



Terakreditasi: SK No.: 60/E/KPT/2016

Website : <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/>

Reaktor, Vol. 17 No. 2, Juni Tahun 2017, Hal. 74-80

## Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal $H_3PO_4$ , Kombinasi $H_3PO_4-NH_4HCO_3$ , dan Termal

Esthi Kusdarini<sup>1,\*</sup>, Agus Budianto<sup>2</sup>, dan Desyana Ghafarunnisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya, Indonesia  
Telp./Fax. (031)5945043 ext.809 / (031)5997244

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya  
Telp./Fax. (031)5945043 ext.809 / (031)5997244

\*Penulis korespondensi: [esti@itats.ac.id](mailto:esti@itats.ac.id)

### Abstract

**ACTIVE CARBON PRODUCTION OF BITUMINOUS COAL WITH SINGLE ACTIVITY  $H_3PO_4$ ,  $H_3PO_4$  COMBINE WITH  $NH_4HCO_3$ , AND THERMAL.** Bituminous coal has a good potential to be utilized as activated carbon because it has high carbon, which is between 54-86%. The purpose of research was to obtain moisture content data, ash content, volatile matter, fixed carbon, absorption of iodine (iodine), area surface and the volume of pore activated carbon. Another aim was to study the effect of reagent types and concentrations of  $H_3PO_4$  reagent and  $NH_4HCO_3$  reagent to the characteristics of the activated carbon. The study was conducted in six stages: 1) carbonization; 2) chemical activation; 3) neutralizing; 4) filtering; 5) activation in physics; and 6) cooling. The renewal of this study is the use of reagents combination  $H_3PO_4-NH_4HCO_3$ . The results showed that the active carbon which is activated by a combination of  $H_3PO_4$  reagent 2 M -  $NH_4HCO_3$  reagent 2 M and reagent  $H_3PO_4$  reagent 2.5 M - reagent  $NH_4HCO_3$  reagent 2.5 M have the best iodine. Activated carbon is activated using  $H_3PO_4$  reagent 2 M -  $NH_4HCO_3$  reagent 2 M containing 7.5% water content; ash content of 9,0%; volatile matter content of 43.3%, 40.2% fixed carbon, iodine 1238.544 mg/g. While activated carbon which is activated using  $H_3PO_4$  reagent 2.5 M -  $NH_4HCO_3$  reagent 2.5 M contain 7.4% water content; ash content is about 10%; volatile matter content is 39.1%, fixed carbon is 43.5%, iodine 1238.544 mg/g, surface area 86.213  $m^2/g$ , and pore volume 0.0733  $cc/g$ .

**Keywords:** *perf activation; coal; bituminous;  $H_3PO_4$ ;  $NH_4HCO_3$ ; active carbon*

### Abstrak

Batubara bituminus mempunyai potensi bagus untuk dimanfaatkan menjadi karbon aktif karena mempunyai kandungan karbon yang cukup tinggi, yaitu antara 54-86%. Tujuan penelitian adalah memperoleh data kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, fixed carbon, daya serap terhadap iodium (bilangan iodin), luas permukaan, dan volume pori karbon aktif. Tujuan lainnya adalah mempelajari pengaruh jenis dan konsentrasi reagen  $H_3PO_4$  dan  $NH_4HCO_3$  terhadap karakteristik karbon aktif. Penelitian dilakukan dalam enam tahap : 1) karbonisasi; 2) aktivasi secara kimia; 3) penetralan; 4) penyaringan; 5) aktivasi secara fisika; 6) pendinginan. Pembaharuan dalam penelitian ini adalah penggunaan kombinasi reagen  $H_3PO_4-NH_4HCO_3$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi dengan kombinasi reagen  $H_3PO_4$  2 M -  $NH_4HCO_3$  2 M dan  $H_3PO_4$  2,5 M -  $NH_4HCO_3$  2,5 M mempunyai bilangan iodin terbaik. Karbon aktif yang diaktivasi menggunakan reagen  $H_3PO_4$  2 M -  $NH_4HCO_3$  2 M mengandung kadar air 7,5%, kadar abu 9,0%, kadar zat terbang 43,3%, fixed

carbon 40,2%, bilangan iodin 1238,544 mg/g. Sedangkan karbon aktif yang diaktivasi menggunakan reagen  $H_3PO_4$  2,5 M -  $NH_4HCO_3$  2,5 M mengandung kadar air 7,4%, kadar abu 10%, kadar zat terbang 39,1%, fixed carbon 43,5%, bilangan iodin 1238,544 mg/g, luas permukaan 86,213  $m^2/g$ , dan volume pori 0,0733  $cc/g$ .

**Kata kunci:** aktivasi; batubara; bituminus;  $H_3PO_4$ ;  $NH_4HCO_3$ ; karbon aktif

**How to Cite This Article:** Kusdarini, E., Budianto, A., dan Ghafarunnisa, D., (2017), Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal  $H_3PO_4$ , Kombinasi  $H_3PO_4$ - $NH_4HCO_3$ , dan Termal, Reaktor, 17(2),74-80, <http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.17.2.74-80>

## PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan adsorben yang sangat dibutuhkan dalam proses industri, antara lain industri obat-obatan, makanan, minuman, pengolahan air (penjernihan air), dan lain-lain (Rahim dan Indriyani, 2010). Di dalam proses pencucian batubara, karbon aktif granular dari batubara juga bisa digunakan untuk mengadsorpsi 4-Methylcyclohexanemethanol (4-MCHM) (Jeter dkk., 2016). Karbon aktif berbasis batubara yang dimodifikasi dengan besi melalui radiasi gelombang mikro mampu menyerap hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) dari larutan air (Ge dkk., 2016).

Karbon aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon, baik dari tumbuh-tumbuhan, hewan, maupun barang tambang. Bahan dari tumbuhan yang cukup bagus dijadikan karbon aktif antara lain kulit singkong (Santoso dkk., 2014), bonggol jagung manis (Komariah dkk., 2013), tempurung kelapa (Pujiyanto, 2010; Pambayun dkk., 2013), biji salak (Turmuzi dan Syahputra, 2015), kulit jeruk (Erprihana dan Hartanto, 2014), dan pelepah aren (Esterlita dan Herlina, 2015). Karbon aktif juga dapat dibuat dari tanah gambut (Anjoko, dkk., 2014). Karbon aktif merupakan karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas yang biasanya diperoleh dengan perlakuan khusus dan memiliki daya serap tinggi.

Salah satu bahan karbon aktif yang jumlahnya banyak adalah batubara. Batubara sebagai barang tambang sangat berpotensi untuk diolah menjadi karbon aktif dengan proses produksi yang lebih mudah dan ketersediaan bahan yang masih melimpah. Batubara merupakan salah satu kekayaan alam negara Indonesia. Total sumber daya batubara di Indonesia diperkirakan mencapai 105 miliar ton, dimana cadangan batu bara diperkirakan 21 miliar ton (ESDM, 2011). Berdasarkan UU Pertambangan Mineral dan Batubara (Minerba) Nomor 4 Tahun 2009 pasal 102-103, pemilik IUP (Ijin Usaha Pertambangan) dan IUPK (Ijin Usaha Pertambangan Khusus) mempunyai kewajiban untuk meningkatkan nilai ekonomis batubara pada proses penambangan dan pengolahan. Batubara bituminus sangat berpotensi dimanfaatkan menjadi karbon aktif karena mempunyai kandungan *fixed* karbon cukup tinggi, yaitu sekitar 54-86% (Kirk dan Othmer, 1980).

Usaha pemanfaatan batu bara sebagai bahan karbon aktif telah dilakukan beberapa peneliti.

Penelitian pembuatan karbon aktif dari batubara jenis lignit dengan reagen NaOH 5% berat menghasilkan karbon aktif yang sudah memenuhi standar SII No. 0258-79 untuk kadar air, bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, dan daya serap iod (Rahim dan Indriyani, 2010). Kelemahan penelitian ini adalah kadar abu belum memenuhi standar SII No. 0258-79. Penelitian lain adalah pembuatan karbon aktif dari batubara dengan reagen  $H_2O_2$  0,2 N. Penelitian ini menghasilkan karbon aktif yang bisa menyerap logam  $Cu^{2+}$  dalam air limbah sebesar 64,60-88,89% dan  $Ag^+$  sebesar 69,97-87,55%. Meskipun daya adsorpsi karbon aktif pada penelitian ini cukup bagus, akan tetapi karakteristik karbon aktif belum diuji berdasarkan standar SII No.0258-79, sehingga belum meyakinkan konsumen (Kusmiyati dkk., 2012).

Penelitian pembuatan karbon aktif dari batubara sub bituminus dengan aktivasi gas nitrogen menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 500 mg/g. Bilangan iodin dari karbon aktif yang dihasilkan masih belum memenuhi SNI 06-3730-1995 (Pitulima, 2014). Karbon aktif dari batubara sub bituminus yang diaktivasi secara fisika saja menghasilkan bilangan iodin 493 mg/g dan kadar abu 4,1188%. Bilangan iodin dari karbon aktif yang dihasilkan juga masih belum memenuhi SNI 06-3730-1995 (Ramadhan dkk., 2016).

Selain penggunaan batubara sebagai bahan baku karbon aktif dilaporkan juga penggunaan aktivator yang berbeda. Penggunaan reagen  $H_3PO_4$  dilaporkan merupakan aktivator yang terbaik untuk mengaktivasi pelepah aren dibandingkan  $ZnCl_2$  dan KOH (Esterlita dan Herlina, 2015). Sedangkan kombinasi reagen  $H_3PO_4$  dan  $NH_4HCO_3$  juga sangat bagus mengaktivasi tumbuhan *phragmites australis* (Guo dkk., 2017).

Penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari batubara memang menarik, namun demikian beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang belum memenuhi SNI 06-3730-1995. Penelitian yang dilaporkan ini menyempurnakan penelitian terdahulu dengan kebaruan penelitian ini adalah penggunaan kombinasi dua reagen, yaitu  $H_3PO_4$  dan  $NH_4HCO_3$  untuk aktivasi kimia dengan bahan baku batubara jenis bituminus. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan metode dan kondisi operasi yang tepat untuk pembuatan karbon aktif dari batubara jenis bituminus dengan kualitas yang memenuhi standar Standar Nasional Indonesia SNI 06-3730-1995.

Secara garis besar, ada 3 tahap pembuatan karbon aktif, yaitu proses dehidrasi, proses karbonisasi, dan proses aktivasi. Proses dehidrasi adalah penghilangan air pada bahan baku, yaitu dengan pemanasan sampai temperatur 170°C. Proses karbonisasi adalah pembakaran bahan baku menggunakan udara terbatas dengan temperatur antara 300 sampai 900°C. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon. Material padat yang tertinggal setelah proses karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan permukaan spesifik yang sempit. Standar kualitas karbon aktif untuk Indonesia telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Standar ini dikenal dengan SNI 06-3730-1995. Standar ini dijadikan dasar spesifikasi produk karbon aktif pada penelitian ini. Standar ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan karbon aktif berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 (BSN, 1995)

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar air	Maksimum 15%
Kadar abu	Maksimum 10%
Kadar zat menguap	Maksimum 25%
Kadar karbon terikat	Minimum 65%
Bilangan iodin	Minimum 750 mg/g
Daya serap terhadap benzene	Minimum 25%

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah batubara jenis bituminus, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> teknis 85%, NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> teknis, NaOH teknis, I<sub>2</sub> teknis, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O teknis, dan amilum teknis. Sedangkan alat yang digunakan adalah cawan porselen, oven, pipet tetes, desikator, labu ukur, *furnace*, corong, buret, neraca analitik, kertas saring, *beaker glass*, aluminium foil, gelas ukur, kaleng, erlenmeyer, dan klem.

Prosedur penelitian dimulai dari preparasi sampel, yaitu dengan menumbuk batubara dan menyaring dengan ayakan 100 mesh. Selanjutnya dilakukan proses karbonisasi, yaitu dengan memanaskan batubara dalam *furnace* pada temperatur 600°C selama 3 jam. Setelah proses pendinginan, arang batubara dibagi menjadi 4 bagian yang masing-masing diaktivasi menggunakan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan konsentrasi yang berbeda, yaitu 1, 1,5, 2, dan 2,5 M pada temperatur kamar selama 8 jam. Karena aktivator bersifat asam, arang batubara di dinetralkan dengan NaOH 0,1 M dan aquadest. Selanjutnya arang batubara diaktivasi secara fisika, yaitu dengan memanaskan arang batubara dalam *furnace* pada temperatur 600°C selama 2 jam. Karbon aktif yang dihasilkan dibagi menjadi 2 bagian. Bagian yang pertama dianalisa proximate untuk mengetahui kadar air, kadar zat menguap atau zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan dianalisa bilangan iodinnya berdasarkan prosedur pada standar SNI 06-3730-1995. Analisa kadar air menggunakan metode ASTM Designation D.3173-92. Analisa kadar

zat menguap menggunakan metode British Standard (BS. 1016). Analisa kadar abu menggunakan metode ASTM Designation D. 3174-98. Sedangkan fixed carbon dihitung berdasarkan Persamaan (1).

$$\text{Fixed Carbon} = 100\% - (\text{kadar air} + \text{kadar zat terbang} + \text{kadar abu}) \quad (1)$$

Selanjutnya karbon aktif diaktivasi kembali menggunakan larutan NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> dengan variabel konsentrasi yang sama dengan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, yaitu NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 1, 1,5, 2, dan 2,5 M pada temperatur kamar selama 8 jam. Selanjutnya prosedur perlakuan terhadap karbon aktif identik dengan aktivasi kimia dan fisika pada tahap pertama. Setelah dilakukan analisa proximate dan bilangan iodin, maka karbon aktif dengan bilangan iodin terbaik dianalisa BET untuk mengetahui luas permukaan dan volume porinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Awal Bahan Baku

Batubara yang akan diolah menjadi karbon aktif ditentukan parameter kadar air, kadar zat menguap atau zat terbang, kadar abu, dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Hasil analisa awal bahan baku disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa *proximate* batubara sebagai bahan baku karbon aktif

Parameter	Persentase
Kadar air	15,0%
Kadar abu	3,1%
Kadar zat terbang	20,7%
Kadar karbon terikat	61,2%

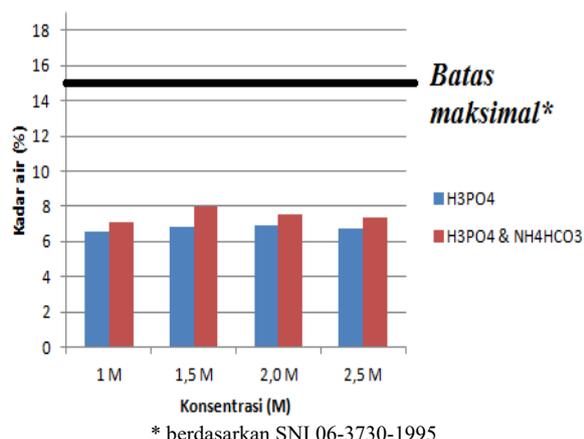
Tabel 2 menunjukkan bahwa batubara yang dijadikan bahan baku karbon termasuk jenis bituminus. Batubara bituminus mengandung kadar air 5-16%, kadar zat terbang 15-54%, dan kadar karbon terikat 54-86% (Kirk dan Othmer, 1980).

### Analisa Karbon Aktif

Karbon aktif yang dihasilkan ditentukan kualitasnya dengan pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, bilangan iodin, volume dan luas permukaan pori. Selanjutnya parameter karbon aktif dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Data hasil analisa karbon aktif disajikan pada Gambar 1, 2, 3, 4, dan 5.

Gambar 1 adalah kadar air karbon aktif hasil aktivasi arang batubara pada berbagai konsentrasi aktivator tunggal dan ganda. Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil analisa kadar air yang diperoleh berkisar antara 6,6-8%. Kadar air telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu kurang dari 15%. Kadar air terendah terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 1 M dan aktivasi termal pada temperatur 600°C, yaitu sebesar 6,6%. Penurunan kadar air ini disebabkan permukaan karbon aktif lebih sedikit mengandung gugus fungsi yang bersifat polar

sehingga interaksi antara uap air yang bersifat polar juga sedikit (Pari, 2008). Kadar air diasumsikan bahwa hanya air yang merupakan senyawa volatil, karena dimungkinkan masih adanya air yang terjebak dalam rongga dan menutupi pori karbon aktif. Semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori karbon aktif.



Gambar 1. Diagram persentase kadar air dari karbon aktif yang diaktivasi dengan reagen tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan reagen kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>

#### Kadar Air

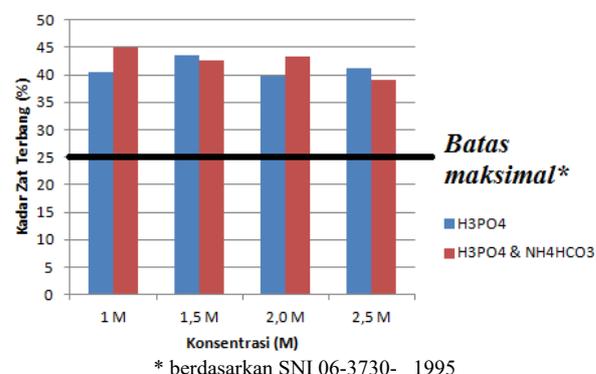
Hasil kadar air mendekati kadar air karbon aktif yang diaktivasi larutan aktivator NaOH 1% dan aktivasi termal pada 800°C yang menghasilkan karbon aktif dengan kadar air 4,13-9,6% (Rahim dan Indriyani, 2010). Kadar air hasil penelitian juga mendekati kadar air karbon aktif yang diaktivasi larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 1% sampai 9% berat yang menghasilkan karbon aktif dengan kadar air 7,15% sampai 7,77% (Kurniati, 2008).

#### Kadar Zat Terbang (Volatile Matter)

Gambar 2 adalah kadar zat terbang karbon aktif hasil aktivasi arang batubara pada berbagai konsentrasi aktivator tunggal dan ganda. Gambar 2 menunjukkan bahwa karbon aktif mengandung kadar zat terbang antara 39,1-45%. Kadar zat terbang karbon aktif belum memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu maksimal 25%. Kadar zat terbang merupakan hasil dekomposisi zat-zat penyusun arang akibat proses pemanasan selama pengarangan dan bukan komponen penyusun arang. Gambar 2 menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi bahan aktivator tidak begitu mempengaruhi kadar zat terbang. Zat terbang akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi karena ketidaksempurnaan penguraian senyawa non karbon selama proses aktivasi. Kadar zat terbang ditentukan oleh waktu dan suhu pengarangan (Rahim dan Indriyani, 2010; Hendra dan Darmawan, 2000). Jika proses pirolisis lama dan suhunya ditingkatkan maka semakin banyak zat terbang yang terbuang, sehingga akan diperoleh kadar zat terbang yang semakin rendah. Meningkatkan suhu karbonisasi

akan menguapkan senyawa *volatile* yang masih tertinggal terutama ter, hal ini akan menyebabkan jumlah pori yang terbentuk bertambah banyak. Karbon dengan kondisi tersebut mungkin dapat dijadikan sebagai karbon aktif dengan permukaan yang tidak lagi ditutupi oleh senyawa polar sehingga memiliki kemampuan menyerap (Pari, 2004).

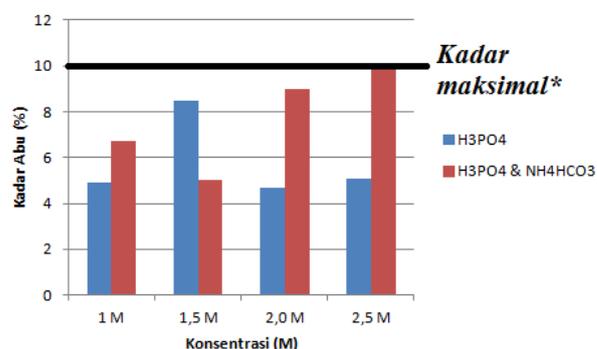
Hasil kadar zat terbang lebih tinggi dibandingkan karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan NaOH dengan temperatur aktivasi termal 800°C, yaitu antara 8,79-9,94% (Rahim dan Indriyani, 2010). Hal ini disebabkan temperatur aktivasi termal pada penelitian ini lebih rendah, yaitu sebesar 600°C sehingga masih terdapat zat volatil yang terperangkap dalam karbon aktif. Selain itu proses aktivasi kimia juga bisa menambah *volatile matter* karena proses pencucian setelah aktivasi kimia yang kurang sempurna.



Gambar 2. Diagram persentase kadar zat terbang dari karbon aktif yang diaktivasi dengan reagen tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan reagen kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>

#### Kadar Abu

Gambar 3 adalah kadar abu karbon aktif hasil aktivasi arang batubara pada berbagai konsentrasi aktivator tunggal dan ganda.



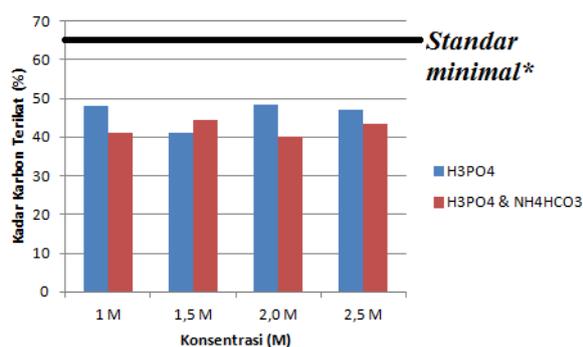
Gambar 3. Diagram persentase kadar abu dari karbon aktif yang diaktivasi dengan reagen tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan reagen kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>

Gambar 3 menunjukkan bahwa karbon aktif mengandung kadar abu antara 4,7-10% dan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa

konsentrasi dan jenis aktivator tidak begitu mempengaruhi kadar abu. Kadar abu merupakan sisa dari pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon dan nilai kalor lagi. Nilai kadar abu menunjukkan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran. Kandungan abu dapat menyumbat pori-pori karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Eliabeth, 2006). Peningkatan kadar abu terjadi karena terbentuknya garam-garam mineral pada saat proses pengarangan yang bila proses tersebut berlanjut akan membentuk partikel-partikel halus dari garam-garam mineral tersebut. Kadar abu juga dipengaruhi oleh besarnya kadar silikat, semakin besar kadar silikat maka kadar abu yang dihasilkan akan semakin besar (Pari 1996). Hasil penelitian kadar abu lebih rendah dibandingkan kadar abu karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan NaOH, yaitu 16,76 sampai 20,10% (Rahim dan Indriyani, 2010).

**Kadar Karbon Terikat**

Gambar 4 adalah kadar karbon terikat karbon aktif hasil aktivasi arang batubara pada berbagai konsentrasi aktivator tunggal dan ganda. Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil penelitian kadar karbon terikat dari batubara bituminus yang telah diaktivasi antara 40,2 sampai 48,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi aktivator tidak begitu mempengaruhi kadar karbon terikat karbon aktif. Namun demikian penambahan reagen pada aktivasi kimia dengan berbagai variasi konsentrasi berpengaruh jauh jika dibandingkan dengan kadar karbon terikat bahan baku, yaitu 61,2%.



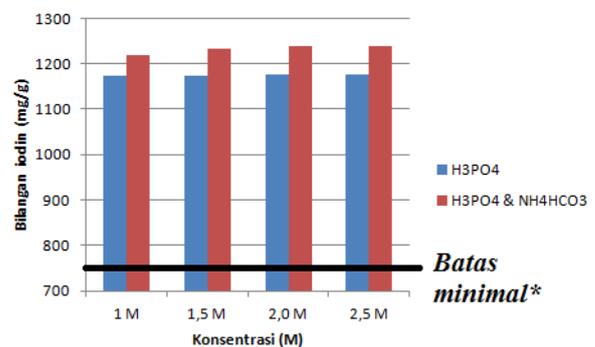
Gambar 4. Diagram persentase kadar karbon terikat dari karbon aktif yang diaktivasi dengan reagen tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan reagen kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>

Hal ini disebabkan oleh aktivasi termal penelitian ini pada temperatur 600°C sehingga kurang optimal menghilangkan zat terbang (volatil). Akibatnya zat volatil pada karbon aktif masih tinggi dan kadar karbon terikat menjadi rendah karena perhitungan kadar karbon terikat berdasarkan persamaan (1). Besar kecilnya kadar karbon terikat

yang dihasilkan, selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat menguap dan kadar abu juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin bahan yang dapat dikonversi menjadi atom karbon (Pari, 2004). Semakin rendahnya kadar karbon menunjukkan banyak atom karbon yang bereaksi dengan uap air menghasilkan gas CO dan CO<sub>2</sub>. Kadar karbon terikat hasil penelitian lebih rendah dibandingkan dengan karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan NaOH dan aktivasi termal pada 800°C, yaitu sebesar 75% (Rahim dan Indriyani, 2010).

**Bilangan Iodin**

Gambar 5 adalah bilangan iodin karbon aktif hasil aktivasi arang batubara pada berbagai konsentrasi aktivator tunggal dan ganda. Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil penelitian bilangan iodin dari batubara bituminus yang telah diaktivasi antara 1172,556-1238,544 mg/g. Bilangan iodin karbon aktif sangat bagus dan telah memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, yaitu minimal 750 mg/g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan iodin untuk semua sampel dengan aktivasi asam fosfat berkisar antara 1172,556-1177,632 mg/g, sedangkan nilai bilangan iodin dengan aktivasi kombinasi asam fosfat dan ammonium bikarbonat berkisar antara 1218,24-1238,544 mg/g. Nilai bilangan iodin dipengaruhi oleh variabel konsentrasi bahan aktivator. Semakin tinggi konsentrasi bahan aktivator, semakin tinggi pula bilangan iodinnya meskipun kenaikannya tidak signifikan. Selain itu nilai bilangan iodin juga dipengaruhi oleh penambahan jenis aktivator, dari penelitian ini nilai bilangan iodin dapat meningkat dengan penambahan ammonium bikarbonat pada aktivasi yang kedua. Nilai yang paling tinggi adalah sampel karbon aktif yang diaktivasi dengan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2 M – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 2 M dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2,5 M – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 2,5 M, yaitu sebesar 1238,544 mg/g.



Gambar 5. Diagram persentase bilangan iodin dari karbon aktif yang diaktivasi dengan reagen tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan reagen kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>

Peningkatan daya serap ini memperlihatkan bahwa atom karbon yang membentuk kristal heksagonal makin banyak sehingga celah atau pori yang terbentuk di antara lapisan kristalit juga makin besar. Senyawa P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hasil dekomposisi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang terperangkap di dalam arang akan menimbulkan

struktur mikropori dan mesopori pada struktur bagian dalam (Yue dkk., 2003). Selain itu semakin tinggi konsentrasi  $H_3PO_4$  juga menghasilkan struktur mesopori yang mempunyai luas permukaan dan volume pori yang besar (Baquero dkk., 2003).

Bilangan iodin karbon aktif dari hasil penelitian ini juga lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif yang diproduksi dengan aktivasi secara kimia dan fisika dengan aliran gas nitrogen, yang hanya mencapai bilangan iodin maksimal 500 mg/g (Pitumila, 2014). Bilangan iodin hasil penelitian ini juga lebih baik dari bilangan iodin karbon aktif dari batubara sub bituminus yang diaktivasi termal pada temperatur 900°C yakni 493 mg/g (Ramadhan dkk., 2016).

#### Brenauer-Emmet-Teller (BET)

Karbon aktif yang diaktivasi menggunakan reagen kombinasi  $H_3PO_4$  2,5 M -  $NH_4HCO_3$  2,5 M dan aktivasi termal pada 600°C dengan bilangan iodin terbaik, yaitu 1238,544 mg/g mempunyai luas permukaan pori 86,213  $m^2/g$  dan volume pori 0,0733 cc/g. Luas permukaan pori hasil penelitian lebih rendah dibandingkan luas permukaan karbon aktif dari kulit buah coklat yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$ , yaitu sebesar 210,919  $m^2/g$  (Budianto dkk., 2016). Hal ini disebabkan kulit buah coklat mempunyai banyak serat yang mempunyai jumlah pori yang lebih luas.

#### KESIMPULAN

Aktivator tunggal  $H_3PO_4$  dan aktivator kombinasi  $H_3PO_4$  -  $NH_4HCO_3$  merupakan aktivator yang sangat bagus. Bilangan iodin dari karbon aktif yang diaktivasi menggunakan larutan ini sebesar 1172,556-1238,544 mg/g. Pemakaian aktivator kombinasi  $H_3PO_4$  -  $NH_4HCO_3$  menghasilkan karbon aktif dengan peningkatan bilangan iodin sampai 5,6% dibandingkan pemakaian aktivator tunggal  $H_3PO_4$ . Kadar air, kadar abu, dan bilangan iodin karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Sedangkan zat terbang dan *fixed carbon* belum memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Hal ini disebabkan kandungan zat terbang dari bahan baku yang tinggi. Penambahan larutan  $H_3PO_4$  dan  $NH_4HCO_3$  cenderung meningkatkan zat terbang (*volatile matter*) sehingga *fixed carbon* juga akan turun. Meskipun luas permukaan pori sebesar 86,213  $m^2/g$  dan volume pori sebesar 0,0733 cc/g, akan tetapi karbon aktif ini memiliki bilangan iodin yang cukup tinggi, yaitu di atas 1170 mg/g. Untuk menghasilkan karbon aktif yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dapat dilakukan dengan meningkatkan temperatur aktivasi termal, yaitu 800°C sampai 900°C dan pemilihan bahan baku batubara yang memiliki *fixed carbon* di atas 80%. Bahan baku yang demikian kemungkinannya batubara jenis antrasit atau bituminus *low volatile*.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anjoko, H., Dewi, R., dan Malik, U., (2014), Karakterisasi Semi Kokas dan Analisa Bilangan Iodin pada Pembuatan Karbon Aktif Tanah Gambut Menggunakan Aktivasi  $H_2O$ , *JOM FMIPA*, 1(2), hal. 63-69.

Anonim, (2011), *Indonesia Mineral and Coal Mining Statistics*, Dirjen Minerba, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.

Baquero, M.C., Giraldo, L., Moreno, J.C., Garcia, F.S., Alonso, A.M., and Tascon, J.M.D., (2003), Activated Carbon by Pyrolysis of Coffee Bean Husks in Presence of Phosphoric Acid, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 70, pp. 779-784.

BSN, (1995), *Standar Nasional Indonesia untuk Karbon Aktif Teknis SNI 06-3730-1995*.

Budianto, A., Romiarto, dan Fitrianingtyas, (2016), Pemanfaatan Limbah Kakao (*Theobroma Cacao L*) sebagai Karbon Aktif dengan Aktifator Termal dan Kimia, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV*, hal. 208-213.

Eliabeth, (2006), Experiment on the Generation of Activated Carbon from Biomass, *Institute for Nuclear and Energy Technologies Forschungs Karlsruhe*, Germany, pp. 106-111.

Erprihana, A.A. dan Hartanto, D., (2014), Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) untuk Adsorpsi Pewarna Remazol Brilliant Blue, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2), hal. 25-32.

Esterlita, M.O. dan Herlina, N., (2015), Pengaruh Penambahan Aktivator  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ , dan  $H_3PO_4$  dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepeh Aren (*Arenga Pinnata*), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), hal. 1-6.

Ge, X., Wu, Z., Wu, Z., Yan, Y., Cravotto, G., and Ye, B., (2016), Enhanced PAHs Adsorption Using Iron-Modified Coal-Based Activated Carbon via Microwave Radiation, *Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 000, pp. 1-9.

Guo, Z., Zhang, A., Zhang, J., Liua, H., Kang, Y., and Zhang, C., (2017), An Ammoniation-Activation Method to Prepare Activated Carbon with Enhanced Porosity and Functionality, *Powder Technology*, 309, pp. 74-78.

Hendra, D. dan Darmawan, S., (2007), Sifat Arang Aktif dari Tempurung Kemiri, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 25(4), hal. 291-302.

Jeter, T.S., Sarver, E.A., McNair, H.M., and Rezaee, M., (2016), 4-MCHM Sorption to and Desorption

- from Granular Activated Carbon and Raw Coal, *Chemosphere*, 157, pp. 160-165.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., (1980), *Encyclopedia of Chemical Technology*, The Interscience Inc., New York.
- Komariah, L.N., Ahdiat, S., dan Sari, N.D., (2013), Pembuatan Karbon Aktif dari Bonggol Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata Sturt*) dan Aplikasinya pada Pemurnian Air Rawa, *Jurnal Teknik Kimia*, 3(19), hal. 1-8.
- Kurniati, E., (2008), Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif, *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2), hal. 96-103.
- Kusmiyati, Lystanto, P.A., dan Pratiwi, K., (2012), Pemanfaatan Karbon Aktif Arang Batubara (KAAB) untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Berat  $Cu^{2+}$  dan  $Ag^+$  pada Limbah Cair Industri, *Reaktor*, 14(1), hal. 51-60.
- Pambayun, G.S., Yulianto, R.Y.E., Rachimoallah, M., dan Putri, E.M.M., (2013), Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator  $ZnCl_2$  dan  $Na_2CO_3$  sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah, *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), hal. F-116 – F-120.
- Pari, G., (1996), Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergajian Sengon dengan Cara Kimia, *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 14(8), hal. 308-320.
- Pari, G., (2004), Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Adsorben Emisi Formaldehida Kayu Lapis, *Disertasi*, Institut Pertanian Bogor.
- Pari, G., Hendra, D., dan Pasaribu, R.A., (2008), Peningkatan Mutu Arang Aktif Kulit Kayu Mangium, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(3), hal. 214-227.
- Pitumila, J., (2014), Pembuatan Karbon Aktif dari Batubara, *Promine*, 1(1), hal. 1-12.
- Pujiyanto, (2010), Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa, *Tesis*, Universitas Indonesia.
- Rahim, M. dan Indriyani, O.S., (2010), Pembuatan Karbon Aktif dari Batubara Peringkat Rendah, *Jurnal Teknologi Media Perspektif*, 10(2), hal. 60-114.
- Ramadhan, R.B., Solihin, S., dan Pulungan, L., (2016), Kajian Pembuatan Karbon Aktif Batubara Sub-Bituminus (Coalite) dari PT Bukit Asam (Persero) Tbk untuk Memenuhi Spesifikasi Ekstraksi Logam Emas, *Prosiding Teknik Pertambangan*, 2(1), hal. 105-112
- Santoso, R.H., Susilo, B., dan Nugroho, W.A., (2014), Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Menggunakan Activating Agent KOH, *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(3), hal. 279-286.
- Turmuzi, M. dan Syahputra, A., (2015), Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca eulis*) dengan Impregnasi Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), hal. 42-46.
- Yue, Z., Economy, J., and Mangun, C.L., (2003), Preparation of Fibrous Porous Materials by Chemical Activation 2.  $H_3PO_4$  Activation of Polymer Coated Fibers, *Carbon*, 41, pp. 1809-1817.