

PEMBUATAN ARANG AKTIF DARI SERBUK GERGAJIAN SENGON (*Paraserianthes falcataria*) DENGAN CARA KIMIA (Manufacturing of activated charcoal from Sengon sawdust by chemical processing)

Oleh/By

Gustan Pari

Summary

Experimental study on Sengon (Paraserianthes falcataria) sawdust to produce activated charcoal for water treatment is reported in this paper. The purpose of this research is to study the effect of raw material and chemical on activated charcoal yield and quality.

The result showed that the yield of activated charcoal range from 17,75 - 79,90 %, moisture content from 0,20 - 8,85 %, ash content from 1,33 - 23,71 %, volatile matter from 1,14 - 7,22 %, fixed carbon from 72,01 - 86,88 %, adsorptive capacity of benzene from 3,04 - 15,85 %, sulphuric acid from 2,45 - 45,66 % and adsorptive capacity of iodine from 374,1 - 601,1 mg/g. Based on adsorptive capacity of iodine, good quality of activated charcoal was produced from Sengon sawdust soaked with Na_2CO_3 , this criteria has met commercial standard requirement of the American Water Works Association.

The quality of water after treatment with activated charcoal shows that the Fe^{3+} content range from 0,00 - 0,06 mg/l, Na^+ from 42,92 - 81,41 mg/g, Mg^{2+} from 7,57 - 8,92 mg/l, Mn^{2+} from 0,00 - 0,014 mg/l, Zn^{2+} from 0,00 - 0,011 mg/g, Ca^{2+} from 22,85 - 27,75 mg/l, NH_4^+ from 0,057 - 0,082 mg/l, Cl^- from 22,91 - 28,93 mg/l, PO_4^{3-} from 0,20 - 0,43 mg/l and SO_4^{2-} from 2,29 - 4,98 mg/l.

Key words : Sengon, Sawdust, Activated charcoal, Cation, Anion, Water quality.

Ringkasan

Tulisan ini mengemukakan hasil penelitian pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian kayu sengon (Paraserianthes falcataria) untuk penjernih air. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan bahan baku dan bahan kimia terhadap rendemen dan kualitas arang aktif.

Hasilnya memperlihatkan bahwa rendemen arang aktif berkisar antara 17,75 - 79,90 %, kadar air 0,20 - 8,85 %, kadar abu 1,33 - 23,71 %, kadar zat mudah menguap 1,14 - 7,22 %, kadar karbon terikat 72,01 - 86,88 %, daya serap terhadap benzena 3,04 - 15,45 %, terhadap asam sulfat 2,45 - 46,55 % dan daya serap terhadap iodium 374,1 - 601,1 mg/g. Berdasarkan atas besarnya daya serap terhadap iodium, maka kualitas arang aktif yang baik dihasilkan dari serbuk gergaji yang direndam dalam Na_2CO_3 , dan memenuhi persyaratan American Water Works Association.

Kualitas air setelah dijernihkan dengan arang aktif hasil percobaan menunjukkan bahwa kadar Fe^{3+} nya menjadi 0,00 - 0,06 mg/l, Na^+ , 42,92 - 81,41 mg/l, Mg^{2+} 7,57 - 8,92 mg/l, Mn^{2+} 0,00 - 0,014 mg/l, Zn^{2+} 0,00 - 0,011 mg/l, Ca^{2+} 22,85 - 27,75 mg/l, NH_4^+ 0,057 - 0,082 mg/l, Cl^- 22,91 - 28,93 mg/l, PO_4^{3-} 0,20 - 0,43 mg/l dan kadar SO_4^{2-} 2,29 - 4,98 mg/l.

Kata kunci: Sengon, Serbuk gergajian, Arang aktif, Kation, Anion, Kualitas air.

I. PENDAHULUAN

Arang aktif adalah arang yang mampu menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun an-organik baik sebagai larutan maupun gas. Kemampuan ini diantaranya disebabkan karena selain arang tersebut berpori juga permukaannya telah bebas dari deposit senyawa hidrokarbon. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembentukan pori dan penghilangan senyawa hidrokarbon adalah suhu reaktor, lama aktivasi, bahan kimia dan perlakuan bahan baku. Proses pembuatan arang aktifnya sendiri dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara kimia, oksidasi gas dan cara pemanasan langsung terhadap bahan baku pada suhu tinggi (Smisek, 1970).

Tulisan ini menyampaikan tentang hasil-hasil pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian kayu sengon secara kimia untuk menarik unsur kation dan anion yang terdapat dalam air. Dipilihnya serbuk kayu sengon ini selain karena potensinya cukup besar yaitu sebanyak 180 - 900 m³/th (Pari, 1995) juga belum banyak dimanfaatkan karena berat jenis dan kerapatannya rendah, sehingga sulit untuk dibuat arang dan briket arang skala komersial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan kimia dan perlakuan bahan baku terhadap kualitas arang aktif dan sasarannya adalah untuk memilih bahan kimia yang tepat sebagai bahan aktivator.

II. BAHAN DAN METODE

1. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk gergajian kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*) dari Jawa Barat. Bahan kimia yang digunakan diantaranya adalah benzen, iodium, kalium iodida, asam fosfat, natrium karbonat, asam sulfat dan air sumur yang berwarna kuning diperoleh dari Kantor Kanwil Kehutanan Jawa Barat.

2. Metode

Sebelum serbuk gergajian kayu sengon dibuat arang aktif, pertama-tama serbuk gergaji dibuat arang melalui 2 cara, yaitu di dalam drum yang dimodifikasi pada suhu 400 - 500°C selama 6 jam (b₁), di dalam retor dengan pemanas listrik pada suhu 500°C selama 6 jam (b₂) dan serbuk gergaji tanpa diarangkan (b₃). Arang yang dihasilkan selanjutnya direndam dalam larutan H₃PO₄ 20 % (a₁) dan Na₂CO₃ 0,75 % (a₂) selama 24 jam dan tanpa perendaman (a₃). Setelah ditiriskan dan dikeringkan selanjutnya dibuat arang aktif dengan cara pemanasan pada suhu 900°C selama 20 menit di dalam retor yang dipanaskan dengan elemen. Arang aktif yang dihasilkan di uji sifat-sifatnya yang meliputi penetapan rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon dan daya serap terhadap iodium, benzen dan asam sulfat (Anonim, 1989) serta topografi permukaan arang aktif dilakukan dengan memakai elektron mikroskop (Scanning Electron Microscope).

Arang aktif yang dihasilkan diaplikasikan untuk menarik kandungan kation dan anion yang terdapat dalam air sumur yang berwarna kuning, dilakukan dengan cara menambahkan arang aktif hasil penelitian dengan konsentrasi 2 %. Kadar kation yang diperiksa adalah mangan, kalsium, seng, magnesium, natrium, besi dan kadar anionnya adalah klorida, sulfat, fosfat dan amonium.

Untuk mengetahui pengaruh bahan kimia dan perlakuan bahan baku terhadap kualitas arang aktif digunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial (Sudjana, 1980).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen Arang Aktif

Dari Tabel 1 terlihat bahwa rendemen arang aktif berkisar antara 17,75 - 79,90 %. Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 3) ternyata semua perlakuan yang diberikan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen arang aktif yang dihasilkan. Rendemen terendah terdapat pada serbuk gergaji yang tidak diarangkan dan tidak direndam dalam larutan kimia. Rendemen tertinggi terdapat pada serbuk gergaji yang diarangkan dengan cara retor dan tidak direndam dalam larutan kimia. Tingginya rendemen ini disebabkan karena telah terjadi proses pirolisis terlebih dahulu sehingga senyawa seperti ter, destilat dan asam-asam organik lainnya yang terdapat dalam kayu keluar pada waktu karbonisasi sehingga pada waktu aktivasi rendemennya lebih besar dibandingkan dengan serbuk gergaji yang tidak dikarbonisasi.

Tabel 1. Kualitas arang aktif.

Table 1. Activated charcoal properties

Sifat (Properties)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rendemen (Yield), %	67,70	61,90	45,00	47,50	54,50	79,90	24,33	22,61	17,75
Kadar air (Moisture content), %	4,76	4,78	7,36	7,17	8,85	0,33	0,20	0,85	1,45
Kadar abu (Ash content), %	2,71	2,58	1,36	1,33	10,09	18,59	18,97	23,71	19,76
Kadar zat mudah menguap (Volatile matter), %	7,22	5,76	7,21	6,26	5,86	1,14	2,35	3,43	3,17
Kadar karbon (Fixed carbon), %	85,31	86,88	84,06	85,24	75,20	79,94	78,48	72,01	75,73
Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzena), %	5,61	15,85	5,44	8,35	5,36	3,18	4,41	15,45	3,04
Daya serap asam sulfat (Adsorptive capacity of sulfuric acid), %	9,80	12,25	29,40	25,73	46,55	19,60	14,70	41,65	2,45
Daya serap iodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	597,8	478,3	554,4	557,7	374,1	420,8	534,3	601,1	434,2

Keterangan (Remarks):

- 1 = Arang drum yang direndam H_3PO_4 (Soaked drum charcoal with H_3PO_4)
- 2 = Arang drum yang direndam Na_2CO_3 (Soaked drum charcoal with Na_2CO_3)
- 3 = Arang retor yang direndam H_3PO_4 (Soaked retort charcoal with H_3PO_4)
- 4 = Arang retor yang direndam Na_2CO_3 (Soaked retort charcoal with Na_2CO_3)
- 5 = Arang drum tanpa direndam (Unsoaked drum charcoal)
- 6 = Arang retor tanpa direndam (Unsoaked retort charcoal)
- 7 = Serbuk gergaji yang direndam H_3PO_4 (Soaked sawdust with H_3PO_4)
- 8 = Serbuk gergaji yang direndam Na_2CO_3 (Soaked sawdust with Na_2CO_3)
- 9 = Serbuk gergaji tanpa direndam (Unsoaked sawdust)

Tabel 2. Kualitas air
Table 2. Water quality

No.	Kualitas air (Water quality), mg/l									
	Ca	Zn	Mg	Na	Fe	Mn	NH ₄	SO ₄	PO ₄	Cl
1.	26,25	0,003	8,400	46,150	0,001	0,000	0,073	2,610	0,217	25,12
2.	26,90	0,002	8,570	60,900	0,000	0,000	0,080	2,450	0,262	25,11
3.	26,67	0,011	8,450	46,460	0,016	0,014	0,082	4,501	0,201	27,92
4.	27,02	0,001	8,920	49,290	0,000	0,001	0,074	2,290	0,271	27,72
5.	26,52	0,004	7,650	47,770	0,060	0,001	0,079	4,430	0,424	28,93
6.	27,75	0,000	8,900	42,920	0,022	0,000	0,057	2,610	0,344	24,31
7.	22,85	0,005	7,600	67,460	0,037	0,000	0,067	4,980	0,286	22,90
8.	25,27	0,000	7,570	81,410	0,009	0,000	0,060	3,080	0,349	25,11
9.	27,52	0,000	8,900	48,370	0,020	0,000	0,092	3,000	0,414	24,11
10.	25,62	0,000	10,72	55,440	0,000	0,008	0,084	6,560	0,525	27,33
11.	25,12	0,025	9,120	46,050	0,077	0,113	0,087	4,660	0,695	22,30

Keterangan (Remarks):

- 1 = Arang drum yang direndam H₃PO₄ (Soaked drum charcoal with H₃PO₄)
- 2 = Arang drum yang direndam Na₂CO₃ (Soaked drum charcoal with Na₂CO₃)
- 3 = Arang retor yang direndam H₃PO₄ (Soaked retort charcoal with H₃PO₄)
- 4 = Arang retor yang direndam Na₂CO₃ (Soaked retort charcoal with Na₂CO₃)
- 5 = Arang drum tanpa direndam (Unsoaked drum charcoal)
- 6 = Arang retor tanpa direndam (Unsoaked retort charcoal)
- 7 = Serbuk gergaji yang direndam H₃PO₄ (Soaked sawdust with H₃PO₄)
- 8 = Serbuk gergaji yang direndam Na₂CO₃ (Soaked sawdust with Na₂CO₃)
- 9 = Serbuk gergaji tanpa direndam (Unsoaked sawdust)
- 10 = Arang aktif komersial (Commercial activated charcoal)
- 11 = Air sumur kotor (Dirty well water)

Dari hasil uji beda (Tabel 4) memperlihatkan bahwa tidak semua perlakuan dan interaksinya menyebabkan perbedaan rendemen arang aktif yang nyata. Sebagai contoh adalah rendemen arang aktif yang dibuat dari arang retor yang direndam dalam larutan natrium karbonat (a₂b₂) sebesar 47,50 % tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap rendemen yang dibuat dari serbuk gergaji yang langsung direndam dalam larutan asam fosfat (a₁b₃) sebesar 54,50 %. Contoh lainnya adalah arang aktif yang dihasilkan dari arang retor yang tidak direndam bahan kimia (a₃b₂) sebesar 22,61 % tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan rendemen yang dihasilkan dari serbuk gergaji yang tidak direndam (a₃b₃) sebesar 17,75 %.

B. Kadar Air

Kadar air arang aktif tercantum pada Tabel 1. Kadar air yang dihasilkan berkisar antara 0,20 - 8,85 %. Angka ini memenuhi persyaratan arang aktif yang dikeluarkan oleh Standar Indonesia (Anonim, 1989) karena kadarnya tidak lebih dari 15 %.

Hasil sidik ragam (Tabel 3) menunjukkan bahwa yang berpengaruh terhadap kadar air adalah perlakuan bahan baku (B) dan interaksi antara bahan kimia dan bahan baku (AB). Kadar air terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji yang direndam asam fosfat dan yang tertinggi dari arang serbuk gergaji yang tidak direndam. Tingginya kadar air ini mungkin disebabkan selain karena arang aktif bersifat higroskopis juga masih adanya gugus OH yang menempel pada permukaan arang aktif.

Tabel 3. Ringkasan sidik ragam sifat arang aktif, kation dan anion air
Table 3. Summarized analysis of variance of activated charcoal properties, water cation and anion

No	Sifat (Properties)	Perlakuan (Treatment)	Kuadrat tengah (Mean square)	F-hitung (F-calculated)
1.	Rendemen (Yield), %	A	58,48	7,24 **
		B	2846,78	352,51 **
		AB	361,64	44,78 **
2.	Kadar air (Moisture content), %	A	0,86	1,75
		B	46,41	93,85 **
		AB	21,54	43,56 **
3.	Kadar abu (Ash content), %	A	122,17	109,34 **
		B	438,18	392,16 **
		AB	62,97	56,35 **
4.	Kadar zat mudah menguap (Volatile matter), %	A	8,14	4,09 *
		B	18,41	8,23 **
		AB	7,57	3,79 *
5.	Kadar karbon (Fixed carbon), %	A	53,11	10,51 **
		B	109,05	21,57 **
		AB	31,91	6,31 **
6.	Daya serap terhadap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %	A	154,23	145,02 **
		B	16,21	12,09 **
		AB	12,81	8,81 **
7.	Daya serap terhadap asam sulfat (Adsorptive capacity of sulphuric acid), %	A	111,08	99,13 **
		B	43,04	38,41 **
		AB	793,31	708,01 **
8.	Daya serap terhadap iodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	A	41017,63	76,23 **
		B	2419,16	4,49 *
		AB	4813,76	8,94 **
9.	Natrium (Na), mg/l	A	466,22	289,70 **
		B	610,08	379,09 **
		AB	117,61	73,08 **
10.	Seng (Zn)	A	$5,35 \times 10^{-5}$	79,22 **
		B	$8,22 \times 10^{-6}$	12,17 **
		AB	$1,95 \times 10^{-5}$	28,87 **
11.	Mangan (Mn)	A	$3,75 \times 10^{-5}$	17,78 **
		B	$4,68 \times 10^{-5}$	22,16 **
		AB	$4,25 \times 10^{-5}$	20,13 **
12.	Besi (Fe)	A	$8,91 \times 10^{-4}$	2,47
		B	$1,04 \times 10^{-4}$	0,28
		AB	$1,13 \times 10^{-3}$	3,14
13.	Amonium (NH ₄)	A	$7,13 \times 10^{-5}$	1,02
		B	$4,68 \times 10^{-4}$	1,45
		AB	$4,25 \times 10^{-4}$	1,11
14.	Kalsium (Ca)	A	6,07	3,51
		B	5,89	3,40
		AB	2,82	1,63
15.	Magnesium (Mg)	A	0,17	0,24
		B	0,87	1,23
		AB	0,80	1,13
16.	Klorida (Cl)	A	0,70	0,72
		B	12,38	12,67 **
		AB	9,84	10,07 **
17.	Sulfat (SO ₄)	A	3,33	8,94 **
		B	0,65	1,75
		AB	2,37	6,35 **
18.	Fosfat (PO ₄)	A	0,038	31,91 **
		B	0,009	7,58 **
		AB	0,001	1,34

Keterangan (Remarks):

- A = Perlakuan bahan kimia (Chemical treatment)
- B = Perlakuan bahan baku (Raw material treatment)
- AB = Interaksi (Interaction)
- * = Nyata (Significant)
- ** = Sangat nyata (Highly significant)

Walaupun perlakuan bahan kimia (A) tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air arang aktif, tetapi perlu diperhatikan interaksinya (AB) yang menunjukkan perbedaan nyata. Sebagai contoh adalah kadar air arang aktif yang dihasilkan dari arang retor yang direndam asam fosfat (a_1b_2) sebesar 4,78 % memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar air yang dihasilkan dari arang retor yang direndam Na_2CO_3 (a_2b_2) sebesar 7,17 % (Tabel 4).

C. Kadar Abu

Dari tabel 1 terlihat bahwa kadar abu arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 1,33 - 19,76 %. Dari angka ini arang aktif yang tidak memenuhi syarat Standar Indonesia (Anonim, 1989) adalah arang aktif yang dibuat dari arang serbuk dan arang retor yang tidak direndam bahan kimia serta serbuk gergaji yang direndam asam fosfat dan natrium karbonat karena kadar abunya lebih dari 10 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 3) ternyata bahwa semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu arang aktif yang dihasilkan. Kadar abu terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat dari arang retor yang direndam natrium karbonat dan yang tertinggi terdapat pada serbuk gergaji yang direndam natrium karbonat. Tingginya kadar abu ini mungkin disebabkan oleh adanya natrium yang terserap dan terikat lebih kuat pada serbuk gergaji yang banyak mengandung gugus OH dibandingkan pada natrium yang terikat pada bentuk arang.

Hasil uji beda (Tabel 4) menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan dan interaksinya menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap kadar abu arang aktif. Sebagai contoh adalah arang aktif yang dibuat dari arang serbuk yang direndam natrium karbonat (a_2b_1) sebesar 1,36 % tidak menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap kadar abu yang dihasilkan dari arang retor yang direndam asam fosfat (a_1b_2) sebesar 2,58 %.

D. Kadar Zat Mudah Menguap dan Kadar Karbon

Kadar zat mudah menguap berkisar antara 1,14 - 7,22 % dan 72,01 - 86,88 % (Tabel 1). Kadar zat mudah menguap dan kadar karbon yang dihasilkan semuanya memenuhi syarat Standar Indonesia (Anonim, 1989) karena kadarnya tidak lebih dari 25 % dan 65 %

Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 3) ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh nyata terhadap kadar zat mudah menguap dan kadar karbon arang aktif. Kadar zat mudah menguap dan kadar karbon terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat dari arang retor yang tidak direndam & serbuk gergaji yang direndam natrium karbonat. Kadar zat mudah menguap tertinggi terdapat pada arang aktif yang dibuat dari arang serbuk yang direndam asam fosfat & arang serbuk yang direndam natrium karbonat. Tingginya ke dua kadar ini mungkin disebabkan karena senyawa seperti CH_4 , CO_2 , H_2 , CO , asam asetat, fenol dan senyawa lainnya tidak keluar sempurna pada waktu karbonisasi dan menempel pada permukaan arang aktif.

Walaupun perlakuan bahan kimia (A) dan bahan baku (B) berpengaruh sangat nyata terhadap kadar zat mudah menguap dan kadar karbon patut diperhatikan

Tabel 4. Hasil uji BNJ sifat arang aktif dan kualitas air
Table 4. Test result of HSD of activated charcoal properties and water quality

No	Sifat (Properties)	Perlakuan (Treatment)	Nilai rata-rata yang dibandingkan (Comparison of mean values)							
			(3)							
(1)	(2)									
1. Rendemen (Yield), %	A	a2	a1		a3					
		44,00	45,67		50,05					
	B	b3	b2		b1					
		21,56	56,80		61,36					
	AB	a3b3	a3b2	a3b1	a2b1	a2b2	a1b3	a1b2	a1b1	a2b3
		17,7	22,6	24,3	45,0	47,5	54,5	61,9	67,7	77,9
2. Kadar air (Moisture content), %	B	b3	b2		b1					
		5,00	29,72		36,78					
	AB	a2b3	a1b1	a2b2	a3b3	a3b1	a1b2	a2b2	a2b1	a1b3
		0,33	0,40	0,85	1,45	4,76	4,78	7,17	7,36	8,85
3. Kadar abu (Ash content), %	A	a1	a2		a3					
		7,68	9,21		16,40					
	B	b1	b2		b3					
		5,12	7,09		20,81					
	AB	a2b1	a2b1	a1b2	a1b1	a1b3	a2b3	a3b1	a3b3	a3b2
		1,33	1,36	2,58	2,71	10,1	18,5	18,9	19,7	23,7
4. Kadar zat mudah menguap (Volatile matter), %	A	a3	a2		a1					
		3,39	5,15		5,60					
	B	b3	b2		b1					
		2,98	4,87		6,28					
	AB	a2b3	a3b1	a3b3	a3b2	a1b2	a1b3	a2b2	a2b1	a1b1
		1,14	2,35	3,17	3,43	5,76	5,86	6,26	7,21	7,22
5. Kadar karbon (Fixed carbon), %	A	a3	a2		a1					
		76,95	81,37		82,62					
	B	b3	b1		b2					
		75,41	82,46		83,08					
	AB	a3b2	a1b3	a3b3	a3b1	a2b3	a2b1	a2b2	a1b1	a1b2
		70,0	75,2	75,7	78,4	79,9	84,1	85,2	85,3	86,8
6. Daya serap benzene (Adsorptive capacity of benzene), %	A	a1	a3		a2					
		3,86	3,15		13,21					
	B	b2	b3		b1					
		5,65	7,63		8,93					
	AB	a3b3	a2b3	a3b1	a1b3	a2b1	a1b1	a2b2	a3b2	a1b2
		3,04	3,18	4,41	5,36	5,44	5,61	8,35	15,4	15,8
7. Daya serap asam sulfat (Adsorptive capacity of H ₂ SO ₄), %	A	a1	a3		a2					
		17,97	22,86		26,54					
	B	b2	b3		b1					
		19,60	22,86		24,91					
	AB	a3b3	a1b1	a1b2	a3b1	a2b3	a2b2	a2b1	a3b2	a1b2
		2,45	9,80	12,2	14,7	19,6	25,7	29,4	41,6	46,5

(1)	(2)	(3)							
8. Daya serap iodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	A	a3 409,7	a2 545,7	a1 559,2					
	B	b1 483,4	b2 507,9	b3 523,2					
	AB	a1b3 374	a2b3 420	a3b3 434	a1b2 478	a3b1 534	a2b1 545	a2b2 557	a1b1 597
9. Seng (Zn)	A	a3 0,0013	a1 0,0063	a2 0,010					
	B	b3 0,0016	b2 0,0040	b1 0,030					
	AB	a3b3 0	a2b3 0	a3b2 0	a2b2 0,001	a1b3 0,002	a1b1 0,003	a1b2 0,004	a3b1 0,005
10. Natrium (Na)	A	a3 46,35	a1 63,35	a2 63,86					
	B	b2 46,22	b1 51,61	b3 65,74					
	AB	a2b3 42,9	a1b1 46,1	a2b1 46,4	a1b3 47,7	a3b3 48,3	a2b2 49,2	a1b2 60,9	a3b1 67,4
11. Mangan (Mn)	A	a3 0,0003	a2 0,0003	a1 0,0046					
	B	b3 0	b1 0,0003	b2 0,0050					
	AB	a3b3 0	a3b2 0	a3b1 0	a2b3 0	a1b1 0	a1b2 0	a1b3 0,001	a2b2 0,001
12. Klorida (Cl)	B	b3 24,04	b1 26,38	b2 26,65					
	AB	a3b1 22,9	a3b3 24,1	a2b3 24,3	a3b2 25,1	a1b2 25,1	a1b1 25,1	a2b2 27,7	a2b1 27,9
13. Sulfat (SO ₄)	A	a2 2,54	a3 3,34	a1 4,03					
	AB	a2b2 2,29	a1b2 2,45	a2b3 2,61	a1b1 2,61	a3b3 3,00	a3b2 3,08	a1b3 4,43	a2b1 4,50
14. Fosfat (PO ₄)	A	a1 0,235	a2 0,294	a3 0,394					
	B	b2 0,272	b1 0,301	b3 0,349					

Keterangan (Remarks):

- A = Perlakuan bahan kimia (Chemical treatment)
- B = Perlakuan bahan baku (Raw material treatment)
- AB = Interaksi (Interaction)
- = Tidak nyata (Non-significant)

interaksinya (AB) yang juga berpengaruh nyata. Sebagai contoh adalah kadar zat mudah menguap yang dibuat dari arang retor yang direndam natrium karbonat (a2b2) sebesar 6,26 % memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar zat mudah menguap terhadap arang aktif yang dibuat dari arang serbuk yang

direndam asam fosfat (a_1b_1) sebesar 7,22 %. Contoh lainnya adalah kadar karbon dari arang aktif yang dibuat dari arang serbuk gergaji yang direndam asam fosfat (a_1b_3) sebesar 75,20 % memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar karbon arang aktif yang dibuat dari arang retor yang direndam natrium karbonat (a_2b_2) sebesar 85,24 % (Tabel 4).

E. Daya Serap Arang Aktif Terhadap Iodium, Benzena dan Sulfat

Daya serap arang aktif terhadap iodium, benzena dan asam sulfat berkisar antara 374,1 - 601,1 mg/g; 3,04 - 15,85 % dan 2,45 - 46,55 % (Tabel 1). Angka daya serap terhadap iodium dan benzena, semuanya tidak ada yang memenuhi standar Indonesia (Anonim, 1989) karena daya serapnya kurang dari 750 mg/g dan 25 %. Tetapi untuk daya serap terhadap iodium ada yang memenuhi standar AWWA (Anonim, 1978) karena daya serapnya lebih dari 500 mg/g yaitu arang aktif yang dibuat dari arang serbuk yang direndam asam fosfat, arang retor dan serbuk gergaji yang direndam asam fosfat dan natrium karbonat.

Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 3) ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap iodium, benzena dan asam sulfat. Daya serap arang aktif terhadap iodium, benzena dan asam sulfat terendah terdapat pada arang aktif yang dibuat dari arang serbuk dan serbuk gergaji tanpa perendaman dan yang tertinggi terdapat pada arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji dan arang serbuk yang direndam Na_2CO_3 dan arang serbuk tanpa direndam. Rendahnya daya serap ini mungkin disebabkan oleh selain masih terdapatnya senyawa hidrokarbon dan volatil yang menempel pada permukaan arang aktif yang dapat menutupi pori arang aktif yang terbentuk juga disebabkan pori yang terbentuk sedikit (Gambar 1a). Apabila dibandingkan dengan Norit buatan Kimia Farma yang juga terbuat dari kayu, maka hasilnya tidak jauh berbeda, di mana daya serap iodiumnya sebesar 426,5 mg/g dan pori yang terbentuk sedikit (Gambar 1b).

Walaupun perlakuan bahan kimia (A) dan bahan baku (B) berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap iodium, benzena dan asam sulfat, tetapi perlu diperhatikan interaksinya (AB) yang juga berpengaruh sangat nyata. Sebagai contoh adalah daya serap arang aktif terhadap iodium, sulfat dan benzena dari arang aktif yang dibuat dari arang serbuk tanpa perendaman (a_3b_1) sebesar 534,3 mg/g, 14,70 %, 4,41 % tidak menyebabkan perbedaan yang nyata dengan daya serap terhadap iodium, asam sulfat dan benzena yang dibuat dari arang retor yang direndam asam fosfat (a_1b_2) sebesar 478,3 mg/g, 12,25 % dan arang serbuk gergaji yang direndam asam fosfat (a_1b_3) sebesar 5,36 % (Tabel 4).

F. Kadar Kation Seng, Mangan dan Natrium Dalam Air

Kadar Zn^{2+} , Mn^{2+} dan Na^+ berkisar antara 0,0 - 0,011 mg/l, 0,0 - 0,014 mg/l dan 42,92 - 81,41 mg/l (Tabel 2). Semua angka ini kadarnya memenuhi persyaratan standar kualitas air minum yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan (Anonim, 1975), karena konsentrasinya kurang dari 0,05 mg/l; 0,1 mg/l dan lebih kecil dari 200 mg/l. Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 3) ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap

kadar Zn, Mn dan Na. Khusus untuk kadar natrium, kandungannya menjadi lebih besar setelah ditambahkan arang aktif. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan bahan kimia natrium karbonat yang pada waktu pemanasan ion natrium menempel dan terikat pada permukaan arang aktif membentuk gugus O-Na yang tidak dapat menguap pada suhu 900°C karena titik leleh natrium lebih dari 1000°C.

Walaupun perlakuan bahan kimia (A) dan bahan baku (B) berpengaruh sangat nyata terhadap kadar seng, mangan dan natrium, tetapi perlu diperhatikan interaksinya (AB) yang juga berpengaruh sangat nyata. Sebagai contoh adalah kadar seng, mangan dan natrium setelah penjernihan oleh arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji tanpa perendaman (a3b3) sebesar 0,0 ; 0,0 dan 48,37 mg/l tidak menyebabkan perbedaan yang nyata dengan kadar seng, mangan dan natrium setelah dijernihkan dengan arang aktif dari arang retor yang direndam natrium karbonat (a2b2) sebesar 0,001; 0,001 dan 49,29 mg/l (Tabel 4).

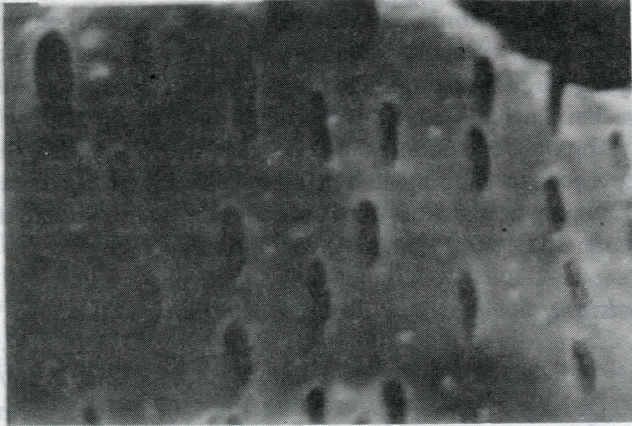
G. Kadar Kation Kalsium, Magnesium, Besi dan Amonium Dalam Air

Kadar Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Fe^{3+} berkisar antara 22,85 - 27,52 mg/l, 7,57 - 8,92 mg/l, 0,0 - 0,06 mg/l dan 0,057 - 0,092 mg/l (Tabel 2). Semua kadar Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Fe^{3+} yang dihasilkan menjadi memenuhi persyaratan standar kualitas air minum karena kadarnya tidak lebih dari 75 mg/l, 30 mg/l dan 0,1 mg/l (Maksimum yang dianjurkan). Tetapi untuk kadar NH_4^+ belum memenuhi persyaratan standar air minum karena kadarnya lebih dari 0,0 mg/l (Maksimum yang dibolehkan) (Anonim, 1975). Upaya untuk menurunkan kadar NH_4^+ ini diantaranya adalah dengan memperpanjang waktu reaksi lebih dari 20 menit sehingga pori-pori yang terbentuk lebih banyak dan daya serapnya menjadi lebih besar.

Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 3) ternyata semua perlakuan dan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap kadar kalsium, magnesium, besi dan amonium dalam air. Kadar kalsium, magnesium, besi dan amonium terendah terdapat pada air yang dijernihkan dengan arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji yang direndam asam fosfat & natrium karbonat dan arang retor yang direndam natrium karbonat serta arang retor tanpa perendaman dan yang tertinggi terdapat pada air yang dijernihkan dengan arang aktif yang dibuat dari arang retor tanpa perendaman & yang direndam natrium karbonat dan arang serbuk tanpa perendaman serta serbuk gergaji tanpa perendaman. Rendahnya ke empat kadar kation ini mungkin disebabkan selain terjadi reaksi pembentukan garam antara Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} dan NH_4^+ dengan PO_4^{3-} juga terjadi reaksi pertukaran dengan Na^+ yang menempel pada permukaan arang aktif.

H. Kadar Anion Sulfat, Klorida dan Fosfat Dalam Air

Kadar $SO_4^{=}$, Cl^- dan PO_4^{3-} berkisar antara 2,29 - 4,98 mg/l, 22,90 - 28,93 mg/l dan 0,201 - 0,424 mg/l. Semua angka ini kadarnya masih memenuhi persyaratan standar kualitas air minum karena kadarnya kurang dari 200 mg/l (Kadar maksimum yang dianjurkan) (Anonim, 1975).



a



b

Gambar 1 a dan b. Mikroskop elektron dari arang aktif kayu sengon dan arang aktif Norit.

Figure 1 a and b. Scanning electron micrograph of sengon activated charcoal and Norit activated charcoal.

Berdasarkan perhitungan sidik ragam (Tabel 3) ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar sulfat dan klorida, kecuali perlakuan bahan kimia untuk kadar sulfat dan interaksi untuk kadar fosfat tidak berpengaruh nyata. Kadar sulfat, klorida dan fosfat terendah terdapat pada air yang dijernihkan dengan arang aktif yang dibuat dari arang serbuk gergaji & serbuk gergaji yang direndam asam fosfat serta arang retor yang direndam asam fosfat dan yang tertinggi terdapat pada arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji yang direndam asam fosfat dan arang serbuk gergaji tanpa perendaman serta arang serbuk tanpa perendaman. Rendahnya kadar sulfat, klorida dan fosfat ini mungkin disebabkan karena terjadinya pertukaran anion antara PO_4^{3-} yang menempel pada permukaan arang dengan $SO_4^{=}$ & Cl^- yang terdapat dalam air. Kadar klorida yang dihasilkan kadarnya menjadi lebih besar setelah ditambahkan arang aktif. Hal ini menunjukkan bahwa dalam arang aktif itu sendiri mengandung klorida yang larut dalam air. Namun apabila hasil ini dibandingkan dengan hasil penelitian Pari (1992), kadar klorida yang dihasilkan masih lebih rendah. Hal ini dikarenakan proses pembuatan arang aktifnya berbeda, yaitu diaktifkan dalam drum yang dipanaskan dengan kayu bakar.

Hasil uji beda (Tabel 4) menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan dan interaksinya memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar sulfat dan klorida. Sebagai contoh adalah air yang dijernihkan dengan arang aktif yang dibuat dari arang retor yang direndam asam fosfat (a₁b₂) sebesar 2,45 dan 25,11 mg/l tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar sulfat dan klorida dalam air yang dijernihkan dengan arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji yang direndam natrium karbonat (a₂b₃) sebesar 2,62 dan 24,31 mg/l.

III. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kualitas arang aktif yang baik dalam penelitian ini adalah arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji sengon yang direndam dalam larutan natrium karbonat tanpa dikarbonisasi terlebih dahulu yang menghasilkan rendemen sebesar 22,61 %, kadar air 0,85 %, kadar abu 23,71 %, kadar zat mudah menguap 3,43 %, kadar karbon 72,01 %, daya serap terhadap iodium sebesar 601,1 mg/g, terhadap benzena 15,45 % dan terhadap sulfat sebesar 41,65 %.
2. Kualitas air yang telah dijernihkan dengan arang aktif menghasilkan kadar besi antara 0,00 - 0,06 mg/l, kadar natrium 42,92 - 81,41 mg/l, magnesium 7,57 - 8,92 mg/l, mangan 0,00 - 0,014 mg/l, seng 0,00 - 0,011 mg/l, kalsium 22,85 - 27,75 mg/l amoniak 0,057 - 0,082 mg/l, klorida 22,91 - 28,93 mg/l, fosfat 0,20 - 0,43 mg/l dan kadar sulfat 2,29 - 4,98 mg/l. Secara keseluruhan kandungan kation dan anion yang terdapat dalam air menjadi memenuhi persyaratan kualitas air minum kecuali kandungan amoniaknya yang tidak memenuhi syarat.
3. Disarankan untuk membuat arang aktif dari serbuk gergajian kayu sengon tanpa diarangkan terlebih dahulu dengan natrium karbonat sebagai aktivator.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1975. Daftar standar kualitas air minum. Departemen Kesehatan Jakarta.
- . 1978. Standard for powdered activated carbon. American water works association. B 600-78, Colorado.
- . 1989. Mutu dan cara uji arang aktif. Standar Industri Indonesia (SI) 0258-89. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Pari, G. 1992. Pembuatan arang aktif dari serbuk gergaji sengon untuk penjernihan air. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 10 (5) : 141 - 149
- Pari, G. 1995. Pembuatan dan karakterisasi arang aktif dari kayu dan batubara. Tesis Program Magister Kimia, Institut Teknologi Bandung.
- Smisek, M & S. Cerny. 1970. Active carbon. Manufacture, properties and applications. Elsevier publishing company, New York
- Sudjana. 1980. Disain dan analisis eksperimen. Tarsito, Bandung.