 3 jam, lalu memasukan ke dalam desikator 15 menit.

zat pendehidrasi. Gambar 1. menunjukkan pengaruh jenis aktivator yang digunakan terhadap nilai presentase kadar air karbon aktif dari serbuk gergaji kayu sengon dengan ukuran -80,+100 *mesh*.

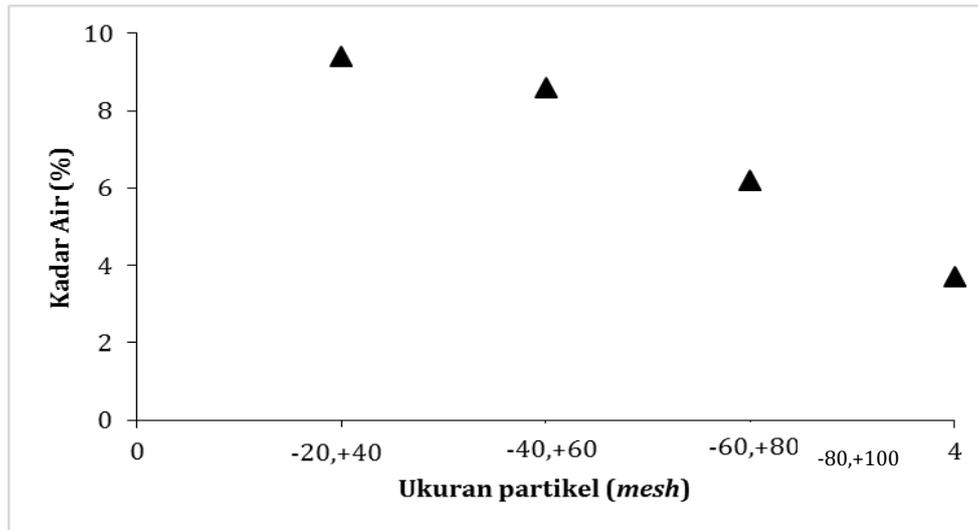


Gambar 1. Pengaruh jenis aktivator terhadap kadar air karbon aktif *Keterangan: aktivator H_3PO_4 0,1 M; aktivator NaOH 0,1 M; aktivator NaCl 0,1 M*

Pengujian kadar air karbon aktif pada suhu 110°C selama 1 jam menghasilkan kadar air tertinggi menggunakan aktivator NaOH sebesar 8,79%. Hal ini disebabkan adanya pengaruh besar kecilnya pH dari aktivator yang digunakan pada karbon aktif, karena pada saat pencucian membutuhkan air yang lebih banyak, sehingga karbon aktif menyerap air lebih banyak (Dewi, T. K. dkk, 2009). Aktivator yang bersifat asam menimbulkan kerusakan kompleks pada oksigen saat proses aktivasi H_3PO_4 sehingga kandungan air dalam karbon aktif lebih sedikit dibandingkan penggunaan aktivator bersifat basa. Berdasarkan data

Gambar 1. menunjukkan bahwa aktivator terbaik pada pembuatan karbon aktif dari serbuk gergaji kayu sengon adalah H_3PO_4 , dengan kadar air sebesar 3,69%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Esterlita dan Netti (2015) tentang pembuatan karbon aktif dari pelepah aren (*Arenga pinnata*) menyatakan bahwa kadar air terbaik sebesar 6% menggunakan aktivator H_3PO_4 .

Hasil pengujian 3 sampel tersebut menunjukkan bahwa karbon aktif dari serbuk gergaji kayu sengon telah memenuhi standar mutu SNI 06-3730-1995 untuk kadar air maksimum sebesar 15%.



Gambar 2. Pengaruh ukuran partikel (*mesh*) terhadap kadar air karbon aktif

Gambar 2. menunjukkan pengaruh ukuran partikel karbon aktif menggunakan aktivator H_3PO_4 terhadap pengujian kadar air. Nilai kadar air terbaik dihasilkan dari sampel karbon aktif dengan ukuran partikel terbesar yaitu $-80+100\ mesh$ sebesar 3,69%. Hal ini disebabkan ukuran partikel yang besar memiliki pori-pori lebih sedikit dibandingkan dengan ukuran partikel kecil, sehingga kandungan air yang

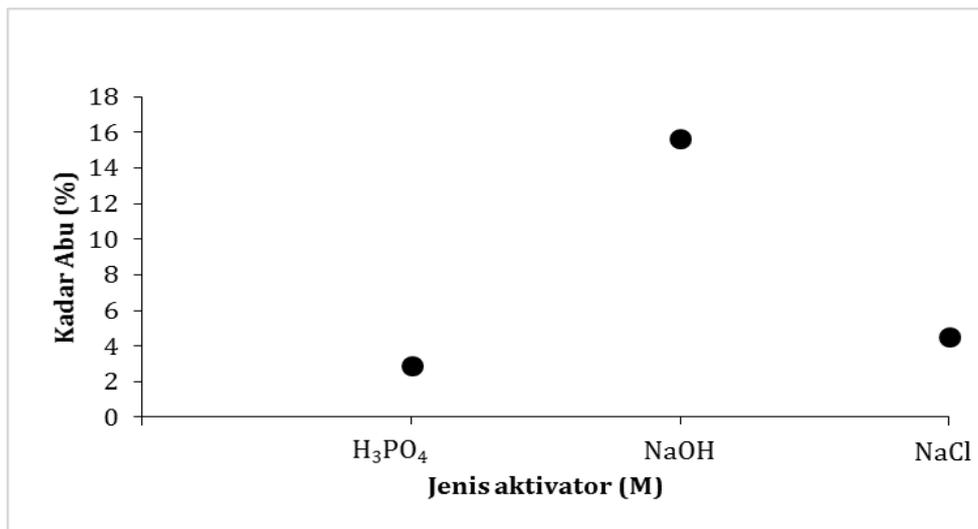
terdapat dalam partikel karbon aktif lebih sedikit karena telah teruapkan pada saat karbonisasi.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Ramdja, dkk. (2008), menyatakan ukuran partikel terkecil memiliki kandungan kadar air yang paling baik yaitu pada ukuran partikel 115 *mesh* dengan kandungan kadar airnya sebesar 5,74%.

3.2 Kadar Abu

Kadar abu menunjukkan adanya jumlah bahan dan mineral yang tidak dapat terbakar pada saat proses karbonisasi (Siahaan, dkk. 2013). Menurut Siregar (2015), menyatakan bahwa Karbon aktif dari bahan dasar sumber daya alam tidak hanya mengandung

senyawa karbon, namun juga mengandung beberapa mineral. Pengujian kadar abu dilakukan pada pemanasan suhu $800^\circ C$ selama 1 jam dengan ukuran partikel $-80, +100\ mesh$.



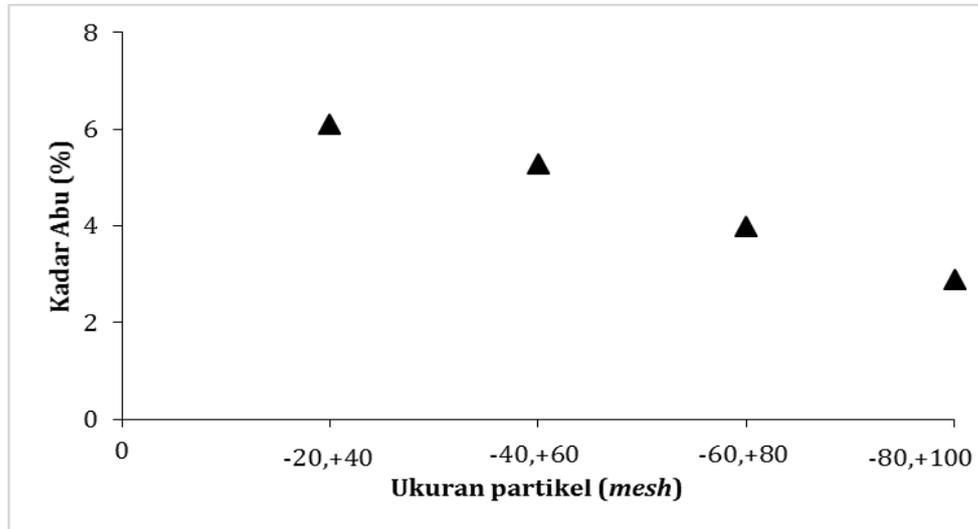
Gambar 3. Pengaruh jenis aktivator terhadap kadar abu karbon aktif *Keterangan: aktivator H_3PO_4 0,1 M; aktivator NaOH 0,1 M; aktivator NaCl 0,1 M*

Gambar 3. menunjukkan hasil kadar abu dari karbon aktif menggunakan aktivator yang berbeda yaitu H_3PO_4 , NaOH, dan NaCl. Aktivator H_3PO_4 menghasilkan kadar abu sebesar 2,89% dan aktivator

NaCl sebesar 4,49%, keduanya sudah memenuhi standar maksimum pengujian kadar abu sebesar 10%. Pada dasarnya aktivator yang bersifat asam lebih optimum memperluas permukaan karbon aktif,

sehingga membentuk pori-pori semakin banyak. Hal ini sesuai dengan Kwagher dan Ibrahim (2013) yang menyatakan bahwa luas permukaan yang besar dapat tercapai ketika karbon aktif memiliki hasil uji kadar abu yang tinggi. Aktivator NaOH menghasilkan kadar abu sebesar 15,68%, maka aktivator tersebut tidak optimum digunakan dalam pembuatan karbon aktif dari serbuk gergaji kayu sengon karena tidak memenuhi standar maksimum.

Hal ini disebabkan material yang mengandung lignoselulosa memiliki kandungan oksigen tinggi dan aktivator yang bersifat asam mampu bereaksi cepat dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen, sedangkan aktivator basa mampu bereaksi dengan karbon, maka aktivator tersebut lebih tepat digunakan untuk material dengan kandungan karbon yang tinggi (Esterlita dan Netti, 2015).



Gambar 4. Pengaruh ukuran partikel (*mesh*) terhadap kadar abu karbon

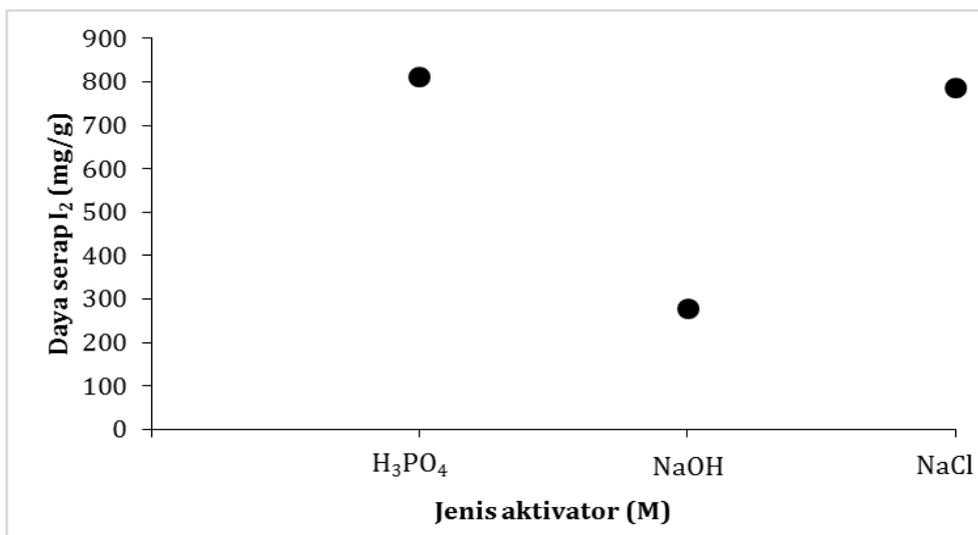
Gambar 4. menunjukkan bahwa ukuran partikel yang besar mempengaruhi nilai presentase kadar abu karbon aktif dari serbuk gergaji kayu sengon. Karbon aktif pada ukuran partikel -20+40; -40+60; -60+80; -80+100 *mesh* berturut-turut menghasilkan kadar abu sebesar 6,09%; 5,29%; 3,99%; 2,89%. Berdasarkan

3.3 Daya Serap Bilangan Iodin

Pengujian kualitas daya serap terhadap iodin pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kemampuan

data menunjukkan semakin besar ukuran partikel karbon aktif maka semakin besar juga kandungan abu yang terdapat dalam karbon aktif tersebut. Nilai presentase kadar abu telah memenuhi standar maksimum karbon aktif sebesar 10% (Maulinda, dkk. 2015).

adsorpsi larutan yang berwarna. Daya serap karbon aktif terhadap iodin adalah jumlah milligram iodin yang teradsorpsi oleh satu gram karbon aktif.

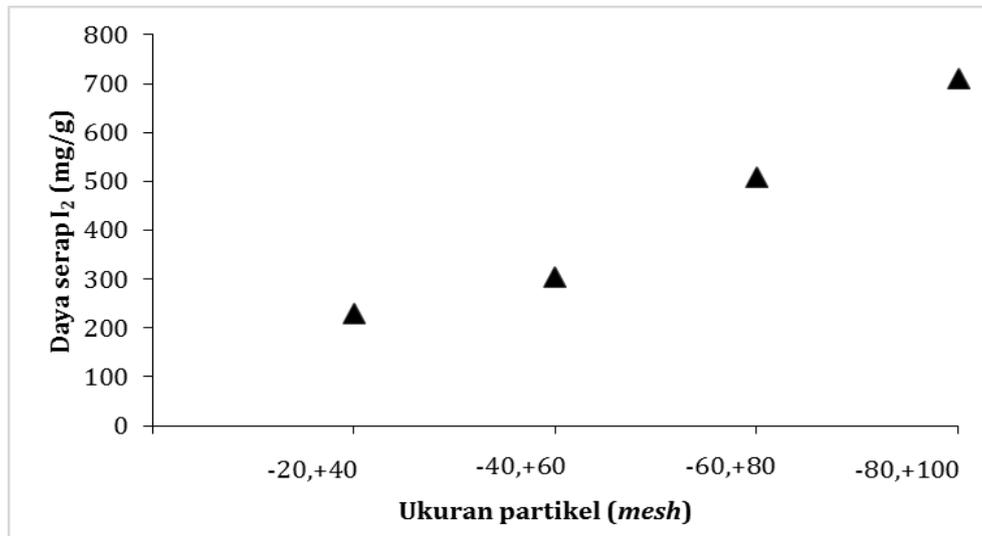


Gambar 5. Pengaruh jenis aktivator terhadap daya serap iodin karbon aktif *Keterangan: aktivator H₃PO₄ 0,1 M; aktivator NaOH 0,1 M; aktivator NaCl 0,1 M*

Gambar 5. menunjukkan bahwa aktivator H_3PO_4 merupakan aktivator terbaik dibandingkan aktivator lainnya. Hal ini disebabkan karena zat asam memiliki kemampuan mengikat air lebih sempurna untuk melarutkan zat-zat organik maupun anorganik yang terikat dalam material karbon sehingga diperoleh karbon dengan pori-pori yang lebih bersih dan terbuka. Aktivator H_3PO_4 menghasilkan daya serap iodin sebesar 812,16 mg/g dan NaCl 786,78 mg/g. Berdasarkan data tersebut sudah memenuhi standar minimum daya serap iodin dari karbon aktif berupa

serbuk sebesar 750 mg/g. Sedangkan untuk daya serap karbon aktif menggunakan aktivator NaOH tidak memenuhi standar minimum yang telah ditetapkan sebesar 278,18 mg/g.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Saputro (2016) tentang karbon aktif dari kulit kacang tanah menghasilkan daya serap terhadap iodin pada suhu $450^\circ C$ selama 90 menit sebesar 1.296 mg/g.



Gambar 6. Pengaruh ukuran partikel (*mesh*) terhadap bilangan iodin karbon aktif

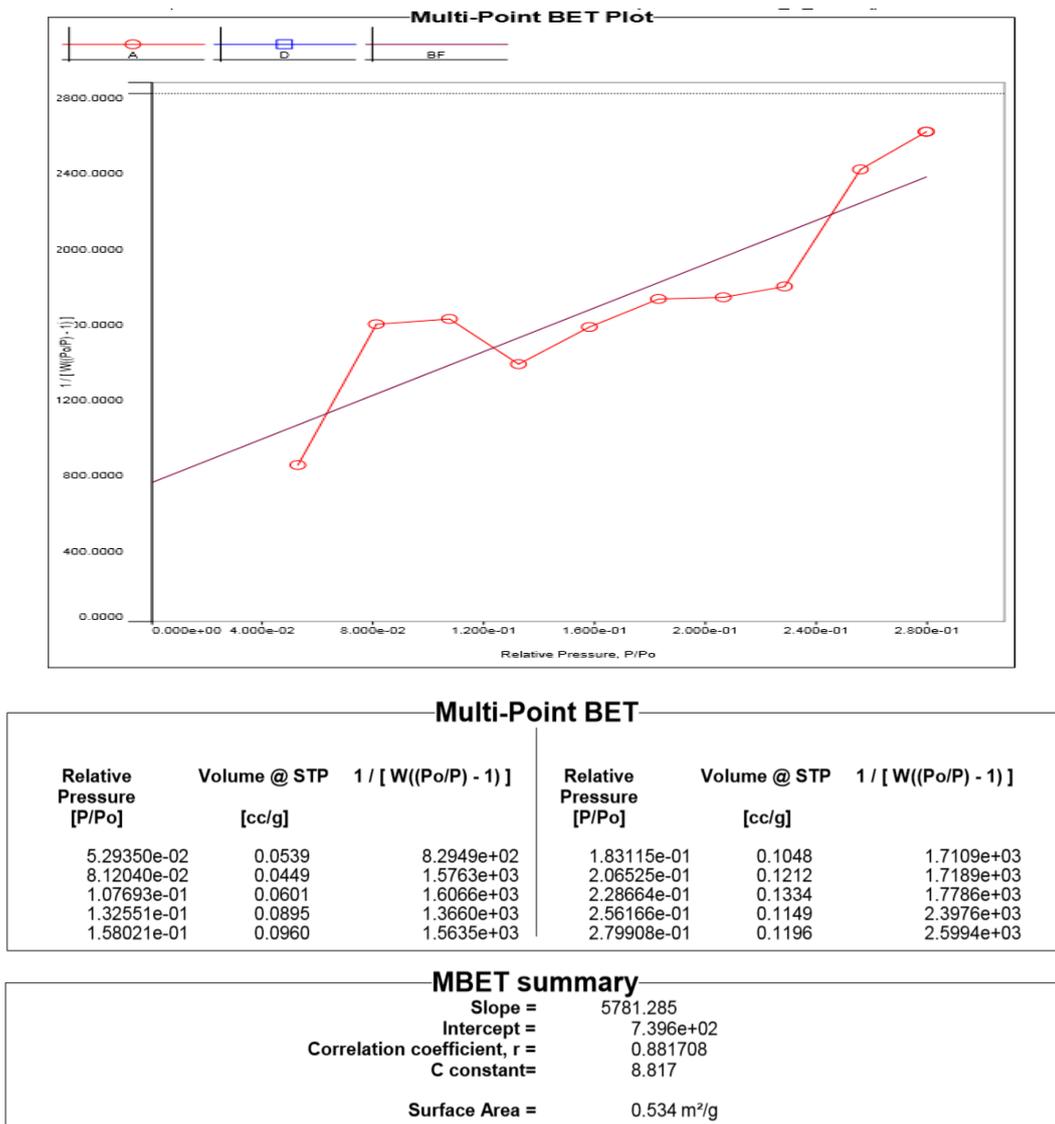
Berdasarkan Gambar 6. menunjukkan jumlah daya serap iodin mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya ukuran partikel pada karbon aktif. Pada ukuran -20+40; -40+60; -60+80; -80,+100 *mesh* menghasilkan adsorpsi iodin berturut-turut

sebesar 228,42; 304,56; 507,60; 710,64 mg/g. Faktor luas permukaan mempengaruhi hasil uji daya serap iodin pada karbon aktif, karena semakin besar daya serap yang dihasilkan maka semakin besar kemampuan adsorpsi karbon aktif (Utomo, 2014).

3.4 Uji BET (*Braunear, Emmelt dan Teller*)

Luas permukaan karbon aktif merupakan bagian terpenting dalam pemeliharaan kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif dengan kualitas tinggi merupakan salah satu adsorben potensial yang

digunakan dalam proses adsorpsi. Sebelum dianalisa sampel karbon di *degassing* terlebih dahulu untuk menghilangkan kontaminasi gas pada mikropori karbon aktif agar menghasilkan hasil analisis yang lebih akurat (Mutiara, dkk. 2016).



Gambar 7. Hasil Uji BET (*Braunnear, Emmelt dan Teller*) dari karbon aktif

Gambar 7. menunjukkan hasil pengujian BET dari luas permukaan pori-pori karbon aktif. Pengujian dilakukan pada suhu 500°C selama 30 menit dengan ukuran karbon aktif -60+80 *mesh* sebesar 0,534 m²/gram. Hal ini menunjukkan kayu sengon termasuk jenis kayu yang memiliki struktur lemah, sehingga luas permukaan yang dihasilkan karbon aktif tersebut kecil. Menurut penelitian yang telah dilakukan Chai *et al.* (2017) tentang pembuatan karbon aktif dari serat

4. KESIMPULAN

Kondisi optimum proses karbonisasi dalam pembuatan karbon aktif dari limbah serbuk kayu sengon adalah suhu 500°C selama 30 menit menggunakan aktivator terbaik H₃PO₄ 0,1M dan

buah menggunakan aktivator H₃PO₄ menghasilkan uji BET dengan luas permukaan sebesar 1.493 m²/g, menunjukkan bahwa ukuran pori-pori pada luas permukaan menentukan kapasitas kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Jenis bahan karbon aktif dapat mempengaruhi kekuatan struktur dari pori-pori luas permukaan adsorben, karena struktur kayu yang lebih kuat akan memiliki luas permukaan yang baik (Mutiara dkk, 2016)

ukuran partikel -80,+100 *mesh*. Berdasarkan kondisi tersebut menghasilkan kadar air terbaik sebesar 3,69%.

5. DAFTAR PUSTAKA

Chai, I. V. K.; Lim, X. Y.; Lee, T., Creatine Adsorption by Activated carbon Fibre (ACF) Derived from Empty Fruit Bunch (EFB) Fibre, 2017, Journal of Engineering Science and Technology, 5, 58-70.

Dewi, T. K.; Nurrahman, A.; Permana, E., Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Ubi Kayu (*Mannihot esculenta*), 2009, Jurnal Teknik Kimia, 1(16), 24-30.

- Doke, K. M.; Khan E. M.; *Equilibrium Kinetic and Diffusion Mechaism Of Cr (VI) Adsorption Onto Activated Carbon Derived from Wood Apple Shell*, 2017, *Arabian Journal of Chemistry*, 10, 252-260.
- Esterlita, M. O.; Herlina, N., Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, dan H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelelah Aren (*Arenga pinnata*), 2015, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47-52.
- García, M. A.; Corzo, G. M.; Domínguez, M. A.; Franco, M. A.; Naharro, J. M., Study of the adsorption and electroadsorption process of Cu (II) ions within thermally and chemically modified activated carbon, 2016, *Journal of Hazardous Materials*.
- Gultom, E. M.; Lubis, M.T., Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H₃PO₄ untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb, 2014, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), 5-10.
- Haniffudin, N.; Diah, S., Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC), 2013, *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), F-13-F-17.
- Hanum, F.; Gultom, R. J.; Simanjuntak M., Adsopsi Zat Warna Metilen Biru dengan Karbon Aktif dari Kulit Durian Menggunakan KOH dan NaOH sebagai Aktivator, 2017, *Jurnal Teknik Kimia*, 6(1), 49-55.
- Idrus, R.; Boni, P.L.; Yoga, S.S., Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa, 2013, *Jurnal Prisma Fisika*, 1(1), 50-55.
- Khornia, D.; Dwi, R.; Suwardiyono; Kholis, N., Pengaruh Waktu dan Suhu Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah dengan Suhu Tinggi Secara Pirolisis, *Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Semarang*, 2017.
- Kurniawan, R.; Lutfi, M.; Agung, W., Karakteristik Luas Permukaan Bet (Brainanear, Emmelt, dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H₃PO₄), 2014, *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2), 15-20.
- 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.
- Lempang, M., Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif Mody Lempang, 2014, 65-80.
- Maulinda, L.; Nasnul, Z. A.; Dara, N. S., Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif, 2015, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11-19.
- Mazlan, M. A. F.; Uemura, Y.; Yusup, S.; Elhassan, F.; Uddin, A.; Hiwada, A.; Demiya, M.; Activated Carbon from Rubber Wood Sawdust by Carbon Dioxide Activation, 2016, *Procedia Engineering*, 148, 530-537.
- Murtono, J.; Iriany, Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang buah Karet dengan Aktivator H₃PO₄ dan Aplikasinya sebagai Penjerap Pb (II), 2017, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(1), 43-48.
- Mutiara, T.; Fajri, R.; Nurjannah, I., Karakterisasi Karbon Aktif dari Serbuk Kayunangka Limbah Industri Penggergajian dan Evaluasi Kapasitas Penyerapan dengan Methylene Blue Number, 2016, *Tenoin*, 22(6), 452-460.
- Pari, G.; Sofian, K.; Syafii, W.; Buchari, Pengaruh Lama Aktivasi Terhadap Struktur Kimia dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Sengon, 2011, *Jurnal*.
- Payung, D.; Prihatiningtyas, E.; Nisa, S. H., Uji Daya Kecambah Benih Sengon (*Paraserianthes Falcataria L. nielsen*) di Green House, 2012, *Jurnal Hutan Tropis*, 13(2), 132-138.
- Prabarini, N.; Okayadnya, D. G.; Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri, 2014, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 33-41.
- Ramdja, A. F.; Halim, M.; Handi, J., Pembuatan Karbon Aktif dari Pelelah Kelapa, 2008, *Jurnal Tenik Kimia*, 2(15), 1-8.
- Reri, A.; Yommi, D.; Rafiola, F., Studi Penentuan Kondisi Optimum Fly Ash Sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Logam Berat Timbal (Pb), 2012, *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas*, 9(1), 37-43.
- Rizhikovs, J.; Zandersons, J.; Spince, B.; Dobeles, G.; Jakab, E., Preparation of Granular Activated Carbon from Hydrothermally Treated and Pelletized Deciduous Wood, 2012, *Analysis Application Pyrolysis*, 93, 68-76.
- Saputro, S.; Fitriana, D., Aplikasi Karbon Aktif dari Serbuk Bergaji Kayu Jati (*Tectona grandis L.f.*) sebagai adsorben Ion Logam Pb (II) dan Analisisnya menggunakan *Solid-Phase Spectrophotometry* (SPS), 2016, 1(2), 23-32.
- Satriani, D.; Ningsih, P.; Ratman, Serbuk dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras sebagai Adsorben terhadap Logam Timbal (Pb), 2016, *Jurnal Akademika Kimia*, 5(3), 103-108.
- Setiawati, E.; Suroto, Pengaruh Bahan Aktivator pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa, 2016, *Penelitian Baristand Industri Banjarbaru*, 2(1), 21-26.

Shamsuddin, M. S.; Yusoff, N. R. N.; Sulaiman, M. A.,
Synthesis and Characterization of Activated
Carbon Produced from Kenaf Core Fiber Using
 H_3PO_4 Activation, 2016, *Procedia Chemistry*, 19,
558-565.

Shofa, Pembuatan Karbon aktif Bahan Baku Ampas
Tebu dengan aktivasi Kalium Hidroksida, Jurusan
Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok, 2012.

Siahaan, S.; Hutapea, M.; Hasibuan, R., Penentuan
kondisi optimum suhu dan waktu karbonisasi,
2013, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 26-30.

Siregar, Y. D.; Heryanto, R.; Riyadhhi, A.; Lestari, T.H.;
Nurlela, Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan
dan Tulang Hewan Menggunakan Ftir dan Analisis
Kemometrika, 2015, *Jurnal Penelitian dan
Pengembangan Ilmu Kimia*, 1(2), 103-116.

Utomo, S., Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran
Partikel terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari
Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH, Seminar
Nasional Sains dan Teknologi Universitas
Muhammadiyah Jakarta 2014.

Zhu, M. Q.; Wang, Z. W.; Wen, J. L.; Qiu, L.; Zhu, Y. H.; Su,
Y. Q.; Sun, R. C., The Effects of Autohydrolysis
Pretreatment on The Structural Characteristics,
Adsorptive and Catalytic Properties of The
Activated Carbon Prepared from *Eucommia
Ulmoides* Oliver Based on A Biorefinery Process,
2017, *Bioresource Technology*, 232, 159-167.