

**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI GERGAJI KAYU JATI (*Tectona grandis* L,f)
(UKURAN PARTIKEL DAN JENIS AKTIVATOR)**

*MAKING ACTIVATED CARBON FROM TEAK WOOD SAWS (*Tectona grandis* L,f)
(PARTICLE SIZE AND ACTIVATOR TYPE)*

¹Emi Erawati, ¹Ekta Firdausi Nur Afifah

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kartasura 57162
Email: ¹emierawati@ums.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap karakteristik karbon aktif dari limbah serbuk gergaji kayu jati. Karakteristik karbon aktif berupa uji kadar air, kadar abu, kadar volatile matter, kadar fixed carbon, daya serap terhadap iodium, daya serap terhadap benzena, dan menghitung rendemen arang. Serbuk gergaji kayu jati dihaluskan menggunakan grinder kemudian diayak menggunakan 4 variasi mesh yaitu -40+60, -60+70, -70+80, dan -80+100 mesh. Proses karbonisasi dilakukan di furnace pada temperatur 350°C selama 15 menit. Arang diaktivasi menggunakan 4 jenis larutan aktivator yang berbeda yaitu H₃PO₄, NaOH, H₂SO₄, dan NaCl masing-masing memiliki konsentrasi 10% volum. Karbon aktif yang dihasilkan dilakukan pengujian kualitas karbon aktif sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi paling optimal dalam pembuatan karbon aktif serbuk gergaji kayu jati menggunakan aktivator H₃PO₄, yang menghasilkan rendemen arang 89,63%, kadar air 1,55%, kadar abu 3,83%, kadar volatile matter 3,46%, kadar fixed karbon 92,71%, daya serap terhadap iodium 837,74 mg/g, dan daya serap terhadap benzena sebesar 38,85%.

Kata Kunci: Karbon aktif, karbonisasi, kayu jati, aktivator,rendemen

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of particle size and type of activator on the characteristics of activated carbon from teak wood sawdust waste. Characteristics of activated carbon in the form of water content, ash content, volatile matter content, fixed carbon content, the absorption capacity of iodine, absorption of benzene, and calculating charcoal yield. Teak wood sawdust was smoothed using a grinder, then sieved using 4 mesh variations, namely -40+60, -60+70, -70+80, -80+100 mesh. The carbonization process was carried out in the furnace at 350°C for 15 minutes. Charcoal was activated using 4 different types of activator solutions, namely H₃PO₄, NaOH, H₂SO₄, and NaCl, each of which has a concentration of 10% volume. Activated carbon produced is carried out by testing the quality of activated carbon in accordance with SNI 06-3730-1995. The results showed that the most optimal conditions in the manufacture of activated carbon teak sawdust using H₃PO₄ activator, which produced charcoal yield of 89.63%, 1.55% moisture content, 3.83% ash content, 3.46% volatile matter, content, fixed carbon content of 92.71%, the absorption capacity of iodine 837.74 mg/g, and the absorption capacity of benzene 38,85%.

Keywords: Activated carbon, carbonization, teak wood, activator,yield

PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan karbon *amorf* yang mengandung 85-95% karbon dan memiliki luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m²/gr. Penerapan karbon aktif dalam industri cukup luas, baik industri kecil dan besar. Karbon aktif dalam industri digunakan untuk menghilangkan bau, mengolah LNG, membersihkan air buangan, memurnikan gas, dan katalisator. Kebutuhan karbon aktif bidang industri di Indonesia relatif tinggi dan dipenuhi dengan cara mengimpor dari negara lain seperti

Jepang, Korea, Taiwan, Kanada, Inggris, dan Amerika Serikat. Pada tahun 2000, negara Indonesia mengimpor karbon aktif sebesar 2.770.573 kg. Konsumsi karbon aktif dunia mengalami peningkatan setiap tahunnya, pada tahun 2007 mencapai 300.000 ton/tahun. Melimpahnya sumber daya alam di Indonesia menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan karbon aktif dalam negeri tanpa mengimpor dari negara lain. Bahan baku berasal dari alam yang mengandung karbon adalah serbuk gergaji dapat diolah menjadi karbon aktif.

Limbah yang dihasilkan dari industri penggergajian kayu cukup besar yaitu 50,8% yang terdiri dari serbuk gergaji kayu 10,6%, sebetan 25,9%, dan potongan 14,3%. Serbuk gergaji biasanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar *boiler* untuk memenuhi kebutuhan suatu industri. Akan tetapi penanganan limbah serbuk gergaji masih menimbulkan masalah yang berdampak negatif terhadap lingkungan, karena pengolahannya hanya dibiarkan membusuk, tertumpuk, dan dibakar.

Teknologi alternatif untuk mengurangi volume limbah adalah memanfaatkan serbuk gergaji kayu menjadi karbon aktif. Serbuk penggergajian kayu jati dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif sebagai adsorben yang dapat menyerap air limbah karena memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi. Arang adalah hasil dari proses karbonisasi kayu yang komponennya mengandung karbon, sedangkan arang aktif adalah arang yang telah mengalami aktivasi menggunakan bahan-bahan kimia, sehingga memiliki pori-pori terbuka yang mampu menjadi adsorben (Sahara dkk, 2017).

Kualitas karbon aktif dapat dipengaruhi oleh pemilihan jenis aktivator. Senyawa aktivator tersebut antara lain: $ZnCl_2$, KOH , H_2SO_4 , H_3PO_4 , $CaCl_2$, dan Na_2CO_3 , digunakan dalam pembuatan karbon aktif. Aktivator dapat membuka pori-pori arang sehingga memiliki daya serap yang baik. Zat aktivator akan memasuki permukaan arang melalui pori-pori.

Penelitian tentang karbon aktif dari kayu jati telah dilakukan oleh Aida (2013), menunjukkan bahwa dua arang aktif telah memenuhi syarat mutu sesuai dengan SNI 06-3730-1995, yaitu arang aktif yang diaktivasi secara kimia dengan penambahan KOH 20% serta aktivasi fisika dengan penambahan uap air ($ASKOH$), lama aktivasi dilakukan 120 menit pada suhu $800^\circ C$.

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

Jenis Uji	Persyaratan	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan $950^\circ C$	Max. 15%	Max. 25%
Kadar air	Max. 4,5%	Max. 15%
Kadar abu	Max. 2,5%	Max. 10%
<i>Fixed carbon</i>	Min. 80%	Min. 65%
Daya serap terhadap larutan I_2	Min 750 mg/g	Min 750 mg/g
Daya serap terhadap benzene	Min 25%	-

(SNI 1995)

Penelitian yang dilakukan oleh Saputro (2016) tentang pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai karbon aktif untuk menyerap ion logam Pb (II), menghasilkan kemampuan mengadosorpsi 20 mL logam Pb sebanyak 62,32% dalam waktu optimum 45 menit. Untuk menganalisis seberapa besar kadar ion Pb , dalam penelitian ini digunakan metode SPS.

Berdasarkan hal tersebut penelitian terhadap gergaji kayu jati sebagai dasar pembuatan karbon aktif dengan variasi ukuran partikel dan jenis aktivator perlu dilaksanakan. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi volume limbah serbuk gergaji yang dihasilkan, meningkatkan pemanfaatan limbah gergaji kayu jati menjadi produk yang komersial, dan mengurangi kandungan berbahaya dalam air limbah yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah *grinder* untuk menghaluskan serbuk gergaji kayu jati, ayakan dengan variasi ukuran -40+60; -60+70; -70+80; -80+100 *mesh*, dan *furnace* sebagai tahap karbonisasi.

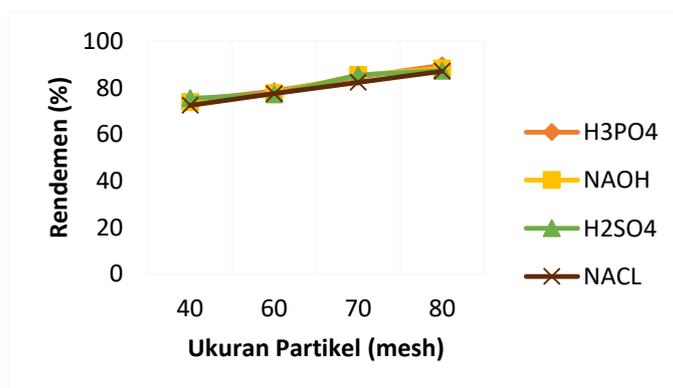
Bahan utama yang digunakan serbuk gergaji kayu jati dan sebagai aktivator adalah H_2SO_4 , H_3PO_4 , NaCl, dan NaOH.

Serbuk gergaji kayu jati dihaluskan menggunakan *grinder* dan diayak dengan 4 variasi *mesh* (-40+60, -60+70, -70+80, -80+100 *mesh*). Bahan baku ditimbang dalam cawan, kemudian dimasukkan dalam *furnace* dengan suhu 350°C selama 15 menit. Arang hasil karbonisasi ditimbang sebanyak 7 gram untuk direndam selama 24 jam dengan 4 larutan aktivator berbeda dengan konsentrasi yang sama yaitu H_2SO_4 10%, H_3PO_4 10%, NaOH 10%, NaCl 10%. Sampel disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 150°C selama 2 jam. Karbon aktif yang diperoleh dilakukan uji kualitas, antara lain: uji rendemen, kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter*, kadar *fixed* karbon, daya serap terhadap I_2 , dan daya serap terhadap benzene.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rendemen Arang

Kemampuan daya serap karbon aktif dapat dipengaruhi oleh konsentrasi adsorben dalam fase cair, luas permukaan, sifat karakteristik dalam keadaan cair, waktu tinggal, dan ukuran partikel (Jahangiri *et al.*, 2013). Gambar 1. menunjukkan pengaruh ukuran partikel dan penggunaan aktivator yang berbeda dalam penelitian terhadap presentase rendemen arang dari karbon aktif serbuk kayu jati.



Gambar 1. Hubungan ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap rendemen karbon aktif

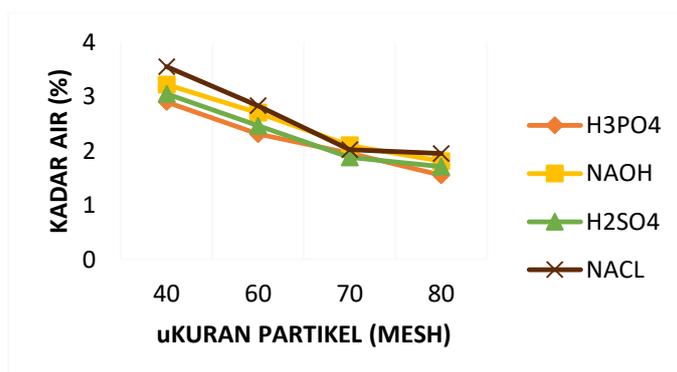
Gambar 1. menunjukkan bahwa empat jenis aktivator menghasilkan presentase rendemen arang aktif tertinggi sebesar 89,63% menggunakan aktivasi H_3PO_4 ukuran -80+100 *mesh* dan rendemen terendah sebesar 72,42% menggunakan aktivasi NaCl 10% ukuran partikel -40+60 *mesh*. Semakin tinggi presentase rendemen yang dihasilkan, maka semakin baik absorber dari karbon aktif tersebut. Akan tetapi data 16 sampel tersebut tidak menunjukkan perbedaan presentase rendemen yang jauh, sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis aktivator tidak mempengaruhi faktor hasil rendemen karbon aktif. Hasil rendemen dipengaruhi ukuran partikel karbon aktif, semakin kecil ukuran partikel, maka presentase rendemen yang dihasilkan semakin besar. Nilai presentase rendemen karbon aktif mengalami penurunan disebabkan pemanasan suhu tinggi sehingga zat *volatile* dalam bahan hilang, terutama partikel karbon aktif yang berukuran besar.

Berdasarkan penelitian pembuatan karbon aktif pelepas aren yang dilakukan oleh Esterlita dan Herlina (2015) menunjukkan hasil rendemen optimum sebesar 82,04% dengan menggunakan aktivasi

ZnCl₂ pada suhu karbonisasi 400°C. Hal ini menunjukkan bahwa ZnCl₂ dapat menjaga panas pada proses pirolisis pelepah aren sehingga mampu mencegah terjadinya proses oksidasi lebih lanjut terhadap karbon untuk menghasilkan zat-zat yang tidak diinginkan seperti abu.

2. Kadar Air

Kadar air tertinggi sampel karbon aktif dihasilkan dengan menggunakan aktivasi NaOH ukuran partikel -40+60 *mesh* sebesar 3,55%, sedangkan kadar air terendah dihasilkan sampel dengan menggunakan aktivasi H₃PO₄ ukuran partikel -80+100 *mesh* sebesar 1,55%. Berdasarkan data pada Gambar 2. menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin kecil kadar air dalam karbon aktif, dan sebaliknya. Hal ini dikarenakan setelah proses penetralan dalam aktivasi, karbon aktif mengalami pengeringan optimal yang menyebabkan pori-pori lebih kecil.

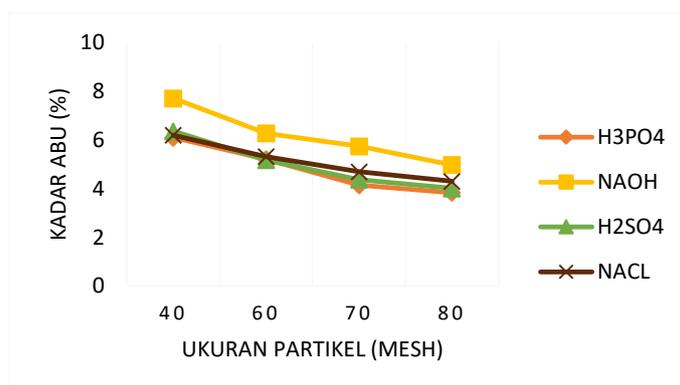


Gambar 2. Hubungan ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap kadar air karbon aktif

Kadar air yang dihasilkan merupakan ukuran kemampuan zat aktivator sebagai zat pendehidrasi. Karbon aktif yang diaktivasi asam memiliki kadar air yang lebih rendah dibanding karbon aktif teraktivasi oleh basa, hal ini dikarenakan kompleks oksigen yang rusak saat aktivasi H₃PO₄ lebih banyak sehingga kepolarannya lebih rendah. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan Hsu dan Teng (2000) bahwa aktivator yang lebih baik digunakan untuk material lignolelulosa seperti kayu jati adalah aktivator yang bersifat asam, seperti ZnCl₂ dan H₃PO₄. Presentase kadar air berdasarkan data 16 sampel berada di bawah standar SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, yaitu maksimal kadar air pada arang aktif adalah 15%. Nilai presentase kadar air tersebut berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Jamilatun dan Setyawan (2014) tentang pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan baku karbon aktif yang diaktivasi dengan aktivator ZnCl₂ dan suhu karbonisasi 800°C, menghasilkan kadar air sebesar 1,3%. Hasil perhitungan kadar air tersebut sudah memenuhi syarat mutu karbon aktif sesuai dengan standar SNI.

3. Kadar Abu

Kualitas karbon aktif yang baik harus memiliki kadar abu yang serendah mungkin. Kadar abu yang dimiliki oleh karbon aktif berkisar 5-6% dan sekitar 85-90% untuk kadar karbonnya. Ketika kadar karbon aktif meningkat, maka luas permukaannya pun juga ikut meningkat. Nilai kadar karbon tinggi yang diinginkan dapat digunakan untuk mencapai luas permukaan yang tinggi pula (Kwaghger and Ibrahim, 2013).



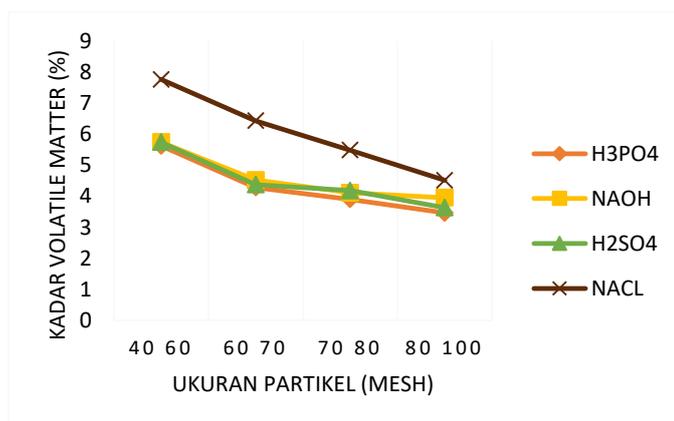
Gambar 3. Hubungan ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap kadar abu karbon aktif

Hasil presentase kadar abu dari data 16 sampel telah memenuhi standar kualitas kadar abu untuk arang aktif menurut SNI 06-3730-1995, yaitu dibawah 10%. Gambar 3. Menunjukkan kadar abu tertinggi diperoleh sebesar 7,70% dengan aktivasi NaOH dengan ukuran partikel -40+60 *mesh* dan kadar abu terendah diperoleh dengan aktivasi H₃PO₄ berukuran -80+100 *mesh* sebesar 3,83%. Semakin besar ukuran partikel karbon aktif, maka semakin besar pula kadar abu yang dihasilkan. Semakin rendah presentase kadar abu, maka semakin baik kualitas dari karbon aktif tersebut.

Data dari 16 sampel tersebut tidak menunjukkan perbedaan nilai presentase kadar abu yang jauh, sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis aktivator tidak cukup besar mempengaruhi faktor presentase kadar abu yang dihasilkan. Kualitas karbon aktif dapat dipengaruhi oleh kadar abu yang dihasilkan karena dapat menyebabkan pori-pori karbon aktif tersumbat, sehingga luas permukaannya berkurang. Penambahan aktivator kimia dalam karbon aktif dapat meningkatkan kadar abunya. Hal ini disebabkan karena adanya proses oksidasi lebih lanjut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Maulinda dkk (2015) mengenai pembuatan karbon aktif dari kulit singkong, menggunakan aktivator HCl, menghasilkan kadar abu sebesar 1-24%.

4. Kadar Volatile Matter

Proses adsorpsi membutuhkan adsorben yang digunakan sebagai zat atau bahan untuk menyerap zat lain, sehingga adsorpsi hanya terjadi pada permukaan tanpa adanya reaksi kimia (Prabarini and Okayadnya, 2014). Ukuran partikel dan pori adsorben mempengaruhi luas permukaan kerja adsorben. Ukuran besar dan kecilnya pori-pori adsorben dipengaruhi pemilihan aktivator, karena keduanya mempengaruhi kemampuan karbon aktif serta kadar *volatile matter* yang terdapat didalamnya.



Gambar 4. Hubungan ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap kadar *volatile matter*

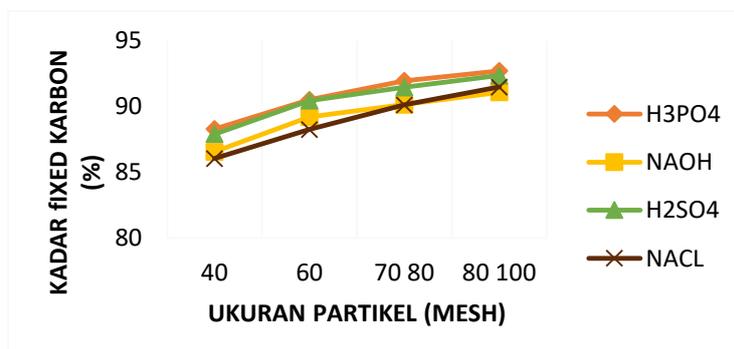
Gambar 4. menunjukkan kadar zat terbang optimum sebesar 7,76% pada sampel menggunakan aktivasi NaOH yang berukuran -40+60 *mesh*, sedangkan kadar zat mudah menguap pada suhu 950°C terendah dihasilkan pada sampel menggunakan aktivasi H₃PO₄ -80+100 *mesh* sebesar 3,46%. Hal

menunjukkan data 16 sampel tersebut telah memenuhi kualitas standar SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif, yaitu maksimal 25%. Ukuran partikel karbon aktif yang semakin besar, mengakibatkan semakin tinggi kadar *volatile matter* yang terkandung di dalamnya. Kadar *volatile matter* yang tinggi disebabkan adanya penguraian senyawa non-karbon yang tidak sempurna seperti CO₂, CO, dan H₂ (Prabarini and Okayadnya, 2014). Berdasarkan data dari 16 sampel tersebut tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis aktivator tidak cukup besar mempengaruhi faktor presentase *volatile matter* yang dihasilkan.

Setiawati dan Suroto (2010) telah melakukan penelitian pembuatan karbon aktif tempurung kelapa menghasilkan besarnya kadar zat terbang bervariasi, hasil perhitungan paling rendah diperoleh dari perlakuan menggunakan aktivator NaCl 5% sebesar 3,27%. Kadar zat terbang tertinggi sebesar 25,82% diperoleh dari sampel dengan perlakuan aktivator NaCl 10%. Kadar zat *volatile matter* yang diperoleh nilainya melebihi 25%, oleh karena itu karbon aktif tersebut tidak sesuai dengan syarat mutu SNI yang ada. Kandungan nitrogen dan sulfur dalam karbon aktif yang bereaksi dengan NaCl dapat menyebabkan nilai kadar zat terbang yang tinggi.

5. Kadar Fixed Carbon

Kadar karbon tertinggi sampel dihasilkan karbon aktif dengan menggunakan aktivasi H₃PO₄ ukuran partikel -80+100 *mesh* sebesar 92,71%, sedangkan presentase kadar karbon terendah pada sampel menggunakan aktivasi NaOH ukuran partikel -40+60 *mesh* sebesar 86,05%. Berdasarkan data pada Gambar 5. menunjukkan bahwa ukuran partikel, kadar abu, dan kadar *volatile matter* menjadi faktor yang saling berhubungan mempengaruhi besar atau kecilnya nilai presentase kadar karbon. Ukuran karbon aktif yang besar akan menghasilkan kadar *volatile matter* dan kadar abu yang besar pula. Hal ini dapat menyebabkan turunnya kadar *fixed carbon*.



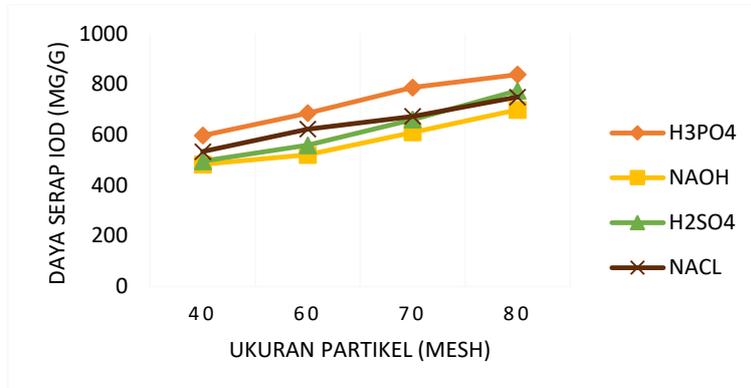
Gambar 5. Hubungan ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap kadar *fixed* karbon aktif

Pada penelitian ini, data 16 sampel telah memenuhi persyaratan kadar karbon sesuai dengan SNI 06-3730-1995 yaitu minimal 65%. Berdasarkan data penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi *fixed carbon* yang dihasilkan, maka semakin baik kualitas arang aktif tersebut. Kadar karbon yang dihasilkan dari data 16 sampel yang diaktivasi dengan jenis aktivator yang berbeda, tidak menghasilkan perbedaan yang cukup signifikan antara sampel satu dengan yang lain. Dengan demikian, jenis aktivator tidak begitu mempengaruhi presentase dari kadar karbon yang didapatkan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Permatasari dkk. (2014), menghasilkan kadar karbon tertinggi dari sampel menggunakan aktivator NaCl sebesar 70,281%. Sedangkan kadar karbon terendah menggunakan aktivasi KOH sebesar 49,839%. Nilai presentase besar atau kecilnya kadar karbon ini dipengaruhi oleh jumlah kadar air, kadar zat terbang, dan kadar abu (Akshanti dkk, 2010; Kwagher and Ibrahim, 2013).

6. Daya Serap terhadap Iodium

Penetapan daya serap karbon aktif terhadap larutan iodium berfungsi untuk mengetahui seberapa besar kemampuan karbon aktif dalam menyerap larutan berwarna. Daya serap terhadap iodium yang diperoleh berkisar antara 482,33–837,74 mg/g.



Gambar 6. Hubungan ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap daya serap iodium

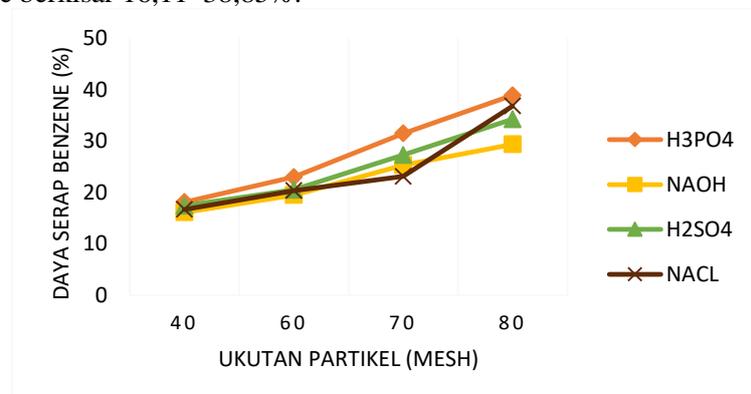
Daya serap paling tinggi berdasarkan data Gambar 6. menunjukkan bahwa sampel dengan menggunakan aktivator H₃PO₄ ukuran partikel -80+100 mesh. Sampel yang diaktivasi menggunakan NaOH yang berukuran -40+60 mesh menghasilkan karbon aktif yang memiliki daya serap terhadap iodium paling rendah. Daya serap arang aktif terhadap iodium ini, sebagian memenuhi standar kualitas arang aktif berdasarkan SNI 06-3730-195, yaitu minimal 750 mg/g.

Daya serap karbon aktif terhadap iodium yang besar ini dapat menghasilkan permukaan yang aktif, hal ini disebabkan karena dalam permukaan arang masih terdapat senyawa hidrokarbon yang tertinggal dan terbuang pada saat proses aktivasi berlangsung. Uji daya serap iodium karbon aktif dipengaruhi dengan faktor luas permukaan. Semakin besar nilai kadar iodium yang dihasilkan, maka semakin besar pula kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi suatu adsorbat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Utomo (2014) menunjukkan karbon aktif yang berukuran 100 mesh mampu menyerap iodium sebesar 66,27%, sedangkan daya serap menurun untuk karbon aktif dengan ukuran lebih dari 100 mesh. Dalam aktivasi karbon aktif dari kulit singkong, karbon yang berukuran 100 mesh merupakan ukuran yang paling efektif.

7. Daya Serap terhadap Benzena

Perhitungan daya serap karbon aktif terhadap benzena berfungsi untuk mengetahui kemampuan karbon aktif gergaji serbuk kayu jati dalam menyerap gas. Berdasarkan data Gambar 7. menunjukkan daya serap benzena berkisar 16,11–38,85%.



Gambar 7. Hubungan ukuran partikel dan jenis aktivator terhadap daya serap benzena

Daya serap terhadap larutan benzena yang paling besar menggunakan aktivator H₃PO₄ 10%, sedangkan penggunaan aktivator NaOH menghasilkan karbon aktif dengan daya serap terendah.

Daya serap karbon aktif terhadap benzena yang rendah, dapat disebabkan karena pada karbon aktif masih terbentuk pori-pori yang mengandung senyawa non-karbon, sehingga menyerap uap atau gas lebih sedikit. Daya serap yang rendah menunjukkan bahwa senyawa bersifat polar hasil dari karbonisasi yang tidak sempurna masih menutupi permukaan karbon aktif.

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Aprianis (2012) dalam pembuatan karbon aktif dari tunggak *Acacia crassicaarpa*, menghasilkan daya serap benzena berkisar antara 11,46%-34,81%. Daya serap paling tinggi dihasilkan dari aktivasi menggunakan H₃PO₄ 10% pada suhu 850°C, sedangkan yang paling rendah dihasilkan dari perlakuan H₃PO₄ 5% dengan suhu 650°C.

KESIMPULAN

Kondisi optimal dan efektif dalam pembuatan karbon aktif dari limbah serbuk gergaji kayu jati (*Tectona grandis* L.f) karbonisasi suhu 350°C selama 15 menit dengan menggunakan aktivator H₃PO₄ 10%, ukuran karbon -80+100 mesh, dan lama aktivasi 24 jam. Kondisi tersebut karbon aktif yang dihasilkan memenuhi syarat mutu karbon aktif sesuai dengan SII No. 0258-88 ditunjukkan dengan data uji kadar air sebesar 1,55%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianis, Y. (2015). Karakteristik Arang Aktif dari Tunggak *Acacia crassicaarpa*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(4), 261–268.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, dan H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47–52.
- Jahangiri, M., Adl, J., Shahtaheri, S. J., Rashidi, A., Ghorbanali, A., Kakooe, H., Forushani, A. R. & Ganjali, M. R. (2013). Preparation of a new adsorbent from activated carbon and carbon nanofiber (AC/CNF) for manufacturing organic-vacbpour respirator cartridge. *Iranian journal of environmental health science & engineering*, 10(1), 15. doi: 10.1186/1735-2746-10-15.
- Jamilatun, S., & Setyawan, M. (2014). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*, 12(1), 1-112.
- Kwaghger, A., & Ibrahim, J. S. (2013). Optimization of Conditions For The Preparation of Activated Carbon from Mango Nuts Using HCl. *Carbon*, 39(8), 425–432.
- Maulinda, L., Nasnul, Z. A., & Dara, N. S. (2015). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11–19.
- Permatasari, A. R., Khasanah, I. U., & Esti, W. (2014). Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Variasi Jenis Aktivator. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(2), 47–52.
- Prabarini, N. & Okayadnya, D. (2014). Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 33–41.
- Sahara, E., Sulihingtyas, W. D., & I Putu A. S. M. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang diaktivasi dengan H₃PO₄. *Jurnal Kimia* 11(1), 1–9.
- Saputro, S. (2016). Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f) sebagai Adsorben Ion Logam Pb (II) dan Analisisnya menggunakan *Solid-Phase Spectrophotometry* (SPS). 1(2).
- Setiawati, E., & Suroto. (2010). Pengaruh Bahan Aktivator pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(1), 70–75.
- Utomo, S. (2014). 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*, ISSN 2407-1846.