

PEMBUATAN ARANG AKTIF DARI SABUT KELAPA SAWIT
DENGAN BAHAN PENGAKTIF NH_4HCO_3 DAN $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
DOSIS RENDAH ¹⁾

(The possible manufacture of activated charcoal from palm-tree bast at low dosages of activating agents: NH_4HCO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$)

Oleh/By:

Gustan Pari dan Iah Sailah

Summary

This report deals with experimental study on the utilization of palm-tree bast as raw material for activated charcoal. In this regard, the main aim was to study the effect of concentrations of vaporized NH_4HCO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ solutions as activating agents (in percentages) on properties of activated charcoal, and to evaluate its use for purifying ground water. In this regard, the vapors might consist of NH_3 , CO_2 and H_2O . The manufacture of activated charcoal involved two consecutive stages, i.e. charcoaling and activation. The charcoaling was performed on the palm-tree bast in a retort equipped with electrical heater, followed by the activation stage whereby the inside retort temperature was increased to 850°C . At this temperature, the vapors of both NH_4HCO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ were each passed into the retort at several concentrations (i.e. 0.0 %, 0.01 %, 0.025 %, 0.075 %, and 0.1 % of either vapor) for 90 minutes at pressure of 0.05 kg/cm^2 ; and on completion the resulting activated charcoal was examined of their inherent properties.

It was found out that the activated charcoal with NH_4HCO_3 vapor at 0.01 % revealed the most satisfactory properties with respect to its selection for purifying the ground water. The yield of activated charcoal at this vapor percentage was 15.99 %, moisture content 0.10 %, ash content 31.85 %, volatile matter 24.85 %, carbon content 43.21 %, adsorptive capacity of benzene 13.33 %, of CHCl_3 16.28 %, of NH_3 26.65 %, of CCl_4 26.64 %, of iodine 799.5 mg/g, of methylene blue 136.10 mg/g and surface area $463.41\text{m}^2/\text{g}$.

The ground water after being purified with this selected activated charcoal revealed the improvement on its qualities, as shown by the decreases in Fe from 4.919 mg/l to 0.00 mg/l, Zn from 0.031 mg/l to 0.00 mg/l, Mn from 7.780 mg/l to 6.16 mg/l; the increase in pH from 6.99 to 8.00 and the more transparent in its color.

Keywords: Palm tree fiber, benzene, iodine, activated charcoal, water, Fe, Zn, Mn

Ringkasan

Dalam tulisan ini dikemukakan hasil penelitian tentang pembuatan arang aktif dari sabut kelapa sawit dengan cara aktivasi uap kimia. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas arang aktif dari sabut kelapa sawit dengan pemakaian bahan pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ dosis rendah serta untuk penjernihan air sumur.

¹⁾ Telah dipresentasikan pada Lokakarya Penelitian Hasil Hutan tanggal 7 Desember 2000 di Bogor

Proses pembuatan arang aktif dilakukan di dalam tungku yang terbuat dari baja tahan karat yang dilengkapi dengan pemanas listrik. Pada suhu 850°C. Apabila telah mencapai suhu tersebut dilakukan proses aktivasi dengan mengalirkan uap larutan NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ selama 90 menit pada taraf konsentrasi 0,0 ; 0,01 ; 0,025 ; 0,050 ; 0,075 ; dan 0,1 %. Arang aktif dengan kualitas terbaik diujicobakan untuk menjernihkan air sumur.

Kualitas arang aktif yang terbaik diperoleh dari sabut kelapa sawit yang diaktivasi oleh NH_4HCO_3 0,01 % yang menghasilkan rendemen arang aktif sebesar 15,99 %, kadar air 0,10 %, zat terbang 24,85 %, abu 31,85 %, karbon 43,21 %, daya serap terhadap C_6H_6 13,33 %, CHCl_3 16,28 %, NH_3 26,65 %, CCl_4 26,64 %, I_2 799,5 mg/g dan daya serap terhadap metilin biru 124,97 mg/g serta luas permukaan sebesar 463,41 m²/g.

Arang aktif sabut kelapa sawit ini dapat menjernihkan air sumur yang ditunjukkan dengan berkurangnya kandungan Fe menjadi 0,00 mg/l dari 4,919 mg/l, Zn menjadi 0,00 mg/l dari 0,031 mg/l dan Mn menjadi 6,160 mg/l dari 7,78 mg/l, pH menjadi 8,60 dari 6,99 serta warna air menjadi bening.

Kata kunci: Sabut kelapa sawit, benzena, iodium, arang aktif, air, Fe, Zn, Mn.

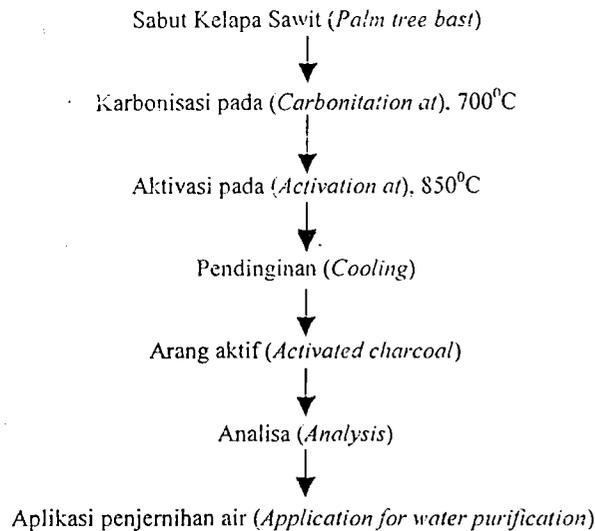
I. PENDAHULUAN

Sabut kelapa sawit merupakan salah satu bentuk limbah padat kelapa sawit yang dihasilkan dari hasil pengolahan industri minyak sawit. Limbah sabut ini pemanfaatannya belum optimal dan masih terbatas sebagai sumber energi (bahan bakar) untuk kepentingan pabriknya sendiri, sedangkan untuk bahan baku papan partikel dan untuk pembuatan pulp kertas masih dalam skala laboratorium. Di Indonesia potensi limbah sabut kelapa sawit ini diperkirakan sebanyak 846.981 ton kering dan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 2.688.280 ton kering (Lubis, *et al.* 1992). Apabila dilihat dari unsur kimiawi sabut kelapa sawit yang mengandung selulosa 28,28 %, lignin 27,86 % dan hemiselulosa 34,78 % di mana kesemuanya termasuk senyawa hidrokarbon maka sabut ini dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk membuat arang aktif. Sabut kelapa sawit adalah bahan yang banyak mengandung selulosa sehingga dapat dibuat menjadi arang aktif (Anonim, 1951 dan Smisek, 1970). Penelitian pembuatan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan bahan pengaktif NH_4HCO_3 dosis tinggi menunjukkan bahwa kualitas arang aktif yang dihasilkan memenuhi standar AWWA (Hendra dan Pari, 1999). Tujuan penelitian pembuatan arang aktif dari sabut kelapa sawit ini untuk mengetahui pengaruh bahan pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ dosis rendah terhadap sifat dan kualitas arang aktif yang dihasilkan serta kegunaannya untuk menjernihkan air sumur.

II. BAHAN DAN METODE

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabut kelapa sawit yang diperoleh dari PTP XI Kertajaya, Malimping Jawa Barat. Bahan kimia yang digunakan antara lain NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ sebagai bahan pengaktif, yodium, metilin biru untuk penetapan daya serap arang aktif terhadap larutan, benzena, amoniak, kloroform dan karbon tetra klorida untuk penetapan daya serap arang aktif terhadap gas serta air sumur yang digunakan untuk uji coba diambil dari Bogor.

Sebanyak 300 gram sabut kelapa sawit yang telah bebas dari kotoran, dimasukkan ke dalam retor arang aktif dan suhu di dalam retor dinaikkan secara teratur sampai mencapai 850°C. Selanjutnya dialirkan uap larutan NH₄HCO₃ dengan konsentrasi 0,01 ; 0,025 ; 0,05 ; 0,075 dan 0,1 % selama 90 menit pada tekanan konstan yaitu sebesar 0,05 kg/cm². Percobaan dilakukan juga dengan menggunakan uap larutan (NH₄)₂CO₃ dengan konsentrasi dan kondisi yang sama seperti di atas (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram alir pembuatan arang aktif

Figure 1. The flow chart in the manufacture of activated charcoal

Kualitas arang aktif yang diuji selain rendemen dilakukan penetapan kadar air, abu, zat terbang, karbon, daya serap terhadap yodium, metilin biru, benzena, kloroform, karbon tetra klorida dan luas permukaan. Kualitas arang aktif yang terbaik diuji cobakan untuk membersihkan dan menjernihkan air sumur terhadap kandungan logam berat dengan dosis 0,25 %. Air yang telah dijernihkan diuji kualitasnya dengan cara dianalisis warna, pH dan kandungan logam seperti Fe, Zn dan Mn (Anonim, 1990).

Untuk mengetahui pengaruh bahan pengaktif dan konsentrasi bahan kimia terhadap kualitas arang aktif dilakukan perhitungan statistik dengan **rancangan** tersarang (Sudjana, 1994).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen

Rendemen arang aktif berkisar antara 9,49 – 15,99 % (Tabel 1). Rendemen tertinggi diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH₄HCO₃ dengan konsentrasi

0,01 % dan yang terendah arang aktif yang diaktivasi $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ dengan konsentrasi 0,1 %. Apabila dibandingkan dengan kontrol yang menghasilkan rendemen sebesar 13,83 % terlihat bahwa secara keseluruhan bahan pengaktif yang digunakan bersifat oksidator lemah sehingga menghasilkan rendemen arang aktif yang lebih rendah.

Tabel 1. Sifat arang aktif sabut kelapa sawit

Table 1. The properties of activated charcoal processed from palm tree bast

Bahan pengaktif (Activator agent)	Konsentrasi (Concentration) %	Ren	K.A	K.V	K.AB	K.FC	DS.B	DS.C	DS.A	DS.T	DS.I	DS.MB	L.P	
NH_4HCO_3	0,010	15,30	0,04	28,11	36,56	35,29	15,98	15,79	19,65	29,06	782,53	125,84	466,63	
		16,67	0,15	21,59	27,12	51,14	10,68	16,78	33,66	24,21	816,42	124,11	460,19	
		11,17	0,28	20,79	45,95	32,99	7,750	12,75	10,53	11,18	554,86	108,69	403,04	
	0,025	12,67	0,27	22,16	37,99	39,57	7,955	12,41	40,25	25,84	710,51	116,38	431,54	
		11,65	0,14	17,51	50,47	31,88	9,580	14,12	11,57	13,95	572,05	101,95	378,03	
		11,33	0,19	25,50	45,59	28,72	9,370	11,86	16,34	14,18	578,32	112,06	415,53	
	0,075	14,23	0,47	23,03	39,49	37,00	9,370	22,54	19,90	19,15	627,89	128,26	475,60	
		10,33	0,34	25,52	40,62	33,52	8,950	11,56	19,36	17,43	615,02	128,41	476,15	
	0,100	11,67	1,50	30,73	42,68	25,09	12,39	16,49	21,08	19,49	594,84	123,99	459,75	
		9,667	0,43	18,62	39,52	41,43	8,208	11,87	13,06	14,42	512,23	89,720	332,68	
	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	0,010	12,00	0,56	11,53	35,72	52,19	14,95	17,99	21,39	18,33	717,18	119,86	444,44
			9,500	0,51	13,51	48,93	37,06	11,73	11,99	26,50	18,07	593,67	121,64	451,06
0,025		12,33	0,56	14,94	38,09	46,41	15,18	20,90	27,71	23,14	693,98	141,71	525,45	
		9,000	0,25	17,46	48,13	34,16	8,606	12,88	16,77	22,24	645,21	133,73	495,85	
0,050		13,33	0,60	16,45	29,09	53,86	14,15	20,43	21,32	24,60	682,79	120,15	445,53	
		6,333	0,46	23,19	38,30	38,04	6,019	9,165	14,66	13,08	600,42	126,11	467,63	
0,075		11,33	0,12	16,51	35,95	47,42	11,02	23,13	21,20	18,99	572,98	109,90	407,51	
		9,167	0,47	24,13	38,41	36,98	10,25	14,36	31,28	24,85	697,48	140,08	519,42	
0,100		10,83	0,59	12,46	36,93	50,02	11,01	18,09	29,93	23,29	619,63	127,95	474,42	
		8,167	0,20	21,37	41,05	37,38	8,050	8,124	42,51	18,19	551,82	113,28	420,22	
Kontrol (Control)		13,33	3,87	31,99	37,94	26,21	14,94	21,23	23,89	18,49	715,75	124,98	463,41	
		14,33	0,10	22,70	37,33	39,87	7,357	12,62	22,86	16,52	718,16	119,39	442,71	
Arang aktif komersial 1 (Commercial activated charcoal) 1	-	0,03	27,93	59,93	12,12	17,35	23,05	25,44	25,58	530,34	99,880	370,36		
Arang aktif komersial 2 (Commercial activated charcoal) 2	-	0,57	20,20	6,590	72,63	25,02	33,38	49,98	44,34	915,84	299,57	1109,6		

Keterangan (Remarks) :

Ren = Rendemen (Yield), %

K.A = Kadar air (Moisture content), %

K.V = Kadar zat terbang (Volatile matter), %

K.AB = Kadar abu (Ash content), %

K. FC = Kadar karbon (Fixed carbon), %

L.P = Luas permukaan (Surface area), m²/g

DS.B = Daya serap C_6H_6 (Adsorptive capacity of C_6H_6), %

DS.C = Daya serap CHCl_3 (Adsorptive capacity of CHCl_3), %

DS.A = Daya serap NH_3 (Adsorptive capacity of NH_3), %

DS.T = Daya serap CCl_4 (Adsorptive capacity of CCl_4), %

DS.I = Daya serap I_2 (Adsorptive capacity of I_2), mg/g

DS.MB = Daya serap metilin biru (Adsorptive capacity of Methylene blue), mg/g

Hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan kimia sebagai aktivator mempengaruhi rendemen arang aktif yang dihasilkan, sedangkan perlakuan konsentrasinya tidak memberikan pengaruh yang nyata. Dari nilai rata-rata terlihat bahwa bahan pengaktif yang paling baik adalah NH_4HCO_3 karena memberikan nilai rata-rata sebesar 12,469 yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ yang mempunyai nilai rata-rata 10,199.

Tabel 2. Ringkasan sidik ragam sifat arang aktif sabut kelapa sawit
 Table 2. Summarized analysis of variance on properties of activated charcoal from palm tree bast

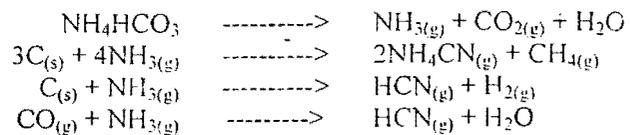
No	Sifat (Properties)	Perlakuan (Treatment)	Kuadrat tengah (mean square)	F-hitung (F-calculated)
1.	Rendemen (Yield), %	A	25,76	5,08 *
		B	6,16	1,21
		AB	2,86	0,56
2.	Kadar air (Moisture content), %	A	0,013	0,17
		B	0,093	1,18
		AB	0,166	2,11
3.	Kadar zat terbang (Volatile matter), %	A	192,2	8,47 *
		B	9,10	0,40
		AB	16,57	0,73
4.	Kadar abu (Ash content), %	A	11,84	0,42
		B	17,47	0,61
		AB	79,40	2,78
5.	Kadar karbon (Fixed carbon), %	A	295,6	3,99
		B	24,54	0,33
		AB	31,12	0,42
6.	Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %	A	5,66	0,65
		B	9,61	1,10
		AB	3,46	0,40
7.	Daya serap amonia (Adsorptive capacity of amonia), %	A	112,6	1,41
		B	68,79	0,86
		AB	83,14	1,04
8.	Daya serap kloroform (Adsorptive capacity of chloroform), %	A	5,92	0,21
		B	11,80	0,43
		AB	5,40	0,20
9.	Daya serap CCl ₄ (Adsorptive capacity of CCl ₄), %	A	12,59	0,55
		B	19,63	0,85
		AB	31,58	1,37
10.	Daya serap yodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	A	5,50	0,01
		B	13813	3,59 *
		AB	6936	1,80
11.	Daya serap metilin biru (Adsorptive capacity of methylene blue), mg/g	A	415,2	3,52
		B	140,1	1,09
		AB	165,3	1,29
12.	Luas permukaan (Surface area) m ² /g	A	6201,8	3,51
		B	1926,2	1,09
		AB	2272,7	1,28

Keterangan (Remarks): A = Bahan pengaktif (Activator agent)
 B = Konsentrasi (Concentration)
 AB = interaksi (Interaction)
 * = Nyata (Significant), $\alpha = 0.05$

Perbedaan ini disebabkan oleh komposisi kimia dari ke dua jenis bahan pengaktif itu sendiri, di mana bahan pengaktif NH₄HCO₃ lebih banyak mengandung

uap CO₂ dibandingkan bahan pengaktif (NH₄)₂CO₃ yang berfungsi sebagai oksidator lemah. Apabila NH₄HCO₃ dipanaskan akan mengeluarkan gas NH₃ (21,5 %), CO₂ (55,7 %) dan uap air (22,8 %), sedangkan untuk (NH₄)₂CO₃ akan menghasilkan gas NH₃ (30-34 %), CO₂ (45 %) dan uap air (21-25 %) (Windholz, *et al.* 1983).

Walaupun hasil perhitungan sidik ragam untuk perlakuan konsentrasi bahan pengaktif tidak nyata yang berarti tanpa pemberian bahan pengaktif rendemen yang dihasilkan tidak beda, tetapi dari data terlihat bahwa makin tinggi konsentrasi bahan pengaktif, rendemen arang aktif yang dihasilkan makin turun. Hal ini disebabkan karena meningkatnya gas amonia dari bahan pengaktif yang dapat menurunkan rendemen arang aktif (Pari, 1999) sesuai reaksi berikut:



B. Kadar Air

Kadar air arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 0,10 – 0,97 % (Tabel 1). Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) ternyata perlakuan bahan pengaktif dan konsentrasinya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air yang dihasilkan. Kadar air terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH₄HCO₃ 0,01 % dan yang tertinggi pada konsentrasi 0,1 %. Semua kadar air yang dihasilkan memenuhi standar kualitas arang aktif menurut SNI (Anonim, 1995) karena kadar airnya kurang dari 15 %. Apabila dibandingkan dengan kadar air arang aktif yang dibuat tanpa aktivator, yaitu sebesar 1,99 %, maka arang aktif dengan penambahan bahan kimia menghasilkan kadar air yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa bahan pengaktif NH₄HCO₃ dapat mengurangi sifat higroskopis arang aktif terutama untuk uap air yang terperangkap di dalam kisi heksagonal arang aktif.

Apabila kadar air hasil penelitian dibandingkan dengan kadar air arang aktif yang dijual bebas sebesar 0,03 % maka kadar air arang aktif hasil penelitian masih lebih besar, tetapi apabila dibandingkan dengan arang aktif komersial yang digunakan di pabrik pemurnian gula fruktosa maka kadar airnya tidak jauh berbeda yaitu sebesar 0,57 %.

C. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang arang aktif berkisar antara 12,52 – 24,85 % (Tabel 1). Semua kadar zat terbang yang dihasilkan memenuhi standar SNI (Anonim, 1995) karena kadarnya kurang dari 25 %. Kadar zat terbang terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi (NH₄)₂CO₃ 0,01 % dan yang tertinggi dengan perlakuan NH₄HCO₃ 0,01 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) yang mempengaruhi kadar zat terbang arang aktif hanya perlakuan bahan pengaktif, sedangkan perlakuan konsentrasinya tidak memberikan pengaruh yang nyata. Dari hasil uji beda ternyata bahan pengaktif yang baik adalah amonium karbonat yang mempunyai nilai rata-rata

17,15 yang lebih rendah jika dibandingkan dengan amonium bikarbonat yang mempunyai nilai rata-rata sebesar 23,35. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon dioksida dari amonium bikarbonat lebih banyak (55,7 %) sehingga gugus C(CO) yang terperangkap dalam kisi arang aktif lebih besar.

Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator dan arang aktif komersial, maka arang aktif hasil penelitian kandungan zat terbangnya masih lebih rendah dan apabila dibandingkan dengan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang menghasilkan kadar zat terbang antara 10,76 – 21,16 (Hendra dan Pari, 1999) maka hasilnya tidak jauh berbeda.

D. Kadar Abu

Kadar abu arang aktif berkisar antara 31,84 – 48,03 % (Tabel 1). Semua kadar abu yang dihasilkan tidak memenuhi standar SNI (Anonim, 1995) karena kadarnya lebih dari 10 %. Kadar abu terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,01 % dan yang tertinggi dengan perlakuan NH_4HCO_3 0,05 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ dan konsentrasinya tidak berpengaruh terhadap kadar abu yang dihasilkan. Hal ini berarti bahwa dengan atau tanpa pemberian bahan pengaktif kadar abu yang dihasilkan tidak berbeda. Apabila dibandingkan dengan arang aktif komersial (norit) sebesar 59,93 %, maka hasilnya tidak jauh berbeda. Demikian juga jika dibandingkan dengan kadar abu dari tandan kosong kelapa sawit yang berkisar antara 28,13 – 62,57 % (Hendra dan Pari, 1999). Namun demikian apabila dibandingkan dengan kontrol yang menghasilkan kadar abu sebesar 37,63 % maka secara keseluruhan kadar abu arang aktif yang menggunakan bahan pengaktif relatif lebih besar terutama bahan pengaktif NH_4HCO_3 . Hal ini menunjukkan terbentuknya garam-garam baik kation dari bahan baku seperti K, Na, Ca dan Mg yang bereaksi dengan anion seperti CO_3 hasil penguraian dari NH_4HCO_3 pada suhu 60°C ataupun sebaliknya. Kadar abu yang tinggi disebabkan oleh selain sifat bahan bakunya sendiri yang mempunyai kandungan abu yang tinggi, juga terjadinya proses oksidasi lebih lanjut dari serat yang halus. Kadar abu yang besar dapat mengurangi kemampuan arang aktif untuk menyerap gas dan larutan, karena mengandung mineral seperti kalium, magnesium, kalsium, natrium yang menyebar dalam kisi arang aktif sehingga menutupi pori arang aktif.

E. Kadar Karbon

Kadar karbon arang aktif berkisar antara 30,30 – 45,95 % (Tabel 1). Semua kadar karbon yang dihasilkan tidak memenuhi standar SNI (Anonim, 1995) karena kadarnya kurang dari 65 %. Kadar karbon terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,05 % dan yang tertinggi dengan perlakuan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 0,05 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan pengaktif dan konsentrasinya tidak berpengaruh terhadap kadar karbon yang dihasilkan. Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator yang menghasilkan kadar karbon sebesar 33,04 % dan arang aktif komersial sebesar 12,12 %, maka hasilnya tidak jauh berbeda kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula

fruktosa yang menghasilkan kadar karbon sebesar 72,63 %. Kadar karbon yang rendah dipengaruhi oleh tingginya kadar abu dan kadar zat terbang yang dihasilkan, selain itu dipengaruhi oleh lamanya waktu reaksi yang menyebabkan zat kimia yang bereaksi semakin banyak sehingga jumlah karbon yang tersisa makin sedikit.

F. Daya Serap Terhadap Gas

1. Daya serap arang aktif terhadap gas benzena (C_6H_6)

Daya serap arang aktif terhadap gas benzena berkisar antara 7,35 – 13,34 % (Tabel 1). Semua angka daya serap yang dihasilkan tidak memenuhi standar SNI (Anonim, 1995) karena kadarnya kurang dari 25 %. Daya serap terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,025 % dan yang tertinggi dengan perlakuan $(NH_4)_2CO_3$ 0,01 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan pengaktif dan konsentrasinya tidak berpengaruh terhadap daya serap terhadap benzena yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena baik bahan pengaktif NH_4HCO_3 maupun $(NH_4)_2CO_3$ sama-sama akan terurai menjadi NH_3 , CO_2 , dan CO yang berfungsi sebagai oksidator lemah. Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator yang menghasilkan daya serap sebesar 14,94 % dan arang aktif komersial sebesar 17,35 %, maka hasilnya tidak jauh berbeda kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula fruktosa yang menghasilkan daya serap yang memenuhi standar karena daya serapnya sebesar 25,02 %, begitu juga apabila dibandingkan dengan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang memberikan daya serap benzena (8,84 – 36,43 %) (Hendra dan Pari, 1999) yang lebih tinggi. Perbedaan ini lebih disebabkan oleh karena dosis bahan pengaktif yang lebih tinggi. Rendahnya daya serap terhadap benzena ini menunjukkan bahwa permukaan arang aktif masih banyak mengandung senyawa non karbon yang berifat polar sehingga gas yang dapat diserap menjadi lebih sedikit.

Walaupun perlakuan konsentrasi tidak menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap besarnya daya serap, tetapi dari data terlihat bahwa makin tinggi konsentrasi bahan pengaktif daya serapnya makin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa hasil dekomposisi bahan pengaktif seperti NH_3 dan CO_2 banyak yang terikat kisi kristalit permukaan arang aktif.

2. Daya serap terhadap gas amonia (NH_3)

Daya serap arang aktif terhadap gas amonia berkisar antara 13,96 – 36,22 % (Tabel 1). Daya serap terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,05 % dan yang tertinggi dengan perlakuan $(NH_4)_2CO_3$ 0,05 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan pengaktif dan konsentrasinya tidak berpengaruh terhadap daya serap terhadap amonia yang dihasilkan. Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator yang menghasilkan daya serap sebesar 23,89 % dan arang aktif komersial sebesar 25,44 %, maka hasilnya tidak jauh berbeda kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula fruktosa yang menghasilkan daya serap sebesar 49,98 %. Besarnya daya serap terhadap amonia yang diaktivasi dengan $(NH_4)_2CO_3$ ini disebabkan oleh porositas

dan pada permukaan arang aktif masih terdapat gugus karboksilat yang bersifat asam sehingga dapat lebih banyak menyerap amonia, reaksi yang terjadi disini adalah reaksi kimia.

3. Daya serap terhadap kloroform (CHCl_3)

Daya serap arang aktif terhadap gas kloroform berkisar antara 12,58 – 18,75 % (Tabel 1). Semua angka daya serap ini tidak ada yang memenuhi standar Departemen Kesehatan (Anonim, 1972) karena daya serapnya kurang dari 40 %. Daya serap terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,05 % dan yang tertinggi dengan perlakuan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 0,075 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan pengaktif dan konsentrasinya tidak berpengaruh terhadap daya serap terhadap kloroform yang dihasilkan. Apabila dibandingkan dengan arang aktif tanpa aktivator yang menghasilkan daya serap sebesar 21,23 % dan arang aktif komersial sebesar 23,05 %, maka hasilnya tidak jauh berbeda kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula fruktosa yang menghasilkan daya serap sebesar 33,38 %, begitu juga dengan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang menghasilkan daya serap antara 12,30 – 37,60 % (Hendra dan Pari, 1999). Rendahnya daya serap terhadap kloroform ini disebabkan oleh masih adanya senyawa non karbon yang menutupi pori-pori arang aktif yang tidak keluar pada waktu aktivasi, sehingga luas permukaan arang aktif relatif kecil dan gas yang diserap lebih sedikit. Selain itu disebabkan juga oleh besarnya molekul gas kloroform yang kurang dari 10 Angstrom dan bentuk arang aktif yang asimetris menyebabkan gas yang teradsorpsi tidak terikat kuat pada pori-pori arang aktif.

4. Daya serap terhadap karbon tetra klorida (CCl_4)

Daya serap arang aktif terhadap gas karbon tetra klorida berkisar antara 14,07 – 26,64 % (Tabel 1). Semua angka daya serap ini tidak ada yang memenuhi standar Jepang (Anonim, 1969) karena daya serapnya kurang dari 60 %. Daya serap terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,05 % dan yang tertinggi dengan perlakuan NH_4HCO_3 0,01 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan pengaktif dan konsentrasinya tidak berpengaruh terhadap daya serap karbon tetra klorida yang dihasilkan. Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator yang menghasilkan daya serap sebesar 18,49 % dan arang aktif komersial sebesar 25,58 %, maka hasilnya tidak jauh berbeda kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula fruktosa yang menghasilkan daya serap sebesar 44,34 %. Besar kecilnya daya serap terhadap karbon tetra klorida lebih banyak ditentukan oleh tingkat kepolaran permukaan arang aktif, makin besar daya serap CCl_4 menunjukkan permukaan arang aktif sedikit mengandung senyawa yang bersifat polar seperti fenol, aldehid dan karboksilat.

G. Daya Serap Terhadap Larutan

1. Daya serap terhadap yodium

Daya serap arang aktif terhadap yodium berkisar antara 553,5 – 799,5 mg/g (Tabel 1). Semua angka daya serap yang dihasilkan memenuhi standar AWWA

(Anonim, 1978) karena daya serapnya lebih dari 500 mg/g, sehingga dapat digunakan untuk menjernihkan air. Tetapi apabila dibandingkan dengan kriteria yang dikeluarkan SNI (Anonim, 1995) maka yang memenuhi standar adalah hanya arang aktif yang diaktivasi oleh NH_4HCO_3 0,01 % dan arang aktif tanpa bahan kimia pengaktif karena daya serapnya lebih dari 750 mg/g. Daya serap terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,1 % dan yang tertinggi dengan perlakuan NH_4HCO_3 0,01 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan yang berpengaruh terhadap besarnya daya serap arang aktif terhadap yodium adalah konsentrasi bahan pengaktif, di mana makin tinggi konsentrasi terlihat daya serapnya makin turun. Penurunan ini disebabkan oleh terjadinya erosi pada dinding pori karena terkikis oleh uap karbon dioksida, amonia dan uap air hasil dekomposisi bahan pengaktif. Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator yang menghasilkan daya serap sebesar 715,75 mg/g dan arang aktif komersial sebesar 530,34 mg/g maka hasilnya tidak jauh berbeda, begitu juga dengan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang daya serapnya antara 380,9 – 770,7 mg/g (Hendra dan Pari, 1999) kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula fruktosa yang menghasilkan daya serap yang lebih tinggi karena daya serapnya sebesar 915,84 mg/g. Besarnya daya serap terhadap yodium memberikan petunjuk terhadap banyak dan besarnya diameter pori arang aktif yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih dari 10 Angstrom.

2. Daya serap terhadap metilin biru

Daya serap arang aktif terhadap metilin biru berkisar antara 107,0 – 137,7 mg/g (Tabel 1). Dari besarnya daya serap ini yang memenuhi kriteria SNI (Anonim, 1995) adalah arang aktif yang diaktivasi oleh NH_4HCO_3 dengan konsentrasi 0,01 % dan 0,075 % serta bahan pengaktif $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ dengan konsentrasi 0,01 % dan 0,05 % karena daya serapnya lebih dari 120 mg/g. Daya serap terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,05 % dan yang tertinggi dengan perlakuan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 0,025 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) ternyata semua perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh terhadap besarnya daya serap arang aktif terhadap metilin biru.

Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator yang menghasilkan daya serap sebesar 124,98 mg/g dan arang aktif komersial sebesar 99,88 mg/g maka hasilnya tidak jauh berbeda kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula fruktosa yang menghasilkan daya serap yang lebih tinggi karena daya serapnya sebesar 299,57 mg/g. Apabila dibandingkan dengan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang menghasilkan daya serap antara 16,22 – 144,8 mg/g (Hendra dan Pari, 1999) maka arang aktif hasil penelitian masih lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa bahan pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ dosis rendah membentuk pori-pori yang lebih banyak dibanding bahan pengaktif yang sama dengan dosis tinggi. Besarnya daya serap terhadap metilin biru memberikan petunjuk terhadap banyak dan besarnya diameter pori arang aktif yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih dari 15 Angstrom.

H. Luas Permukaan Arang Aktif

Luas permukaan arang aktif 396,22 – 510,65 m²/g (Tabel 1). Luas permukaan terendah diperoleh dari arang aktif yang diaktivasi NH₄HCO₃ 0,1 % dan yang tertinggi dengan perlakuan (NH₄)₂CO₃ 0,025 %. Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 2) ternyata semua perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh terhadap besarnya luas permukaan arang aktif.

Apabila dibandingkan dengan tanpa aktivator yang menghasilkan luas permukaan sebesar 463,41 m²/g dan arang aktif komersial sebesar 370,36 m²/g maka hasilnya tidak jauh berbeda kecuali arang aktif komersial yang digunakan oleh pabrik gula fruktosa yang menghasilkan daya serap yang lebih tinggi karena luas permukaannya sebesar 1109,68 m²/g. Rendahnya luas permukaan arang aktif berkaitan dengan kandungan abu yang cukup tinggi yang menyebabkan pori-pori permukaan arang aktif yang terbentuk tertutup atau sebagian terisi oleh mineral. Selain itu disebabkan juga oleh terjadinya erosi pada dinding pori di antara celah pori yang terbentuk selama proses aktivasi (Heng, *et al*, 1985).

Tabel 3. Kualitas air sumur setelah penjernihan
Table 3. Well water quality after purification

Parameter	Sebelum penjernihan (Before purification)	Dijernihkan dengan/purified with		
		NH ₄ HCO ₃	(NH ₄) ₂ CO ₃	Standard
1. pH	6,99	8,00	8,17	6,5-9,0
2. Fe (mg/L)	4,919	0,00	0,00	1,0
3. Zn (mg/L)	0,031	0,00	0,00	15,0
4. Mn (mg/L)	7,780	6,160	5,360	0,5

I. Penjernihan Air Sumur

Arang aktif yang digunakan untuk menyerap kation pada air sumur adalah arang aktif yang memiliki daya serap yodium tertinggi yaitu dengan perlakuan NH₄HCO₃ 0,01 % dan (NH₄)₂CO₃ 0,01 % sebagai pembanding bahan pengaktif. Hasil pengamatan secara visual terlihat bahwa air sumur awal berwarna kuning, setelah dijernihkan dengan arang aktif menjadi tidak berwarna (bening). Dari Tabel 3 terlihat bahwa pH air sebelum dijernihkan adalah sebesar 6,99. Setelah dijernihkan dengan arang aktif yang diaktivasi NH₄HCO₃ 0,01 % pH nya menjadi 8,00 dan yang dijernihkan dengan (NH₄)₂CO₃ 0,01 % pH nya menjadi 8,17. Peningkatan nilai pH air ini disebabkan oleh adanya kation dalam arang aktif yang terlarut ke dalam air, dan lebih besarnya nilai pH dari (NH₄)₂CO₃ lebih disebabkan komposisi dari bahan pengaktif tersebut yang kandungan NH₄ nya lebih besar dibandingkan bahan pengaktif NH₄HCO₃. Hasil pengukuran pH ini masih berada pada nilai pH untuk air bersih menurut Departemen Kesehatan (Anonim, 1990).

Kandungan Fe dan Zn setelah dijernihkan arang aktif memberikan hasil yang memuaskan yaitu menjadi tidak terdeteksi (100 % teradsorpsi) atau

menjadi 0,0 mg/l dari 4,919 mg/l untuk Fe dan 0,031 mg/l untuk Zn. Sedangkan untuk kandungan Mn terjadi penurunan dari 7,78 mg/l menjadi 6,160 mg/l (20,82 % teradsorpsi) yang dijernihkan dengan NH_4HCO_3 dan menjadi 5,36 mg/l (31,11 % teradsorpsi) yang dijernihkan oleh $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Walaupun terjadi penurunan, tetapi angka ini tidak memenuhi syarat baik untuk air minum maupun air bersih karena kadar Mn nya lebih dari 0,5 mg/l (kadar maksimum yang diperbolehkan) (Anonim, 1990). Tidak terserapnya kation Mn secara maksimal selain disebabkan oleh bentuk pori yang asimetris juga oleh pori-pori arang aktif yang ada telah penuh terisi kation Fe dan Zn sehingga tidak mampu menyerap Mn lagi.

Tabel 4. Total hasil bilangan yodium arang aktif sabut kelapa sawit
Table 4. Total yield of iodine index for activated charcoal from palm tree bast

Bahan pengaktif (Activator agent)	Konsentrasi (Concentration),%	Ren	DS.I	Hasil bilangan yodium (Total iodine index yield), mg/g
NH_4HCO_3	0,010	15,30	782,53	120,18
		16,67	816,42	136,09
	0,025	11,17	554,86	61,97
		12,67	710,51	90,02
	0,050	11,65	572,05	66,64
		11,33	578,32	65,52
	0,075	14,23	627,89	89,34
		10,33	615,02	63,53
	0,100	11,67	594,84	69,41
		9,667	512,23	49,51
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	0,010	12,00	717,18	86,06
		9,500	593,67	56,40
	0,025	12,33	693,98	85,56
		9,000	645,21	58,06
	0,050	13,33	682,79	91,01
		6,333	600,42	37,82
	0,075	11,33	572,98	64,91
		9,167	697,48	63,93
0,100	10,83	619,53	67,10	
	8,167	551,82	45,08	
Kontrol (Control)		13,33	715,75	95,40
		14,33	718,16	102,91

J. Kondisi Optimum Pembuatan Arang Aktif

Kondisi optimum didefinisikan sebagai kondisi yang dapat memberikan hasil arang aktif terbaik yang didasarkan atas rendemen dan daya serap terhadap yodium (Hartoyo, *et al.* 1990). Dari hasil perhitungan (Tabel 4) terlihat bahwa kondisi optimum untuk membuat arang aktif dari sabut kelapa sawit adalah arang aktif yang diaktivasi NH_4HCO_3 0,01 % yang menghasilkan total bilangan yodium sebesar 128,13 mg/g. Pada kondisi ini rendemen arang aktif sabut kelapa sawit yang dihasilkan sebesar 15,99 %, kadar air 0,10 %, zat terbang 24,85 %, abu 31,85 %, karbon 43,21 %, daya serap terhadap C_6H_6 13,33 %, CHCl_3 16,28 %, NH_3 26,65 %, CCl_4 26,64 %, I_2 799,5 mg/g dan daya serap terhadap metilin biru 124,97 mg/g serta luas permukaan sebesar 463,41 m^2/g .

IV. KESIMPULAN

Sabut kelapa sawit dapat dibuat menjadi produk arang aktif. Kualitas arang aktif yang terbaik diperoleh dari sabut kelapa sawit yang diaktivasi oleh NH_4HCO_3 0,01 % yang menghasilkan rendemen arang aktif sebesar 15,99 %, kadar air 0,10 %, zat terbang 24,85 %, abu 31,85 %, karbon 43,21 %, daya serap terhadap C_6H_6 13,33 %, CHCl_3 16,28 %, NH_3 26,65 %, CCl_4 26,64 %, I_2 799,5 mg/g dan daya serap terhadap metilin biru 124,97 mg/g serta luas permukaan sebesar $463,41 \text{ m}^2/\text{g}$.

Arang aktif dari sabut kelapa sawit yang dihasilkan dapat menarik logam Fe, dan Zn pada tingkat lebih baik dari Mn yang terdapat di dalam air sumur menjadi memenuhi syarat kualitas air bersih, tetapi untuk Mn yang kadarnya masih tinggi belum dapat memenuhi standar air bersih. Indikator lainnya adalah warna air sumur yang semula berwarna coklat berubah menjadi bening.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1951. Active carbon in encyclopedia of chemical technology, Vol 6. The Interscience Encyclopedia Inc, New York.
- . 1972. Farmakope Indonesia 2nd Ed. Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- . 1967. Japanese Industrial Standard. Testing method for powdered activated carbon. JIS K 1474. Japanese Standard Association, Tokyo.
- . 1978. American water works association. Standard for powdered activated carbon. B 600-78. Colorado.
- . 1990. Daftar persyaratan kualitas air minum. Departemen Kesehatan, Jakarta.
- . 1995. Arang aktif teknis. Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Jakarta.
- 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
- Hendra, D dan G. Pari. 1999. Pembuatan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 17 (2): 113-122
- Heng, S., Verheyen, T.V., Perry, G.J., Mc Ailan. And J.A Harris. 1985. Effect of chemical pretreatment on carbonization of victorian brown coal. *Proceedings International Conference on Coal Science*, Sydney.
- Lubis, A., Guritno, P dan Darmoko. 1992. Prospek industri bahan baku limbah padat kelapa sawit di industri. *Berita Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, Medan.

- Pari, G. 1999. Karakterisasi arang aktif dari arang serbuk gergajian sengon dengan bahan pengaktif NH_4HCO_3 . Buletin Penelitian Hasil Hutan. 17 (2): 89-100.
- Smisek, M and S. Cerny. 1970. Active carbon. Manufacture, properties and application. Elsevier Publishing Company, New York.
- Sudjana. 1994. Desain dan analisis eksperimen. Tarsito, Bandung.
- Windholz, Martha, Budaavari, S., Rosemary, F.B. and E.S. Otterbein. 1983. The merck index. Published by Merck and Co Inc, Rahway, New York.