

## PEMBUATAN ARANG AKTIF DARI BATUBARA (*The Manufacture of Activated charcoal from Coal*)

Oleh / By :  
**Gustan Pari**

### Summary

*This report deals with the manufacture of activated charcoal from coal with chemical steam activation. The main purpose of this investigation was to study the influence of activation temperature and concentration of activating agent on the yield and the quality of the activated carbon produced.*

*The activated carbon was produced in a stainless steel retort with electrical heater at 700°C, 800°C, 900°C. Activating agent used was  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  with concentration varies from 0.0; 0.5; 1.0; 3.0; 5.0 and 10.0 % respectively.*

*The best quality of the activated charcoal from coal may be produced at the activation temperature of 800°C with the  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5.0 %. The yield of activated charcoal was 84.50 %, moisture content 5.77 %, ash content 19.74 %, volatile matter 6.60 %, fixed carbon 73.66 %, adsorptive capacity of iodine 424.20 mg/g and adsorptive capacity of benzene 10.17 %. Based on the properties of activated carbon, especially in the aspects of the adsorptive capacity of iodine and ash content, the  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  as an activating agent was not good for the manufacture of activated carbon from coal. But, this activated carbon can be utilized in the water treatment industries.*

Keyword: Coal, activated charcoal, iodine, benzene

### Ringkasan

*Dalam tulisan ini dikemukakan hasil penelitian tentang pembuatan arang aktif dari batubara dengan cara aktivasi uap kimia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu aktivasi dan konsentrasi bahan pengaktif terhadap hasil dan kualitas arang aktif. Proses pembuatan arang aktif dilakukan dalam retor baja tahan karat yang dilengkapi dengan pemanas listrik pada suhu 700°C, 800°C, 900°C dan sebagai bahan pengaktif digunakan larutan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  dengan konsentrasi masing-masing 0,0; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 dan 10,0 %.*

*Kualitas arang aktif batubara yang baik, dihasilkan dari arang aktif yang dibuat pada suhu 800°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5,0 % yang menghasilkan rendemen sebesar 84,5 %, kadar air 5,77 %, abu 19,74 %, zat terbang 6,60 %, karbon terikat 73,66 %, daya serap terhadap yodium 424,20 mg/g dan daya serap terhadap benzena sebesar 10,17 %. Dilihat dari besarnya daya serap terhadap yodium dan kadar abu arang aktif batubara, maka bahan pengaktif  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  kurang baik untuk digunakan sebagai bahan pengaktif dalam pembuatan arang aktif dari batubara. Namun demikian arang aktif dari batubara ini dapat digunakan untuk menjernihkan air.*

Kata kunci: batubara, arang aktif, yodium, benzena

## I. PENDAHULUAN

Batubara adalah suatu batuan sedimen organik yang terbentuk dari hasil proses pengendapan karbohidrat seperti lignin, selulosa, pentosa dan heksosa yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dalam beberapa fase geologi secara tidak merata di beberapa bagian permukaan bumi (Koessoemadinata, 1980). Di Indonesia cadangan batubara cukup besar yaitu sebanyak 25,2 milyar ton yang tersebar di Sumatera sebanyak 81,3 %, Kalimantan 18,2 %, Sulawesi 0,3 %, Jawa 0,1 % dan Irian sebesar 0,015 % (Priyono, 1989). Sampai saat ini potensi batubara yang banyak itu hanya digunakan sebagai bahan baku energi baik langsung maupun dalam bentuk olahannya seperti dibuat briket batubara. Dalam upaya pengembangan produk, alternatif lain pemanfaatan batubara adalah dibuat arang aktif. Penelitian pembuatan arang aktif dari batubara sudah banyak dilakukan terutama di luar negeri, di antaranya penelitian mengenai pengaruh KOH dan CO<sub>2</sub> terhadap proses karbonisasi batubara dalam pembentukan arang aktif (Ehrburger, *et al.* 1986). Penelitian lainnya adalah aktivasi batubara dengan oksigen (Tomkow, *et al.* 1977) dan produksi arang aktif dari batubara dengan rendemen yang tinggi (Durie, *et al.* 1979). Penelitian arang aktif dari batubara asal Indonesia telah dilakukan oleh Ningrum (1990) yang kesemuanya menyimpulkan bahwa batubara dapat dipakai sebagai bahan baku untuk pembuatan arang aktif. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan arang aktif batubara asal Sumatera dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu aktivasi dan konsentrasi bahan pengaktif NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> terhadap sifat dan kualitas arang aktif. Dipilihnya bahan pengaktif NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> ini dikarenakan dapat meningkatkan kualitas arang aktif dari kayu sengon utamanya dalam hal daya serap baik terhadap yodium maupun benzena yang memenuhi Standar Nasional Indonesia dan Standar Internasional (Pari *et al.* 1996).

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara asal Sumatera dari jenis vitrinit. Bahan kimia yang digunakan adalah NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> sebagai bahan pengaktif, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan I<sub>2</sub> untuk penentuan daya serap terhadap yodium dan daya serap terhadap gas digunakan uap benzena.

### B. Metode

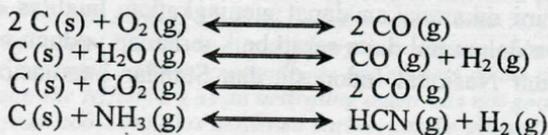
Sebelum dibuat arang aktif, batubara dikarbonisasi di dalam tungku listrik pada suhu 500°C selama 5 jam. Setelah dingin dimasukkan ke dalam tungku arang aktif dan dipanaskan pada 3 tingkatan suhu yaitu 700°C, 800°C dan 900°C. Proses aktivasi dilakukan dengan cara mengalirkan gas hasil penguraian larutan NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> masing-masing pada konsentrasi 0,0 (uap air); 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 dan 10,0 % selama 60 menit pada suhu yang konstan. Setelah dihitung rendemen arang aktif yang dihasilkan,

selanjutnya di uji kualitasnya yang terdiri dari penetapan kadar air, abu, zat terbang, karbon terikat, besarnya daya serap terhadap yodium dan benzena (Anonim, 1995). Untuk melihat topografi permukaan arang aktif dilakukan pengamatan dengan memakai electron mikroskop (Scanning electron microscope). Sedangkan untuk mengukur diameter dan tinggi pori arang aktif menggunakan mikroskop photometer dan analisis komposisi gas yang keluar dari retor dilakukan dengan gas kromatografi.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Rendemen

Rendemen arang aktif batubara berkisar antara 71,50 - 95,22 % (Tabel 1). Rendemen terendah diperoleh dari arang aktif yang dibuat pada suhu 900°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  10,0 % dan tertinggi terdapat pada suhu aktivasi 700°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  0,5 %. Sidik regresi menunjukkan bahwa makin tinggi suhu aktivasi, rendemen arang aktif yang dihasilkan makin kecil (Tabel 2). Rendahnya rendemen arang aktif ini disebabkan, pada suhu tinggi laju reaksi antara karbon dengan hasil gas di dalam retort meningkat (Gambar 1). Akibatnya, karbon yang bereaksi dengan  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{NH}_3$  (hasil dekomposisi dari  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) makin banyak sesuai dengan rangkaian reaksi kimia di bawah ini:



Reaksi yang terjadi pada suhu rendah pada prinsipnya sama dengan reaksi yang terjadi pada suhu tinggi karena gas yang keluar dari retort komposisinya sama, yang menjadi perbedaan adalah kesetimbangan reaksi yang terjadi di dalam retort. Pada suhu tinggi reaksi tersebut di atas kesetimbangan reaksinya bergeser ke kanan, sedangkan pada suhu rendah kesetimbangan reaksi bergeser ke arah kiri.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hartoyo *et al.* (1990) yang menggunakan tempurung kelapa dan kayu bakau sebagai bahan baku arang aktif, dengan rendemen yang dihasilkan masing-masing sebesar 40,0 - 98,0 % dan 52,5 - 97,0 %. Hasil ini juga sesuai dengan yang dilakukan Ningrum (1990) yang menyimpulkan bahwa semakin lama waktu karbonisasi, rendemen arang aktif batubara yang dihasilkan makin rendah yaitu dari 55 % menjadi 41 %.

#### B. Kadar Air

Kadar air arang aktif batubara berkisar antara 2,31 - 6,83 % (Tabel 1). Kadar air yang dihasilkan ini semuanya memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia karena kadar airnya tidak lebih dari 15 % (Anonim, 1995). Kadar air terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat pada suhu 700°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  3,0 % dan

yang tertinggi terdapat pada suhu aktivasi 900°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  10,0 %. Sidik regresi menunjukkan bahwa makin tinggi suhu aktivasi, kadar air arang aktif yang dihasilkan makin besar (Tabel 2). Tingginya kadar air ini disebabkan oleh terjadinya penyerapan uap air dari udara terutama pada waktu proses pendinginan selama 24 jam dalam retor karena salah satu sifat arang aktif adalah higroskopis. Selain itu, ada kecenderungan bahwa arang aktif yang dihasilkan pada suhu ini membentuk pori-pori yang lebih banyak dibandingkan dengan suhu 700 dan 800°C. Sebaliknya, terlihat kadar airnya lebih rendah pada suhu aktivasi rendah karena pori-pori yang terbentuk lebih sedikit sehingga jumlah uap air yang terserap kecil. Walaupun pengaruh kenaikan konsentrasi bahan pengaktif terhadap kadar air tidak nyata (Tabel 2) tetapi dari data terlihat bahwa kadar air yang dihasilkan dari arang aktif yang diaktivasi hanya dengan uap air, kadar airnya lebih besar dibandingkan dengan yang diaktivasi dengan larutan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . Hal ini dapat terjadi karena struktur arang aktif yang tersusun oleh 6 atom karbon pada setiap sudut heksagonal memungkinkan butir-butir air (HOH) terperangkap di dalamnya dan sulit dilepaskan pada suhu pendinginan 105°C.

**Tabel 1. Sifat arang aktif batubara**  
**Table 1. Activated charcoal properties from coal**

Suhu (Temperature)°C	[ $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ], %	Sifat (Properties)						
		A	B	C	D	E	F	G
700	0,0	91,75	3,89	9,50	17,60	72,90	30,30	4,82
	0,5	95,22	3,09	9,03	16,71	74,26	78,20	4,90
	1,0	89,75	4,08	8,19	16,23	75,58	110,75	6,52
	3,0	87,15	2,31	7,41	14,69	77,90	97,74	4,98
	5,0	86,25	4,72	7,45	16,23	76,32	214,90	4,73
	10	87,00	3,26	12,73	19,80	67,47	64,84	6,52
800	0,0	82,75	5,29	7,51	18,49	74,00	250,50	9,75
	0,5	83,50	3,86	11,45	22,60	65,95	230,90	4,96
	1,0	83,25	4,80	6,41	19,29	74,30	304,50	6,98
	3,0	86,00	4,40	4,42	19,73	75,85	207,20	7,76
	5,0	84,50	5,77	6,60	19,74	73,66	424,20	10,17
	10	85,75	3,14	9,73	18,22	72,05	275,30	8,66
900	0,0	74,50	6,42	8,13	19,53	72,34	374,20	11,95
	0,5	79,25	4,08	4,54	21,22	74,24	414,40	13,19
	1,0	74,75	2,94	3,18	21,25	75,57	401,50	11,48
	3,0	78,75	6,62	9,36	20,83	69,81	254,00	10,07
	5,0	73,50	4,81	3,91	38,51	57,58	360,90	10,71
	10	71,50	6,83	7,22	19,35	73,43	400,90	11,70
Norit	-	-	7,09	52,35	11,73	35,89	426,50	6,86

Keterangan (Remarks):

A = Rendemen (Yield), %

B = Kadar air (Moisture content), %

C = Kadar zat terbang (Volatile matter), %

D = Kadar abu (Ash content), %

E = Kadar karbon (Fixed carbon), %

F = Daya serap iodine (Adsorptive capacity of iodine), mg/g

G = Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %

**Tabel 2. Hubungan antara suhu aktivasi ( $X_1$ ), konsentrasi  $NH_4HCO_3$  ( $X_2$ ) dengan sifat arang aktif (Y)**

**Table 2. Regression between activation temperature ( $X_1$ ),  $NH_4HCO_3$  concentration ( $X_2$ ) with activated charcoal properties (Y)**

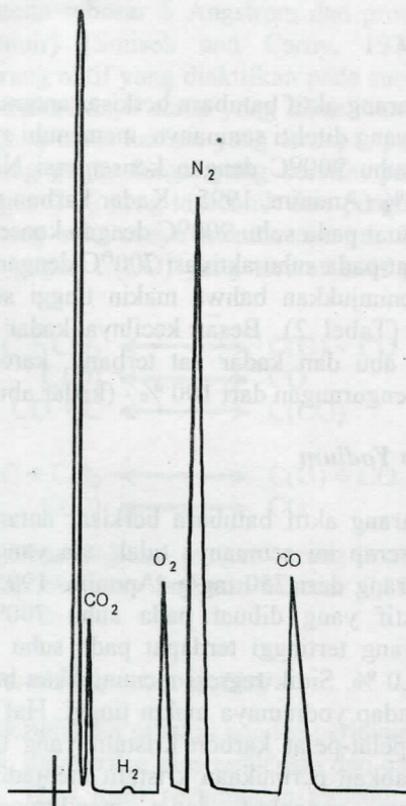
Sifat (Properties)	Regresi (Regression)	koefisien korelasi (Co-correlation), r	F-hit (F-cal)
Rendemen (Yield), %	$Y = 139,66 - 0,07 X_1$	-0,9888	42,75**
Kadar air (Moisture content), %	$Y = 83,94 - 0,28 X_2$	-0,6475	0,71
Kadar abu (Ash content), %	$Y = -2,42 + 0,01 X_1$	0,9967	154,08**
Kadar zat terbang (Volatile matter), %	$Y = 4,36 + 0,03 X_2$	0,1930	0,03
Kadar karbon (Fixed carbon), %	$Y = -12,40 + 0,04 X_1$	0,9835	29,74**
Daya serap yodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	$Y = 19,59 + 0,13 X_2$	0,2105	0,04
Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzena), %	$Y = 19,59 - 0,01 X_1$	-0,9987	111,75**
	$Y = 7,08 + 0,16 X_2$	0,4101	0,20
	$Y = 86,71 - 0,02 X_1$	-0,9940	59,20**
	$Y = 73,37 - 0,30 X_2$	0,5024	0,33
	$Y = -864,56 + 1,33 X_1$	0,9418	7,86**
	$Y = 229,37 + 4,55 X_2$	0,3080	0,004
	$Y = -16,08 + 0,03 X_1$	0,9968	161,73**
	$Y = 8,09 + 0,06 X_2$	0,4540	0,25

Keterangan (Remarks): \*\* = Sangat nyata (Highly significant)

### C. Kadar Abu

Kadar abu arang aktif batubara berkisar antara 14,69 – 38,51 % (Tabel 1). Kadar abu yang dihasilkan tidak ada yang memenuhi syarat SNI karena kadar abunya lebih dari 10 % yaitu batas maksimum yang diperbolehkan (Anonim, 1995). Kadar abu terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat pada suhu aktivasi 700°C dengan konsentrasi  $NH_4HCO_3$  3,0 % dan yang tertinggi terdapat pada suhu aktivasi 900°C dengan konsentrasi  $NH_4HCO_3$  5,0 %. Sidik regresi menunjukkan bahwa makin tinggi suhu aktivasi, kadar abu yang dihasilkan makin besar (Tabel 2). Tingginya kadar abu ini disebabkan oleh karena batubara yang digunakan dalam penelitian ini mengandung kadar abu yang memang sudah besar yaitu 14,85 %. Seperti diketahui bahwa batubara terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang tertimbun dan mengalami proses pengawetan pada tekanan dan suhu yang cukup besar dalam waktu yang relatif lama sehingga memungkinkan terjadinya penyerapan senyawa an-organik (Koesoemadinata, 1980). Kadar abu yang besar dapat mengurangi kemampuan penyerapan gas dan larutan karena kandungan mineral yang terdapat dalam abu seperti kalium, natrium, magnesium dan kalsium akan menyebar ke dalam kisi-kisi arang aktif sehingga menutupi pusat aktif. Sebaliknya batubara dengan kadar abu yang rendah akan menghasilkan kualitas arang aktif terutama dalam hal daya serap

terhadap yodium (Ningrum, 1990). Walaupun pengaruh kenaikan konsentrasi bahan pengaktif terhadap kadar abu tidak nyata (Tabel 2) tetapi dari data terlihat bahwa kadar abu yang dihasilkan dari arang aktif yang diaktivasi hanya dengan uap air terutama untuk suhu aktivasi  $800^{\circ}\text{C}$  dan  $900^{\circ}\text{C}$  kadar abunya lebih besar dibandingkan dengan yang diaktivasi dengan larutan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . Hal ini dapat terjadi karena ada penambahan abu dari garam  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  hasil ikutan dari senyawa  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  yang tidak terdekomposisi. Apabila dibandingkan dengan arang aktif norit (Tabel 1) yang menghasilkan kadar abu 11,73 % maka arang aktif hasil penelitian masih lebih besar.



**Gambar 1. Kromatogram gas keluaran retor**  
**Figure 1. Chromatograph from retort outlet gas**

#### D. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang arang aktif batubara berkisar antara 3,18 - 12,73 % (Tabel 1). Kadar zat terbang yang dihasilkan semuanya memenuhi syarat SNI, karena kadarnya tidak lebih dari 25 % (Anonim, 1995). Kadar zat terbang terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  1,0 % dan

yang tertinggi pada suhu 700°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  10,0 %. Sidik regresi menunjukkan bahwa makin tinggi suhu aktivasi, kadar zat terbang yang dihasilkan makin kecil (Tabel 2). Besarnya kadar zat terbang yang dihasilkan pada suhu 700°C ini disebabkan karena penguraian senyawa non karbon seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  dan gas  $\text{H}_2$  yang terdapat dalam arang tidak sempurna. Hasil ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Pari *et. al.* (1996) yang membuat arang aktif dari serbuk gergajian kayu sengon. Apabila dibandingkan dengan arang aktif norit (Tabel 1) yang menghasilkan kadar zat terbang sebesar 52,35 % maka arang aktif hasil penelitian relatif lebih baik.

### **E. Kadar Karbon Terikat**

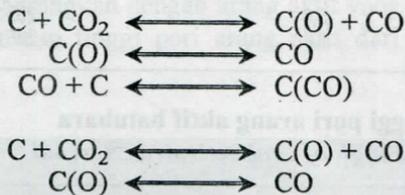
Kadar karbon terikat arang aktif batubara berkisar antara 57,58 - 77,90 % (Tabel 1). Kadar karbon terikat yang diteliti semuanya memenuhi syarat SNI, kecuali arang aktif yang dibuat pada suhu 900°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5,0 % karena kadarnya kurang dari 65 % (Anonim, 1995). Kadar karbon terikat terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat pada suhu 900°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5,0 % dan yang tertinggi terdapat pada suhu aktivasi 700°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  3,0 %. Sidik regresi menunjukkan bahwa makin tinggi suhu aktivasi, kadar zat terbangnya makin kecil (Tabel 2). Besar kecilnya kadar karbon ini disebabkan karena bervariasi kadar abu dan kadar zat terbang, karena kadar karbon disini ditetapkan dengan jalan pengurangan dari 100 % - (kadar abu + zat terbang).

### **F. Daya Serap Terhadap Yodium**

Daya serap yodium arang aktif batubara berkisar antara 30,30 - 424,20 mg/g (Tabel 1). Angka daya serap ini semuanya tidak ada yang memenuhi syarat SNI karena daya serapnya kurang dari 750 mg/g (Anonim, 1995). Daya serap terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat pada suhu 700°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  0,0 % dan yang tertinggi terdapat pada suhu aktivasi 800°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5,0 %. Sidik regresi menunjukkan bahwa makin tinggi suhu aktivasi, daya serap terhadap yodiumnya makin tinggi. Hal ini dapat terjadi karena selama proses aktivasi, pelat-pelat karbon kristalit yang tidak teratur mengalami pergeseran yang menyebabkan permukaan kristalit menjadi tidak tertutup terhadap aktivasi, dimana gas-gas pengaktif dapat mendorong residu hidrokarbon. Pergeseran pelat karbon ini selain untuk membentuk pori-pori yang baru juga untuk mengembangkan pori-pori yang sudah ada yaitu dari mikropori menjadi makropori (Smisek, 1970). Hasil ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Pari *et al.* (1996) yang menyimpulkan makin tinggi suhu aktivasi daya serap arang aktif sengon terhadap yodium makin besar. Adapun rendahnya daya serap arang aktif batubara terhadap yodium ini menggambarkan sedikitnya struktur mikropori yang terbentuk, selain itu diameter pori yang terbentuk dengan ukuran  $\geq 10$  Angstrom relatif sedikit. Apabila hasil ini dibandingkan dengan hasil penelitian Ningrum (1990) yang menghasilkan daya serap yodium sebesar 76 - 688 mg/g maka hasilnya tidak jauh berbeda, begitu juga dengan arang aktif norit (Tabel 1) yang menghasilkan daya serap yodium sebesar 426,50 mg/g.

### G. Daya Serap Terhadap Benzena

Daya serap terhadap uap benzena berkisar antara 4,73 - 13,19 % (Tabel 1). Angka daya serap terhadap benzena ini semuanya tidak ada yang memenuhi syarat SNI, karena daya serapnya kurang dari 25 % (Anonim, 1995). Daya serap terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat pada suhu 700°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5,0 % dan yang tertinggi terdapat pada suhu aktivasi 900°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  0,5 %. Sidik regresi menunjukkan bahwa makin tinggi suhu aktivasi, daya serap terhadap benzena makin besar (Tabel 2). Hal ini disebabkan pori-pori yang terbentuk pada suhu 900°C dengan diameter pori  $\geq 6$  Angstrom (diameter molekul benzena sebesar 6 Angstrom dan proses adsorpsinya mengikuti kaidah isotherm Langmuir) (Smisek and Cerny, 1970) relatif lebih banyak dibandingkan dengan arang aktif yang diaktifkan pada suhu 700 dan 800°C. Namun demikian, secara keseluruhan daya serap yang dihasilkan relatif masih rendah. Hal ini menggambarkan bahwa atom karbon yang terdapat pada permukaan arang aktif banyak yang mengandung gugus fungsi yang bersifat polar dan ini dimungkinkan karena dengan adanya gas  $\text{CO}_2$  yang terbentuk dari penguraian  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  bereaksi dengan atom karbon yang seharusnya membentuk gas  $\text{CO}$  yang menguap, tetapi sebaliknya membentuk gugus  $\text{C}(\text{CO})$  yang terikat kuat pada atom karbon seperti reaksi berikut:



Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif norit (Tabel 1) yang menghasilkan daya serap terhadap benzena sebesar 6,86 % maka daya serapnya tidak jauh berbeda.

### H. Kondisi Optimum Pembuatan Arang Aktif

Kondisi optimum didefinisikan sebagai kondisi perlakuan yang dapat memberikan hasil arang aktif terbaik, didasarkan atas rendemen dan daya serap terhadap yodium (Hartoyo, *et al.* 1990). Dari hasil perhitungan tersebut di atas (Tabel 3), maka kondisi optimum untuk membuat arang aktif dari batubara adalah pada kondisi suhu aktivasi 800°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5,0 % yang menghasilkan total bilangan yodium sebesar 358,44 mg/g. Pada kondisi ini rendemen arang aktif batubara yang dihasilkan sebesar 84,50 %, kadar air 5,77 %, kadar abu 19,74 %, kadar zat terbang 6,60 %, kadar karbon terikat 73,66 %, daya serap terhadap yodium 424,20 mg/g dan daya serap terhadap benzena sebesar 10,17 %. Apabila dilihat dari besarnya daya serap yodium, maka arang aktif batubara dapat digunakan untuk menjernihkan air karena hasil penelitian Pari (1996) menyimpulkan bahwa arang aktif dari serbuk gergajian sengon dengan daya serap yodium sebesar 374,1 mg/g dapat menarik logam Zn, Mg, Na, Fe, Mn,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$  dan Cl yang terdapat dalam air.

**Tabel 3. Total hasil bilangan yodium arang aktif batubara**  
**Table 3. Total iodine index yield of activated charcoal from coal**

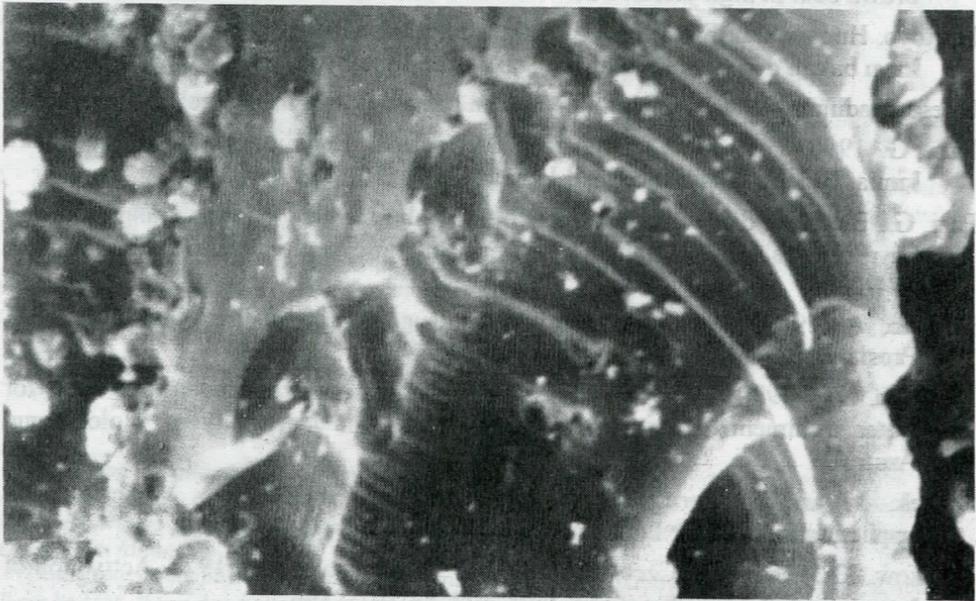
Suhu (Temperature), °C	[NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> ] %	Hasil bilangan yodium (Total iodine index yield), mg/g
700	0,0	27,80
	0,5	74,46
	1,0	99,39
	3,0	85,15
	5,0	185,35
	10	56,41
800	0,0	207,16
	0,5	192,80
	1,0	253,49
	3,0	178,19
	5,0	358,44
	10	236,06
900	0,0	278,77
	0,5	328,41
	1,0	300,12
	3,0	200,02
	5,0	265,26
	10	286,64

**Tabel 4. Diameter dan tinggi pori arang aktif batubara**  
**Table 4. Diameter and pore high of coal activated charcoal**

Suhu (Temperature), °C	[NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> ] %	Diameter pori (Pore diameter)	Tinggi pori (Pore high),
		Mikron (Micron)	
700	0,0	2,48	1,67
	0,5	2,48	2,50
	1,0	2,10	1,67
	3,0	2,82	2,50
	5,0	2,30	1,67
	10	2,10	1,67
800	0,0	2,30	3,33
	0,5	2,48	2,50
	1,0	2,81	2,50
	3,0	2,81	3,33
	5,0	2,10	2,50
	10	2,97	3,33
900	0,0	2,10	4,16
	0,5	2,10	3,33
	1,0	2,66	4,16
	3,0	2,82	4,16
	5,0	2,30	2,50
	10	2,48	4,16

## I. Diameter dan tinggi pori

Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui geometri pori yang terbentuk. Pada Tabel 4 terlihat bahwa makin tinggi suhu aktivasi, diameter pori makin besar dan tinggi pori arang aktif yang dihasilkan makin dalam. Rendahnya diameter dan tinggi pori pada suhu aktivasi  $700^{\circ}\text{C}$  disebabkan oleh pemanasan pada suhu tersebut lempeng antar bidang karbon heksagonal yang terbentuk belum cukup lebar dan sebagian besar bidang tersebut belum tersusun secara sejajar sempurna seperti dalam struktur grafit sehingga jumlah pori yang terbentuk dan ukuran diameter pori serta kedalamannya belum memadai. Selain itu rendahnya suhu aktivasi ini juga menyebabkan lempeng yang terbentuk tidak teratur dan masih banyak senyawa non karbon yang menempel di antara lempeng karbon heksagonal sehingga ruang antara pelat belum banyak terbentuk, akibatnya diameter dan tinggi porinya relatif masih rendah. Pada suhu aktivasi yang lebih tinggi senyawa non karbon akan semakin mudah dilepaskan sehingga diameter lempeng makin besar tanpa merusak ikatan C-C dalam lempeng. Dari hasil pengujian topografi permukaan arang aktif dengan mikroskop elektron yang diambil pada suhu aktivasi  $900^{\circ}\text{C}$  pada konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  1,0 % memperlihatkan bahwa pori-pori arang aktif yang terbentuk sedikit, diameter dan tinggi pori yang terbentuk tidak dalam (Gambar 2). Apabila diameter dan tinggi pori ini dibandingkan dengan arang aktif yang dibuat dari kayu (Pari *et al.* 1996) maka diameter dan tinggi pori arang aktif dari batubara masih jauh lebih rendah.



**Gambar 2. Mikrograf arang aktif batubara dengan mikroskop elektron**  
**Figure 2. Scanning electron micrograph of coal activated charcoal**

#### IV. KESIMPULAN

Kualitas arang aktif batubara yang baik, dihasilkan dari arang aktif yang dibuat pada suhu 800°C dengan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  5,0 % yang menghasilkan rendemen sebesar 84,5 %, kadar air 5,77 %, abu 19,74 %, zat terbang 6,60 %, karbon terikat 73,66 %, daya serap terhadap yodium 424,20 mg/g dan daya serap terhadap benzena sebesar 10,17 %. Dilihat dari besarnya daya serap terhadap yodium dan kadar abu arang aktif batubara, maka bahan pengaktif  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  kurang baik untuk digunakan sebagai bahan pengaktif dalam pembuatan arang aktif dari batubara. Namun demikian arang aktif dari batubara ini dapat digunakan untuk menjernihkan air.

Disarankan untuk mengurangi kandungan abu yang terdapat dalam batubara, memperpanjang waktu reaksi aktivasi dan mempergunakan bahan pengaktif lain seperti asam fosfat sehingga kualitasnya dapat ditingkakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1995. Arang aktif. Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, Jakarta
- Ehrburger, P. Addoun, A. Donnet, J.B and Fatima Addoun. 1986. Carbonization of coals in the presence of alkaline hydroxide and carbonates: Formation of activated carbons. *Fuel*. Vol 65: 1447-1449.
- Durie, R.A and Harry, N.S, Schafer. 1979. The production of active carbon from brown coal in high yields. *Fuel*. vol 58: 472 - 476
- Hartoyo, Hudaya dan Fadli. 1990. Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan kayu bakau dengan cara aktivasi uap. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 8 (1): 8-16
- Koesoemadinata. 1980. Geologi minyak dan gas bumi. Institut Teknologi Bandung.
- Pari, G. 1996. Pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian sengon dengan cara kimia. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 14 (8): 308 – 320.
- Pari, G., Bugchari dan A. Sulaeman. 1996. Pembuatan dan kualitas arang aktif dari kayu sengon sebagai bahan adsorben. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 14 (7): 274-289.
- Priyono, A. 1989. Peranan batubara menjelang tinggal landas dalam Pelita VI. *Prosiding Lokakarya Energi*, Jakarta
- Ningrum, N.S. 1990. The production of activated carbon from Indonesian coals for water treatment. Thesis Master of Science. The University of Wolonglong, Australia.
- Smisek, M and S. Cerny. 1970. Active carbon: Manufacture, properties and applications. Elsevier Publishing Company, New York.
- Tomkow, K. Jankowska. Czechowski, F and T. Siemieniwska. 1977. Activation of brown coal chars with oxygen. *Fuel*. Vol. 56:101 - 106.