

**PEMBUATAN DAN KUALITAS ARANG AKTIF
DARI KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria*)
SEBAGAI BAHAN ADSORBEN
(*Quality and manufacturing of activated charcoal from
sengon (*Paraserianthes falcataria*) wood for adsorbent*)**

Oleh/By :

Gustan Pari, Buchari & Aminudin Sulaeman

Summary

*The characterization of activated charcoal from steam activation of sengon (*Paraserianthes falcataria*) wood is reported in this paper. The purpose of this investigation was to study the influences of temperature and concentration of chemical activator on the activated charcoal yield and its quality. The activated charcoal was produced in a stainless steel retort with electrical heater at the temperature of 700°C, 800°C and 900°C and for activation used NH_4HCO_3 with its concentration 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 and 10 % respectively.*

The best quality of the activated charcoal produced when the activation temperature was 900°C with the NH_4HCO_3 1,0 %. The yield of activated charcoal was 5,90 %, moisture content 6,39 %, ash content 9,15 %, volatile matter 8,81 %, fixed carbon 82,04 %. Adsorptive capacity of iodine was 1154,4 mg/g, NH_3 25,08 %, CHCl_3 42,28 %, CCl_4 51,74 %, benzene 49,10 % and methylene blue 138,80 - 319,00 mg/g. Surface area was 1143,7 m^2/g . The most abundance of particle size was 4,00 - 5,65 micron and pore volume 16,00 - 22,62 micron. High and diameter pore was 37,49 and 22,52 micron.

Keyword : Sengon, Activated charcoal, Surface area, NH_4HCO_3 , SEM

Ringkasan

Dalam tulisan ini dikemukakan hasil penelitian tentang pembuatan arang aktif dari kayu sengon dengan cara aktivasi uap. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan konsentrasi bahan pengaktif terhadap hasil dan kualitas arang aktif. Proses pembuatan arang aktif dilakukan dalam retort baja tahan karat yang dilengkapi dengan pemanas listrik pada suhu 700°C, 800°C dan 900°C dan sebagai bahan pengaktif digunakan NH_4HCO_3 dengan konsentrasi masing-masing 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 dan 10,0 %.

Kualitas yang terbaik dihasilkan dari arang aktif yang diproses pada suhu 900°C dengan konsentrasi NH_4HCO_3 1,0 % dengan rendemen sebesar 5,90 %, kadar air 6,39 %, kadar abu 9,15 %, kadar zat mudah menguap 8,81 %, kadar karbon 82,04 %, daya serap terhadap iodium sebesar 1154,4 mg/g, NH_3 25,08 %, CHCl_3 42,28 %, CCl_4 51,74 %, benzen 49,10 %, metilin biru 138,80 - 319,00 mg/g, luas permukaan 1143,7 m^2/g , ukuran partikel 4,00 - 5,65 mikron, volume pori 16,00 - 22,62 mikron, tinggi dan diameter pori 37,49 dan 22,52 mikron.

Kata kunci : Sengon, Arang aktif, Luas permukaan, NH_4HCO_3 , SEM

I. PENDAHULUAN

Industri pengolahan arang aktif yang ada di Indonesia sampai saat ini umumnya menggunakan teknologi yang masih sederhana, sehingga belum mampu

menghasilkan arang aktif yang berkualitas seperti yang diinginkan oleh konsumen. Untuk memenuhi kebutuhan arang aktif ini, maka Indonesia terpaksa mengimpor arang aktif dari beberapa negara seperti Jerman, Jepang, Amerika dan Malaysia.

Menurut catatan Biro Pusat Statistik (Anonim, 1994), untuk periode 1990 - 1993 Indonesia mengimpor arang aktif sebanyak 4,1 juta kg dengan harga 3,5 US\$/kg. Namun, pada periode tahun yang sama mengeksport sebanyak 19,8 juta kg dengan harga rata-rata 0,9 US\$/kg. Rendahnya harga ekspor arang aktif karena arang aktif yang diproduksi di Indonesia masih berkualitas rendah sedangkan harga impor arang aktif yang tinggi disebabkan kualitasnya yang cukup baik.

Alternatif yang ditawarkan untuk meningkatkan kualitas arang aktif adalah dengan cara menggunakan aktivator yang tujuannya untuk mengikat senyawa non karbon, mengeluarkan senyawa volatil dan merangsang pembentukan pori dari arang aktif. Aktivator yang cukup baik untuk tujuan tersebut adalah larutan NH_4HCO_3 karena bahan pengaktif ini selain dapat mengikat senyawa karbon juga akan menghasilkan gas NH_3 , CO_2 dan uap H_2O serta O_2 yang dapat mengeluarkan senyawa volatil yang dikandung arang aktif. Namun aktivasi dari aktivator tersebut sangat dipengaruhi oleh suhu dan konsentrasi aktivator yang digunakan oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu aktivasi dan konsentrasi NH_4HCO_3 terhadap sifat arang aktif. Adapun sasarannya adalah untuk menemukan cara pembuatan arang aktif yang dapat memproduksi arang aktif yang memenuhi persyaratan Standar Jepang terutama sifat daya serap iodium harus lebih dari 1050 mg/g (Anonim, 1967).

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kayu gergajian sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang diperoleh dari industri penggergajian rakyat yang terdapat di Jasinga, Jawa Barat. Bahan kimia yang digunakan adalah NH_4HCO_3 sebagai bahan pengaktif, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan I_2 untuk penentuan daya serap yodium, NH_3 , CHCl_3 , CCl_4 , C_6H_6 untuk daya serap terhadap gas, dan metilen biru untuk menentukan luas permukaan.

B. Metode

Serbuk kayu sengon berukuran - 40 mesh terlebih dahulu dibuat pelet yang berdiameter 1 cm dengan tekanan 3 - 5 ton/cm². Selanjutnya pelet tersebut diaktifkan dalam retort yang berkapasitas 500 gram. Pengaktifan serbuk gergaji pelet dalam alat tersebut dilakukan pada suhu 700°C, 800°C dan 900°C. Proses aktivasi dilakukan dengan cara mengalirkan gas hasil dekomposisi termal larutan amonium bikarbonat (NH_4HCO_3) dengan konsentrasi 0,0; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 dan 10 % dari berat serbuk kering oven yang digunakan (b/b). Setelah itu ditentukan rendemen dan sifat fisika kimia arang aktif yang meliputi penetapan kadar air, abu, zat mudah menguap, kadar karbon dan daya serap terhadap iodium menurut metoda Standar Industri Indonesia (Anonim, 1989). Selain sifat tersebut juga

diamati keadaan permukaan, distribusi ukuran partikel, volume pori, diameter pori dan tinggi pori arang aktif dengan menggunakan mikroskop elektron (Scanning Electron Microscope atau SEM) dan microscop photometer serta analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer infra merah. Kemampuan penyerapan arang aktif diamati dengan melihat afinitasnya terhadap uap C₆H₆, NH₃, CCl₄, CHCl₃. Prosedur yang ditempuh adalah dengan menempatkan sejumlah tablet arang aktif di dalam desikator yang telah dijenuhkan oleh uap dari senyawa tersebut di atas selama 24 jam. Jumlah zat yang terserap ditentukan dengan selisih berat arang aktif sebelum dan sesudah perlakuan. Daya serap terhadap metilen biru ditentukan dengan merendam sejumlah arang aktif dalam larutan metilen biru 1200 ppm selama 70 menit dan ditentukan sisa metilen biru pada panjang gelombang 664 nm dengan spektrofotometer, sedangkan untuk mengetahui luas permukaan arang aktif digunakan rumus berikut :

$$S = X_m \cdot N \cdot A / M ; \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana : S = Luas permukaan (m²/g)
 X_m = Banyaknya metilen biru yang teradsorpsi oleh arang aktif
 N = Bilangan Avogadro
 M = Berat molekul metilen biru

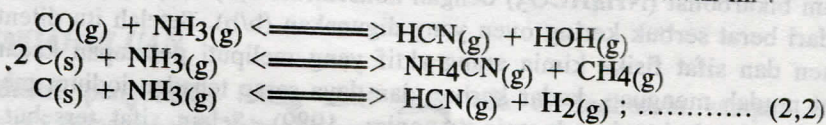
Untuk mengetahui pengaruh perlakuan suhu aktivasi dan konsentrasi NH₄HCO₃ terhadap sifat dan kualitas arang aktif dilakukan perhitungan sidik ragam yang dilanjutkan dengan uji sidik regresi (Sudjana, 1980).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen Arang Aktif

Tujuan penetapan rendemen arang aktif untuk mengetahui jumlah arang aktif yang dihasilkan setelah karbonisasi dan aktivasi. Data rendemen arang aktif tercantum pada Tabel 1. Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 4) ternyata rendemen arang aktif yang dihasilkan dari serbuk gergaji kayu sengon dipengaruhi oleh suhu aktivasi. Rendemen terendah terdapat pada arang aktif yang diaktivasi pada suhu 900°C (5,91 %) dan yang tertinggi dihasilkan pada suhu 700°C (18,92 %). Sidik regresi (Tabel 5) menunjukkan, makin tinggi suhu aktivasi rendemen arang aktif cenderung turun. Hal ini disebabkan, pada suhu tinggi laju reaksi antara karbon dengan hasil gas di dalam retort (Gambar 1) meningkat sehingga karbon yang bereaksi dengan O₂, H₂O dan CO₂ makin banyak.

Selain itu rendahnya rendemen arang aktif yang dihasilkan, disebabkan terbentuknya gas amonia dari hasil pemecahan NH₄HCO₃ yang dapat bereaksi dengan karbon dan gas CO sesuai rangkaian reaksi kimia di bawah ini :



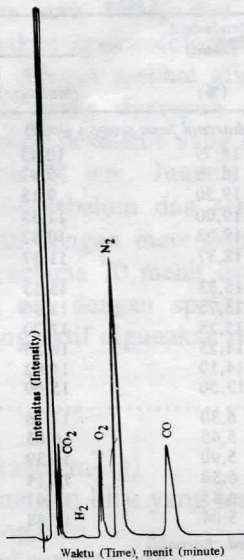
Tabel 1. Sifat arang aktif
Table 1. Activated charcoal properties

Suhu (Temperature) (°C)	Konsentrasi (Concentration) NH ₄ HCO ₃ (%)	Rendemen (Yield) (%)	Kadar (Content), %			
			Air (Moisture)	Abu (Ash)	Zat terbang (Volatile)	Karbon (Carbon)
A. Arang aktif dari kayu sengon (Activated charcoal from sengon wood)						
700	0,0	18,79	10,43	3,06	11,09	85,85
	0,5	18,75	9,97	2,29	11,76	85,95
	1,0	19,50	9,15	4,08	13,07	82,85
	3,0	19,00	11,38	3,97	12,10	83,93
	5,0	19,08	10,82	5,00	11,86	83,14
	10	18,37	11,37	5,58	12,09	82,33
800	0,0	15,33	15,13	7,21	7,21	85,58
	0,5	13,75	13,30	9,64	9,78	80,58
	1,0	15,25	12,70	7,68	7,32	85,00
	3,0	14,25	14,55	7,72	7,08	85,20
	5,0	14,10	14,02	8,16	8,58	83,26
	10	13,50	15,69	9,83	8,86	81,31
900	0,0	6,30	17,16	12,12	3,81	84,07
	0,5	5,45	16,03	13,48	3,18	83,34
	1,0	5,90	16,39	10,02	4,42	85,56
	3,0	6,30	17,14	10,58	3,98	85,44
	5,0	6,45	15,61	10,40	3,60	86,00
	10	5,04	17,48	11,53	4,02	84,45
B. Arang aktif komersial (Commercial activated charcoal)						
	Kimia Farma		7,09	11,73	52,38	35,89
	Jepang		16,67	10,50	15,17	74,33
	Jerman		21,21	7,65	12,17	81,18

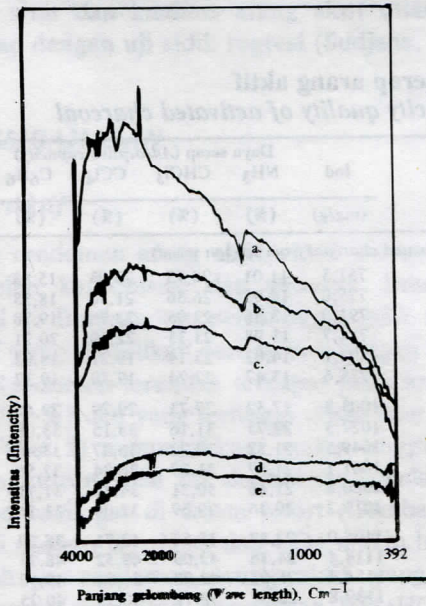
Tabel 2. Kualitas daya serap arang aktif
Table 2. Adsorptive capacity quality of activated charcoal

Suhu (Temperature) (°C)	Konsentrasi (Concentration) NH ₄ HCO ₃ (%)	Daya serap (Adsorptive capacity)					MB (mg/g)	Luas permukaan (Surface area) (m ² /g)
		Iod (mg/g)	NH ₃ (%)	CHCl ₃ (%)	CCl ₄ (%)	C ₆ H ₆ (%)		
A. Arang aktif dari kayu sengon (Activated charcoal from sengon wood)								
700	0,0	751,3	11,01	20,75	20,03	15,88	172,1	638,1
	0,5	775,0	14,95	26,36	21,30	18,33	215,6	799,6
	1,0	791,0	13,56	22,95	22,78	19,78	176,8	655,7
	3,0	784,7	13,98	23,33	22,69	20,21	169,6	629,1
	5,0	804,1	14,02	25,14	19,21	18,02	138,8	514,9
	10	725,6	13,47	22,24	19,70	19,32	145,5	539,7
800	0,0	1003,8	17,32	27,73	29,79	29,66	246,7	914,9
	0,5	1027,3	22,73	31,16	35,15	33,08	265,2	983,6
	1,0	1049,5	21,88	32,22	36,37	33,46	282,0	1045,7
	3,0	1061,1	21,87	31,27	36,84	32,56	276,9	1026,9
	5,0	1060,8	21,46	30,21	34,47	31,71	263,8	978,2
	10	1019,2	20,36	29,69	32,08	31,16	253,2	939,1
900	0,0	1106,0	22,87	35,58	42,71	38,20	274,6	1018,2
	0,5	1114,4	24,36	42,09	49,52	48,75	319,0	1183,0
	1,0	1154,4	25,08	42,28	51,74	49,10	308,4	1143,7
	3,0	1139,8	25,52	38,19	40,33	40,25	308,7	1144,7
	5,0	1123,1	24,70	38,82	41,61	39,12	286,8	1063,5
	10	1120,5	23,25	35,89	40,09	38,16	270,7	1003,8
B. Arang aktif komersial (Commercial activated charcoal)								
	Kimia Farma	426,5	13,56	12,54	5,38	6,86	124,9	463,4
	Jepang	533,7	15,20	25,94	19,12	19,72	170,2	631,2
	Jerman	880,6	25,72	41,95	39,96	39,32	256,7	952,1

Keterangan (Remarks) : MB = Metilen biru (Methylene blue)



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



Keterangan (Remarks):

- a, b, c = Arang aktif yang dibuat pada suhu 900°C dengan konsentrasi NH_4HCO_3 5,0 ; 1,0 dan 0,0 %
 (Manufactured of activated charcoal at temperature 900°C with NH_4HCO_3 5,0 ; 1,0 and 0,0 %).
 d and e = Arang aktif buatan Jepang dan Jerman (Activated charcoal made by Jepang and Jerman).

Gambar 2. Spektrum infra merah arang aktif
Figure 2. Infra red spectrum of activated charcoal

Tabel 3. Distribusi ukuran partikel.
Table 3. Particle size distribution

Suhu (Temperature) (°C)	Konsentrasi (Concentration) NH ₄ HCO ₃ (%)	Distribusi ukuran partikel (Particle size distribution), %							
		4-5 μ	5-8 μ	8-11 μ	11-16 μ	16-22 μ	22-32 μ	32-45 μ	45-64 μ
A. Arang aktif dari kayu sengon (Activated charcoal from sengon wood)									
700	0,0	29,42	27,58	21,41	12,10	5,60	2,34	0,89	0,62
	0,5	24,21	24,88	20,29	14,63	8,57	5,01	1,68	0,70
	1,0	25,47	23,63	21,30	15,16	9,09	3,80	1,30	0,20
	3,0	23,82	25,30	21,36	16,10	8,53	3,35	1,25	0,24
	5,0	23,65	22,54	19,34	15,71	10,9	5,26	2,27	0,20
	10	21,10	23,36	20,89	16,33	10,5	4,76	2,20	0,79
800	0,0	24,26	23,90	21,68	16,42	8,91	3,82	0,85	0,10
	0,5	22,82	24,43	19,72	15,52	10,7	4,88	1,58	0,29
	1,0	32,59	28,46	21,05	11,23	4,12	1,83	0,49	0,19
	3,0	38,75	30,62	19,43	8,34	2,27	0,46	0,08	0,02
	5,0	22,36	24,41	22,31	17,62	9,78	2,94	0,49	0,04
	10	36,51	32,82	19,78	8,00	2,22	0,42	0,18	0,02
900	0,0	33,62	30,18	20,89	10,75	3,64	0,64	0,20	0,02
	0,5	30,00	26,73	24,08	13,38	4,65	0,97	0,16	0,00
	1,0	26,52	25,68	21,82	15,86	7,57	1,94	0,58	0,00
	3,0	30,64	29,70	21,97	12,05	4,06	1,31	0,18	0,05
	5,0	27,77	26,91	21,74	14,54	6,37	2,16	0,45	0,02
	10	36,62	30,16	20,01	9,16	3,40	0,51	0,11	0,00
B. Arang aktif komersial (Commercial activated charcoal)									
Kimia Farma		28,75	29,25	24,44	12,32	4,20	0,80	0,20	0,00
Jepang		32,85	25,42	18,62	13,07	7,07	2,14	0,62	0,17
Jerman		24,95	21,35	23,98	16,60	9,12	3,10	0,58	0,29

B. Kadar Air dan Abu Arang Aktif

Tujuan dari penetapan kadar air dan kadar abu ini adalah untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif dan kandungan oksida logam dalam arang aktif. Kadar air dan kadar abu arang aktif tercantum pada Tabel 1. Dari hasil tersebut hanya arang aktif yang diaktivasi pada suhu 700°C dengan konsentrasi NH₄HCO₃ 0,5 dan 1,0 % mengandung kadar air yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Standar Indonesia (Anonim, 1989) dan untuk menghasilkan arang aktif yang mengandung kadar abu sesuai dengan persyaratan standar tersebut yaitu tidak lebih dari 10 % adalah dengan cara mengaktivasi arang aktif pada suhu 700°C dan 800°C pada semua tingkatan konsentrasi NH₄HCO₃. Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 4) ternyata suhu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air dan kadar abu arang aktif, sedangkan interaksi suhu aktivasi dan konsentrasi amonium bikarbonat berpengaruh nyata. Dari uji regresi (Tabel 5) terlihat bahwa makin tinggi suhu aktivasi, kadar air dan abu yang dihasilkan makin tinggi. Peningkatan kadar air tersebut selain disebabkan terjadinya peningkatan higroskopis arang aktif terhadap uap air dari udara, juga disebabkan terjadinya pengikatan molekul air oleh 6 atom karbon arang aktif yang telah diaktivasi. Sedangkan peningkatan kadar abu disebabkan oleh proses oksidasi arang aktif dari partikel halus yang dapat mengurangi kemampuan menyerap gas dan larutan.

C. Kadar Zat Mudah Menguap dan Karbon Arang Aktif

Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui kandungan senyawa yang mudah menguap dan karbon terikat setelah dikarbonisasi. Pada Tabel 1 tercantum kadar

Tabel 4. Ringkasan sidik ragam sifat arang aktif
Table 4. Summarized analysis of variance of activated charcoal properties

No	Sifat (Properties)	Perlakuan (Treatment)	Kuadrat tengah (Mean square)	F-hitung (F-calculated)
1.	Rendemen (Yield), %	Suhu (Temperature)	522,89	138,15 **
		Konsentrasi (Concentration)	1,42	0,37
		Interaksi (Interaction)	4,05	1,07
2.	Kadar air (Moisture content), %	Suhu (Temperature)	113,89	54,49 **
		Konsentrasi (Concentration)	3,95	1,89
		Interaksi (Interaction)	0,57	0,27
3.	Kadar abu (Ash content), %	Suhu (Temperature)	164,38	198,29 **
		Konsentrasi (Concentration)	2,78	3,36 *
		Interaksi (Interaction)	2,96	3,57 *
4.	Kadar zat mudah menguap (Volatile matter), %	Suhu (Temperature)	199,95	126,15 **
		Konsentrasi (Concentration)	0,85	0,53
		Interaksi (Interaction)	1,37	0,86
5.	Kadar karbon terikat (Fixed carbon)	Suhu (Temperature)	5,32	3,86 *
		Konsentrasi (Concentration)	5,36	3,89 *
		Interaksi (Interaction)	5,34	3,87 *
6.	Daya serap iodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	Suhu (Temperature)	163065,21	5983,93 **
		Konsentrasi (Concentration)	2614,82	95,96 **
		Interaksi (Interaction)	398,42	14,62 **
7.	Daya serap NH ₃ (Adsorptive capacity of NH ₃), %	Suhu (Temperature)	366,44	334,25 **
		Konsentrasi (Concentration)	11,02	10,05 **
		Interaksi (Interaction)	1,06	0,97
8.	Daya serap CHCl ₃ (Adsorptive capacity of CHCl ₃), %	Suhu (Temperature)	708,84	354,23 **
		Konsentrasi (Concentration)	22,79	11,38 **
		Interaksi (Interaction)	3,56	1,78
9.	Daya serap CCl ₄ (Adsorptive capacity of CCl ₄), %	Suhu (Temperature)	1648,79	889,00 **
		Konsentrasi (Concentration)	39,49	21,29 **
		Interaksi (Interaction)	15,12	8,15 **
10.	Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %	Suhu (Temperature)	1690,42	1049,95 **
		Konsentrasi (Concentration)	34,69	21,49 **
		Interaksi (Interaction)	14,30	8,84 **
11.	Daya serap metilen biru (Adsorptive capacity of methylene blue), mg/g	Suhu (Temperature)	51049,97	9753,45 **
		Konsentrasi (Concentration)	1802,84	344,45 **
		Interaksi (Interaction)	421,60	80,93 **
12.	Luas permukaan (Surface area), m ² /g	Suhu (Temperature)	701764,89	69619,53 **
		Konsentrasi (Concentration)	24851,87	2465,46 **
		Interaksi (Interaction)	5791,71	574,57 **

Keterangan (Remarks) : * = Nyata (Significant)
 ** = Sangat nyata (Highly significant)

zat mudah menguap dan kadar karbon. Berdasarkan hasil perhitungan sidik ragam (Tabel 4) kadar zat mudah menguap sangat dipengaruhi oleh suhu aktivasi sedangkan kadar karbon selain dipengaruhi oleh suhu aktivasi juga dipengaruhi oleh konsentrasi amonium bikarbonat dan interaksi dari ke dua faktor perlakuan tersebut. Dari uji regresi (Tabel 5) terlihat bahwa makin tinggi suhu aktivasi, kadar zat mudah menguapnya makin rendah. Besarnya kadar zat mudah menguap yang dihasilkan pada suhu 700°C disebabkan karena tidak sempurnanya penguraian senyawa non karbon seperti CO₂, CO, CH₄ dan H₂. Hasil pengamatan (Tabel 1) menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan dari suhu

aktivasi rendah maupun tinggi mengandung kadar zat mudah menguap sekitar 3,18 - 13,07 % dan kadar karbon 80,58 - 86,00 %. Kandungan ke dua zat tersebut memenuhi persyaratan standar Indonesia (Anonim, 1989) karena kadarnya kurang dari 25 % dan lebih besar dari 80 %.

Tabel 5. Hubungan antara suhu aktivasi (X1), konsentrasi NH₄HCO₃ (X2) dengan sifat arang aktif (Y).
Table 5. Regresion between temperature activation (X1), concentration of NH₄HCO₃ (X2) with activated charcoal properties (Y)

Sifat (Properties)	Regresi (Regression)	r (Coefficient correlation)	F-hitung (F-calc)
Rendemen (Yield), %	Y = 65,06 - 0,06 X1 (2,53)	-0,9853	33,39 **
Kadar air (Moisture content), %	Y = 10,68 + 0,03 X1 (0,28)	0,9925	66,43 **
Kadar abu (Ash content), %	Y = -21,53 + 0,03 X1 (0,31)	0,9940	85,41 **
	Y = 7,51 + 0,12 X2 (1,29)	0,6669	0,80
Kadar zat mudah menguap (Volatile matter), %	Y = 40,62 - 0,04 X1 (0,27)	0,9995	112,38 **
Kadar karbon terikat (Fixed carbon), %	Y = 80,91 + 0,004 X1 (0,52)	0,6143	0,60
	Y = 84,63 - 0,16 X2 (2,58)	-0,6523	0,74
Daya serap iodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	Y = -439,2 + 1,77 X1 (5138,05)	0,9614	12,22 **
	Y = 958,43 + 2,30 X2 (10193,53)	0,1890	0,03
Daya serap NH ₃ (Adsorptive capacity of NH ₃), %	Y = -23,62 + 0,05 X1 (2,80)	0,9768	20,83 **
	Y = 19,54 + 0,009 X2 (7,33)	0,0250	0,24
Daya serap CHCl ₃ (Adsorptive capacity of CHCl ₃), %	Y = -30,51 + 0,07 X1 (1,53)	0,9980	76,25 **
	Y = 31,36 - 0,14 X2 (17,39)	0,2889	0,09
Daya serap CCl ₄ (Adsorptive capacity of CCl ₄), %	Y = -60,38 + 0,11 X1 (1,46)	0,9973	187,48 **
	Y = 34,33 - 0,36 X2 (9,82)	-0,5464	2,34
Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %	Y = -63,75 + 0,11 X1 (1,65)	0,9973	169,71 **
	Y = 31,64 - 0,21 X2 (25,46)	-0,3464	0,13
Daya serap metilen biru (Adsorptive capacity of methylene blue), mg/g	Y = -256,7 + 0,62 X1 (701,54)	0,9579	11,12 **
	Y = 252,7 - 2,98 X2 (867,46)	-0,6511	0,73
Luas permukaan (Surface area), m ² /g	Y = -951,9 + 2,31 X1 (9636,83)	0,9579	11,14 **
	Y = 934,85 - 10,9 X2 (1712,71)	-0,6656	11,09 *

Keterangan (Remarks) : ** = Sangat nyata (Highly significant)
 * = Nyata (Significant)
 Angka dalam tanda kurung = Standar deviasi (Figures in bracket = Standard deviation)

D. Daya Serap Arang Aktif Terhadap Iodium dan Metilin Biru

Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui kemampuan arang aktif untuk menyerap larutan berwarna. Daya serap arang aktif terhadap iodium dan metilen biru tercantum pada Tabel 2, yang berdasarkan sidik ragam (Tabel 4) ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap iodium dan metilen biru. Berdasarkan sidik regresi (Tabel 5), ada kecenderungan makin tinggi suhu aktivasi, daya serapnya makin besar. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa hidrokarbon yang terdapat pada permukaan arang telah banyak keluar pada waktu aktivasi, selain itu ikatan antara C dan H terlepas dengan sempurna sehingga terjadi penggeseran pelat karbon kristalit membentuk pori yang baru dan mengembangkan pori yang sudah terbentuk. Namun sebaliknya makin besar konsentrasi NH_4HCO_3 daya serap terhadap iodium dan metilen biru mengalami penurunan setelah mencapai konsentrasi 3 %. Hal ini disebabkan terbentuk gugus C(CO) yang menghalangi permukaan yang aktif dari pusat arang aktif (Smisek dan Cerny, 1970).

Besarnya daya serap arang aktif terhadap iodium menggambarkan banyaknya struktur mikropori yang terbentuk selain itu memberikan petunjuk terhadap besarnya diameter pori dari arang aktif tersebut yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih besar dari 10 Angstrom. Sedangkan besarnya daya serap terhadap metilen biru menggambarkan molekul yang terserap oleh arang aktif berukuran 15 Angstrom. Semua perlakuan yang diberikan menghasilkan daya serap iodium yang memenuhi Standar Indonesia (Anonim, 1989) karena daya serapnya lebih besar dari 750 mg/g dan untuk perlakuan suhu 900°C semua perlakuan menghasilkan daya serap iodium yang memenuhi Standar Jepang (Anonim, 1967) karena daya serapnya lebih besar dari 1050 mg/g.

E. Daya Serap terhadap C_6H_6 , NH_3 , CCl_4 , CHCl_3

Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui kemampuan arang aktif untuk menyerap gas. Daya serap arang aktif terhadap benzena, CCl_4 , CHCl_3 dan NH_3 terlihat pada Tabel 2, yang berdasarkan sidik ragam (Table 4) ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap benzena dan CCl_4 . Sedangkan untuk CHCl_3 dan NH_3 interaksinya tidak nyata. Berdasarkan sidik regresi (Tabel 5), ada kecenderungan makin tinggi suhu aktivasi daya serapnya makin besar, karena selain pori yang terbentuk pada arang aktif makin banyak juga dikarenakan oleh adanya gugus karboksilat pada permukaan yang masih mampu menyerap NH_3 . Namun, besarnya daya serap arang aktif terhadap CHCl_3 dan CCl_4 banyak dipengaruhi oleh tingkat kepolaran dari permukaan arang aktif seperti adanya senyawa fenol, aldehyd dan karboksilat. Hasil penelitian menunjukkan, arang aktif yang diaktivasi pada suhu 900°C memiliki daya serap terhadap gas CCl_4 lebih besar dibandingkan dengan gas CHCl_3 . Hal ini menunjukkan bahwa permukaan arang aktif lebih bersifat non polar, karena struktur penyusunnya hanya atom karbon, sedangkan daya serap terhadap benzena lebih rendah dibandingkan dengan CCl_4 . Hal ini selain disebabkan tingkat kepolaran CCl_4 lebih bersifat non polar dibandingkan dengan benzena, juga rendahnya daya serap terhadap benzena karena strukturnya yang

berbentuk aromatik. Berdasarkan Standar Indonesia dan Jepang (Anonim 1989 dan 1967) besarnya daya serap terhadap benzena sebesar 25 dan 35 %. Hal ini berarti arang aktif yang diaktivasi suhu 800°C dan 900°C pada semua tingkat konsentrasi NH_4HCO_3 memenuhi syarat karena kadarnya lebih besar dari yang ditentukan. Sedangkan untuk daya serap terhadap CCl_4 hasilnya tidak ada yang memenuhi Standar Jepang karena daya serapnya kurang dari 60 %.

F. Luas Permukaan Arang Aktif

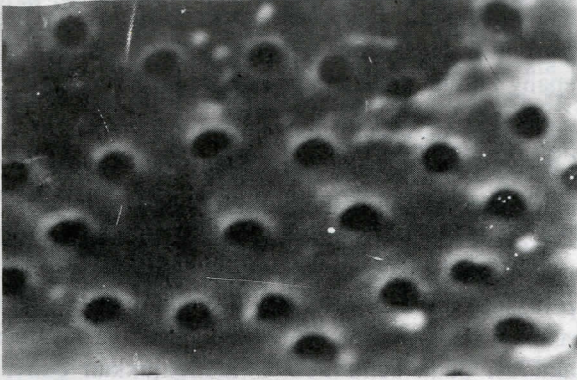
Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui banyaknya pori dalam setiap meter persegi. Pada Tabel 2 tercantum Luas permukaan arang aktif dan berdasarkan sidik ragam (Tabel 4) semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap luas permukaan serta ada kecenderungan makin tinggi suhu aktivasi luas permukaannya makin besar (Tabel 5). Besarnya luas permukaan dari arang aktif yang diaktivasi pada suhu 900°C menunjukkan banyaknya saluran yang terbentuk dari pori yang sudah ada atau pendalaman pori selain itu terjadi juga pembesaran pori, sedangkan pada suhu rendah baru terjadi pelubangan bahan baku sehingga luas permukaannya rendah. Makin besar konsentrasi NH_4HCO_3 luas permukaannya makin turun. Hal ini mungkin terjadi erosi pada dinding pori karena terbentuknya celah di antara pori selama karbonisasi (Heng *et al*, 1985).

G. Gugus Fungsi Arang Aktif

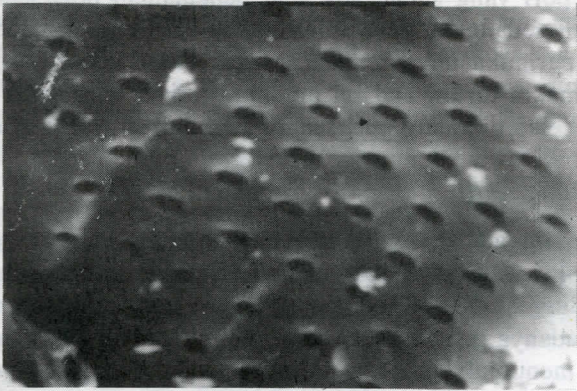
Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui kemurnian arang aktif yang dihasilkan. Hasil analisis spektrum infra merah (Gambar 2) menunjukkan bahwa arang aktif yang diteliti memperlihatkan adanya gugus C-C aromatik yang ditunjukkan dengan adanya puncak pada bilangan gelombang 3000 cm^{-1} dan pada puncak 1400 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O. Adanya kenaikan puncak setelah bilangan gelombang 1400 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fenol. Hal ini menggambarkan bahwa arang aktif hasil penelitian permukaannya masih dikotori oleh senyawa non karbon karena apabila dibandingkan dengan arang aktif komersial terutama buatan Jepang dan Jerman, spektrum infra merah yang dihasilkan relatif datar yang berarti arang aktifnya hanya terdiri dari atom karbon saja tanpa dikotori oleh senyawa lain karena tidak ada kenaikan puncak.

H. Struktur Permukaan Arang Aktif

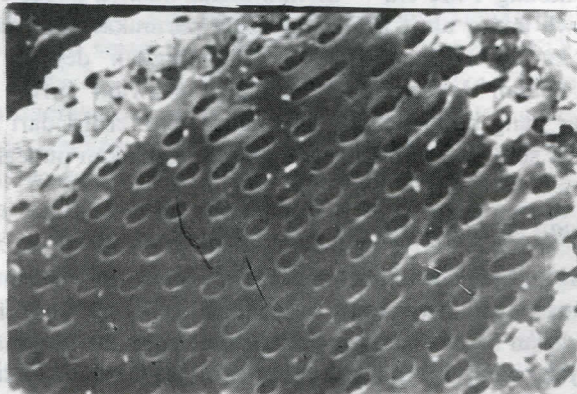
Tujuan penetapan ini adalah untuk melihat struktur pori permukaan arang aktif. Analisis struktur permukaan arang aktif dengan menggunakan mikroskop elektron (Gambar 3, 4 dan 5) terlihat bahwa makin tinggi suhu aktivasi, pori yang terbentuk makin banyak, dan jarak antar pori makin berdekatan. Pada arang aktif yang diaktivasi pada suhu 700°C ternyata jarak antar porinya berjauhan yaitu sekitar 12 mikron, sedangkan yang diaktivasi pada suhu 800°C jarak antar porinya 5,6 mikron dan untuk yang diaktivasi pada suhu 900°C jarak antar porinya sekitar 3,2 mikron. Demikian pula dengan adanya erosi pada dinding pori yang menyebabkan luas permukaannya menjadi berkurang, terjadinya bentuk pori yang tidak rata dan terdapat sekat, dapat menghambat proses penyerapan.



a



b



c

Keterangan (Remarks):

a, b, c = Arang aktif yang dibuat pada suhu 700, 800, dan 900°C
(Manufactured of activated charcoal at temperature 700, 800, and 900°C)

Gambar 3. Mikrograf arang aktif dengan mikroskop elektron
Figure 3. Scanning electron micrograph of activated charcoal

Table 6. Distribution volume porosity

Table 6. Porosity volume distribution

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

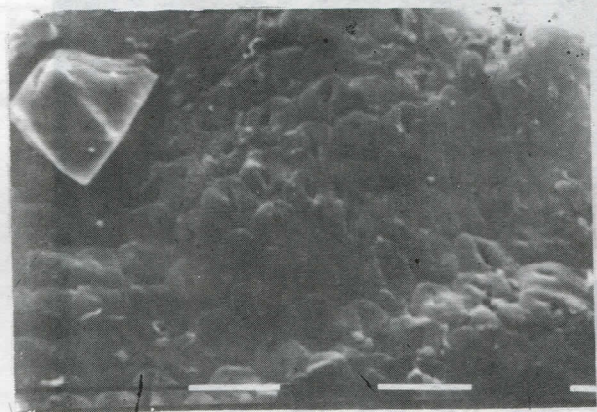
Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

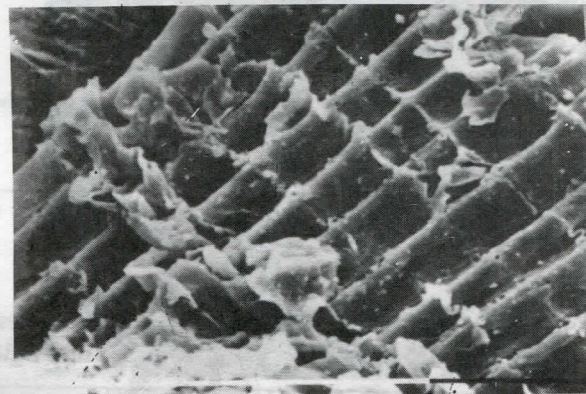
Table 7. Distribution

Table 7. Porosity

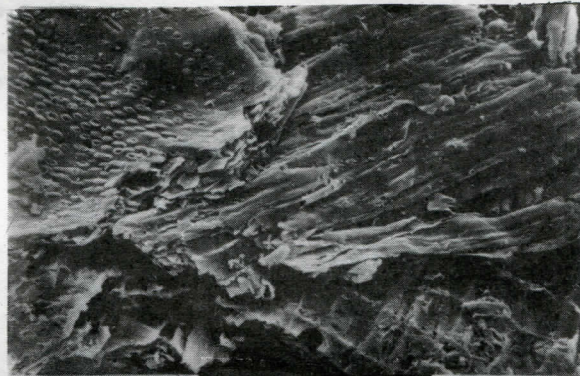
Table 7. Distribution



a



b

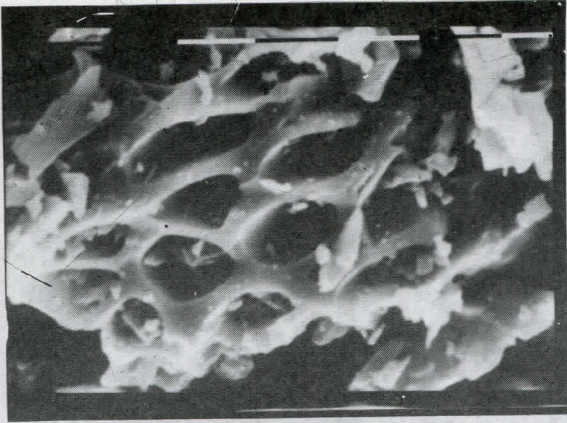


c

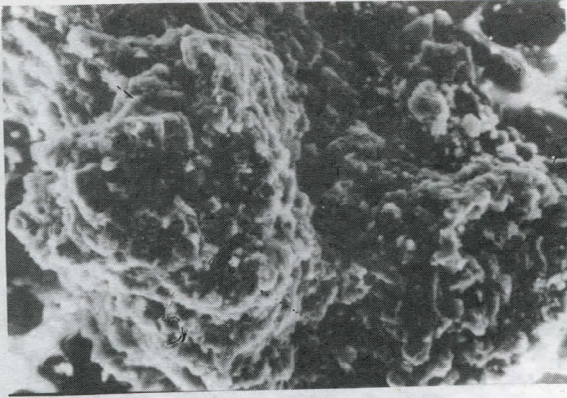
Keterangan (Remarks):

a, b, c = Permukaan arang aktif yang menunjukkan struktur aromatik lekukan dan saluran (Surface of activated charcoal of aromatic structure, inside, dent and tunnel)

Gambar 4. Mikrograf arang aktif dengan mikroskop elektron
Figure 4. Scanning electron micrograph of activated charcoal



a



b



c

Keterangan (*Remarks*):

a, b, c = Arang aktif buatan Jerman, Jepang dan Kimia Farma
(*Activated charcoal made by Jerman, Jepang and Kimia Farma*)

Gambar 5. Mikrograf arang aktif dengan mikroskop electron
Figure 5. Scanning electron micrograph of activated charcoal

Tabel 6. Distribusi volume pori
Table 6. Pore volume distribution

Suhu (Temperature) (°C)	Konsentrasi (Concentration) NH ₄ HCO ₃ (%)	Distribusi volume pori (Pore volume distribution), %							
		A	B	C	D	E	F	G	H
A. Arang aktif dari kayu sengon (Activated charcoal from sengon wood)									
700	0,0	1,09	2,89	6,35	10,16	13,31	15,75	16,96	33,4
	0,5	0,61	1,79	4,13	8,43	13,96	23,14	21,95	25,9
	1,0	0,89	2,34	5,96	12,04	20,43	24,15	23,47	10,6
	3,0	0,85	2,56	6,13	13,08	19,60	21,80	23,12	12,8
	5,0	0,63	1,71	4,15	9,55	18,88	25,61	31,28	8,15
	10	0,47	1,48	3,76	8,32	15,17	19,42	25,44	25,9
800	0,0	0,97	2,70	6,95	14,89	22,85	27,77	17,62	6,22
	0,5	0,66	2,02	4,61	10,28	20,08	25,90	23,79	12,6
	1,0	1,96	4,84	10,12	15,28	15,88	19,96	15,29	16,6
	3,0	4,96	11,09	19,90	24,18	18,61	10,78	5,38	5,07
	5,0	1,03	3,20	8,28	18,49	29,04	24,73	11,85	3,35
	10	4,44	11,30	19,26	22,05	17,35	9,34	11,56	4,67
900	0,0	3,27	8,30	16,26	23,68	22,69	11,38	10,24	4,14
	0,5	2,58	6,51	16,60	26,11	25,67	15,28	7,20	0,00
	1,0	1,50	4,10	9,87	20,30	27,43	19,89	16,88	0,00
	3,0	2,48	6,80	14,24	22,11	21,08	19,22	7,76	6,27
	5,0	1,66	4,55	10,39	19,68	24,39	23,40	13,93	1,97
	10	4,25	9,91	18,60	24,11	25,31	10,92	6,86	0,00
B. Arang aktif komersial (Activated charcoal commercial)									
Kimia Farma		2,60	7,50	17,73	25,28	24,41	13,15	9,30	0,00
Jepang		1,66	3,64	7,55	15,00	22,96	19,73	16,27	13,1
Jerman		0,99	2,39	7,61	14,91	23,18	22,32	11,83	16,7

Keterangan (Remarks) : A = 4,00 - 5,65 mikron, B = 5,65 - 8,00 mikron, C = 8,00 - 11,31 mikron, D = 11,3 - 16,00 mikron, E = 16,0 - 22,62 mikron, F = 22,6 - 32,00 mikron, G = 32,0 - 45,25 mikron, H = 45,2 - 64,00 mikron

Table 7. Diameter dan Tinggi Pori
Table 7. Pore high and diameter

Suhu (Temperature) (°C)	Konsentrasi (Concentration) NH ₄ HCO ₃ (%)	Diameter/tinggi (Diameter/high of pore) , mikron (micron)				
A. Arang aktif dari kayu sengon (Activated charcoal from sengon wood)						
700	0,0	2,97/5,00	4,41/8,33	6,78/7,50	11,1/13,3	19,1/30,8
	0,5	2,66/4,16	4,20/10,0	6,16/10,8	9,45/13,3	19,8/31,6
	1,0	2,10/4,16	4,20/8,33	6,03/8,33	11,5/18,3	23,6/30,8
	3,0	2,66/3,33	4,31/5,83	6,44/14,2	10,8/10,0	18,2/33,3
	5,0	2,82/4,16	4,70/6,67	6,64/13,3	9,26/12,5	23,4/35,8
	10	2,48/3,33	4,88/6,67	6,50/8,33	9,72/16,6	22,0/30,0
800	0,0	2,66/3,33	4,09/5,83	6,37/10,8	13,1/19,2	18,7/33,3
	0,5	2,82/4,16	4,88/8,33	6,37/10,0	9,59/25,0	21,4/38,3
	1,0	2,97/5,83	4,51/10,0	6,91/23,3	11,4/31,7	20,1/34,2
	3,0	2,48/4,16	4,20/8,33	6,96/10,0	11,0/34,9	18,3/35,8
	5,0	2,97/4,16	4,79/11,6	6,91/12,5	9,26/20,8	21,2/31,7
	10	2,48/4,16	4,70/8,33	7,46/13,3	12,8/24,2	20,2/33,3
900	0,0	2,82/4,16	4,41/6,67	6,02/10,8	10,8/21,7	18,7/36,6
	0,5	2,48/4,16	4,88/11,6	6,51/12,5	12,6/29,2	20,7/32,5
	1,0	2,81/5,83	4,88/7,50	6,58/19,1	11,5/25,8	22,5/37,4
	3,0	2,82/5,00	4,51/11,6	6,16/12,5	9,68/21,6	20,8/33,3
	5,0	2,66/4,16	4,31/8,33	6,91/14,6	11,5/23,3	20,2/44,1
	10	2,48/4,16	4,41/6,67	5,87/10,0	13,6/22,5	18,7/36,6
B. Arang aktif komersial (Activated charcoal commercial)						
Kimia Farma		2,30/1,67	4,88/6,67	6,78/10,8	9,72/12,5	20,7/28,3
Jepang		2,30/3,33	4,41/5,83	6,64/12,5	10,7/14,2	18,9/28,3
Jerman		2,82/4,16	4,31/7,50	6,34/9,16	12,8/15,0	20,5/33,8

I. Distribusi Ukuran Partikel dan Volume Pori

Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui banyaknya partikel yang menyusun arang aktif. Dari Tabel 3 terlihat bahwa persentase distribusi ukuran partikel yang diaktivasi pada suhu 700°C, 800°C dan 900°C jumlah ukuran partikel yang terbanyak adalah arang aktif berukuran 4,0 - 5,65 mikron dan 5,65 - 8,0 mikron.

Sedangkan untuk persentase volume pori (Tabel 4) memperlihatkan bahwa yang terbanyak untuk arang aktif yang diaktivasi pada suhu 700°C adalah arang aktif dengan ukuran 32,0 - 45,25 mikron dan untuk yang diaktivasi dengan suhu 800°C dan 900°C ukuran arang aktifnya adalah 22,62 - 32,0 mikron dan 16,0 - 22,62 mikron. Dari data tersebut terlihat bahwa walaupun distribusi ukuran partikel yang terbanyak adalah 4 - 5,65 mikron tetapi persentase volume porinya relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pori-pori yang terbentuk pada ukuran tersebut masih dangkal atau proses pembentukan porinya belum sempurna.

J. Diameter dan Tinggi Pori Arang Aktif

Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui geometri pori yang terbentuk. Pada Tabel 5 terlihat bahwa makin tinggi suhu aktivasi, diameter dan tinggi pori arang aktif yang dihasilkan makin besar. Rendahnya diameter dan tinggi pori pada suhu 700°C mungkin disebabkan oleh pemanasan pada suhu tersebut menyebabkan 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 pori yang terbentuk belum banyak dan diameter pori serta kedalamannya belum cukup besar. 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. Hal ini dapat menyebabkan ruang antar pelat belum banyak terbentuk sehingga diameter dan tinggi porinya relatif masih rendah. Pada pemanasan yang lebih tinggi senyawa non karbon akan semakin mudah dilepaskan sehingga diameter lempeng makin besar tanpa merusak ikatan C-C dalam lempeng.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, kualitas arang aktif yang dihasilkan semakin baik, tetapi semakin besar konsentrasi NH_4HCO_3 kualitas arang aktif yang dihasilkan semakin menurun.
2. Arang aktif yang dibuat dari serbuk kayu gergajian sengon dengan bahan pengaktif NH_4HCO_3 yang diaktivasi pada suhu 800°C dan 900°C kualitasnya memenuhi standar Indonesia dan Jepang terutama dalam besarnya daya serap terhadap iodium dan benzena, yaitu lebih besar dari 750 & 1050 mg/g dan lebih dari 25 & 35 %
3. Untuk menghasilkan arang aktif sesuai dengan persyaratan SII dan JIS, maka disarankan untuk mengolah serbuk kayu sengon pada suhu 900°C dengan konsentrasi NH_4HCO_3 1 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1967. Japanese Industrial Standard. testing Method for Activated Carbon. JIS K 1474. Japanese Standards Association, Tokyo.
- _____. 1989. Mutu dan Cara Uji Arang Aktif. Standar Industri Indonesia (SII) 0258-89. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- _____. 1994. Ekspor - Impor Arang Aktif. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- Heng, S., Verheyen, T.V., Perry, G.J., Mc Allan, C.G. & J. A Harris. 1985. Effect of Chemical Pre Treatment on Carbonization of Victorian Brown Coal. Proceedings International Conference on Coal Science, Sydney.
- Smisek, M & S. Cerny. 1970. Active Carbon. Manufacture, Properties and Applications. Elsevier Publishing Company, New York

KATA KUNCI - Kata kunci ditempatkan di bawah ringkasan

TABEL - Judul tabel dan keterangan yang diperlukan ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris dengan jelas dan singkat. Tabel harus diberi nomor. Penggunaan tanda koma (,) dan titik (.) pada angka di dalam tabel masing-masing menunjukkan nilai pecahan/ desimal dan kelipatan seribu.

GAMBAR/GAMBAR - Grafik dan ilustrasi lain yang berupa gambar garis harus kontras dan dibuat dengan tinta hitam. Setiap gambar garis harus diberi nomor, judul dan keterangan yang jelas dalam bahasa Indonesia dan Inggris.

PHONOGRAPHER - Fonografi submitted should have high contrast, and need to include with necessary information as line drawing.

DAFTAR PUSTAKA - Daftar pustaka yang dirujuk harus ditulis dengan cara yang seragam dengan menggunakan tahun penemuan, seperti tabel berikut.

Allan, J.E. 1961. The determination of copper by atomic absorption spectro-photometry. Spectrochim. Acta. 17. 457-460.

PETUNJUK BAGI PENULIS

BAHASA : Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia dengan ringkasan dalam bahasa Inggris atau dalam bahasa Inggris dengan ringkasan dalam bahasa Indonesia.

FORMAT : Naskah diketik di atas kertas kuarto putih pada suatu permukaan dengan 2 spasi. Pada semua tepi kertas disisakan ruang kosong minimal 3,5 cm.

JUDUL : Judul dibuat tidak lebih dari 2 baris dan harus mencerminkan isi tulisan. Nama penulis dicantumkan di bawah judul.

RINGKASAN : Ringkasan dibuat tidak lebih dari 200 kata berupa intisari permasalahan secara menyeluruh, dan bersifat informatif mengenai hasil yang dicapai.

KATA KUNCI : Kata kunci dicantumkan di bawah ringkasan

TABEL : Judul Tabel dan keterangan yang diperlukan ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris dengan jelas dan singkat. Tabel harus diberi nomor. Penggunaan tanda koma (,) dan titik (.) pada angka di dalam tabel masing-masing menunjukkan nilai pecahan/desimal dan kebulatan seribu.

GAMBAR GARIS : Grafik dan ilustrasi lain yang berupa gambar garis harus kontras dan dibuat dengan tinta hitam. Setiap gambar garis harus diberi nomor, judul dan keterangan yang jelas dalam bahasa Indonesia dan Inggris.

FOTO : Foto harus mempunyai ketajaman yang baik, diberi judul dan keterangan seperti pada gambar.

DAFTAR PUSTAKA : Daftar pustaka yang dirujuk harus disusun menurut abjad nama pengarang dengan mencantumkan tahun penerbitan, seperti teladan berikut.

NOTES FOR AUTHORS

LANGUAGE : Manuscripts must be written in Indonesia with English summary or vice versa.

FORMAT : Manuscripts should be typed double spaced on one face of A4 white paper. A 3,5 cm margin should be left all sides.

TITLE : Title must not exceed two lines and should reflect the content of the manuscript. The author's name follows immediately under the title.

SUMMARY : Summary must not exceed 200 words, and should comprise informative essence of the entire content of the article.

KEYWORDS : Keywords should be written following a summary

TABLE : Title of tables and all necessary remarks must be written both in Indonesia and English. Tables should be numbered. The uses of comma (,) and point (.) in all figures in the table indicate a decimal fraction, and a thousand multiplication, respectively.

LINE DRAWING : Graphs and other line drawing illustrations must be drawn in high contrast black ink. Each drawing must be numbered, titled and supplied with necessary remarks in Indonesia and English.

PHOTOGRAPH : Photographs submitted should have high contrast, and must be supplied with necessary information as line drawing.

REFERENCE : Reference must be listed in alphabetical order of author's name with their year of publications as in the following example :

Allan, J.E. 1961. The determination of copper by atomic absorption spectrophotometry. Spectrochim. Acta, 17, 459 - 466.

