

OPTIMASI SUHU DAN LAMA AKTIVASI DENGAN ASAM PHOSFAT DALAM PRODUKSI ARANG AKTIF TEMPURUNG KEMIRI

Optimation on Temperature and time activation with Phosphoric Acid to Produce Candlenut shell Activated Charcoal

Saptadi DARMAWAN¹, Gustan PARI², Kurnia SOFYAN³
Corresponding Author : saptadi_darma@yahoo.com

ABSTRACT

Candlenut shell as a lignocelullose raw material is a potential by-product for produce activated charcoal. It's quality are affected by raw material and activated process i.e. temperature, activation time and activating agent. This paper intends to study the properties of activated charcoal made from candlenut shell. Candlenut shell was carbonization at 500 °C for 5 hour. Then activated using phosphoric acid in three different temperatures: 600 °C, 700 °C and 800 °C, in the duration time of 90, 120 and 150 minutes. The result shows that candlenut shell activated charcoal more influence of temperature than activation time. Overall, the activated charcoal met the Indonesian Standard requirement for commercialised activated charcoal with optimation activation at 800 °C for 120 minute.

Keywords : *Candlenut shell, activated charcoal, optimation, activation, phosphoric acid*

PENDAHULUAN

Mutu permukaan arang aktif yang dihasilkan sangat bergantung pada bahan baku, bahan pengaktif, suhu dan cara pengaktifannya (Bonelli *et al.* 2001; Bansode *et al.* 2003; Ismadji *et al.* 2005;). Pada pembuatan arang aktif terdapat dua cara yaitu melalui aktivasi secara fisik dan kimia. Aktivasi fisik dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama karbonisasi dan kedua aktivas, sedangkan aktivasi secara kimia, bahan diimpregnasi terlebih dahulu dengan bahan pengaktif kemudian dikarbonisasi (Hayashi *et al.* 2002).

Pengaruh utama aktivasi arang dengan uap panas adalah untuk menciptakan dan memperluas pori arang. Jadi jelas bahwa aktivasi dengan uap panas tidak hanya memindahkan material yang tidak dikelola tetapi juga cukup efektif dalam membentuk dan melebarkan mikropori dengan naiknya suhu. Kenaikan suhu dari 750 °C ke 800 °C

meningkatkan volume mikropori arang aktif. Pada batas tertentu peningkatan suhu justru akan menurunkan volume mikroporinya (Bansode *et al.* 2003; Ismadji *et al.* 2005; Pari *et al.* 2006).

Sebelum diaktivasi, arang dapat direndam menggunakan bahan pengaktif seperti H₃PO₄, NH₄HCO₃, KOH, dan NaOH yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas arang aktif yang dihasilkan. Bahan tersebut berfungsi sebagai *dehydrating agents* dan *oxidants*. Girgis *et al.* (2002), mengemukakan bahwa H₃PO₄ sebagai agen aktivasi akan memberikan hasil terbaik jika dibandingkan dengan ZnCl₂ dan KOH. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu dan lama aktivasi yang optimal dalam pembuatan arang aktif tempurung kemiri.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku tempurung kemiri yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Mataram Nusa Tenggara Barat. *Retort* (tanur) aktivasi berbentuk silinder yang terbuat dari bahan baja tahan karat kapasitas 300 g dengan pemanas listrik digunakan untuk membuat arang aktif.

Metode Penelitian

Pembuatan arang

Arang tempurung kemiri dibuat menggunakan *retort* pirolisis dengan pemanas listrik pada suhu 500 °C selama 5 jam kemudian didinginkan 12-24 jam. Arang yang dihasilkan dianalisis sifat-sifatnya berdasarkan SNI 06-3730 1995 yang meliputi penetapan rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan daya jerap terhadap benzena, karbon tetraklorida (CCl₄), kloroform, formaldehid dan yodium.

Pembuatan Arang Aktif

Arang aktif tempurung kemiri direndam dalam larutan asam fosfat teknis sebanyak 10% (b/v) selama 24 jam. Arang tersebut kemudian ditiriskan dan diaktivasi menggunakan *retort* kapasitas 300 g. Aktivasi dilakukan pada suhu 600 °C,

¹ Balai Penelitian Kehutanan Mataram

² Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor

³ Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor

700 °C dan 800 °C, masing-masing selama 90, 120 dan 150 menit dengan laju aliran uap 0,5 kg/jam. Arang aktif yang dihasilkan dianalisis sifat-sifatnya berdasarkan SNI 1995 yang meliputi penetapan rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan daya jerap terhadap benzena, karbon tetraklorida (CCl₄), kloroform, formaldehid dan yodium.

Analisis Data

Rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, daya jerap terhadap benzena, karbon tetraklorida, kloroform, formaldehid dan yodium arang aktif tempurung kemiri dianalisis menggunakan rancangan acak lengkap faktorial, dengan perlakuan suhu (S) dan lama (W) aktivasi masing-masing tiga taraf yaitu 600, 700, 800 °C dan 90, 120 dan 150 menit. Setiap pengamatan diulang sebanyak 2 kali, kemudian dilanjutkan dengan uji beda Duncan (Matjik dan Sumertajaya 2002). Model persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + W_j + (sw)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada faktor suhu taraf ke-i, faktor lama aktivasi taraf ke-j dan ulangan ke k,

μ = Komponen aditif dari rata-rata,

S_i = Pengaruh utama faktor suhu aktivasi

W_j = Pengaruh utama faktor lama aktivasi

$(sw)_{ij}$ = Interaksi dari faktor suhu dan lama aktivasi

ε_{ijk} = Pengaruh acak yang menyebar normal (0, σ^2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arang Tempurung Kemiri

Pembuatan arang tempurung kemiri pada penelitian ini menghasilkan rendemen 50%, sifat arang tersebut memiliki kadar air 2,73%, kadar abu 2,72%, kadar zat terbang 11,97% dan kadar karbon terikat 85,29%. Keseluruhan sifat arang tersebut telah memenuhi Standar Nasional Indonesia. Apabila

dibandingkan dengan persyaratan yang dikemukakan oleh Smisek dan Cerny (1970) maka kadar abu pada penelitian ini belum memenuhinya. Selanjutnya dilihat dari nilai kadar karbon terikatnya maka arang tempurung kemiri memenuhi syarat untuk dijadikan arang aktif karena Smisek dan Cerny (1970) mensyaratkan kadar karbon minimal 70%. Kadar karbon pada arang ini akan berpengaruh terhadap rendemen dan mutu arang aktifnya.

Daya jerap arang tempurung kemiri pada penelitian ini adalah sebagai berikut: daya jerap terhadap benzena 4,47%, karbon tetraklorida 4,47%, kloroform 10,97%, formaldehid 7,48% dan yodium 191 mg/g. Keseluruhan daya jerap tersebut masih lebih rendah apabila dibandingkan dengan arang aktifnya. Hal tersebut terjadi karena mikropori pada arang belum terbuka seluruhnya, banyaknya senyawa kimia yang terdapat pada arang, tingginya kadar abu, zat terbang serta rendahnya kadar karbon.

Sifat Arang Aktif Tempurung Kemiri

Rendemen

Rendemen arang aktif berkisar antara 50,50 dan 88,50%. Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rendemen arang aktif dipengaruhi suhu aktivasi. Semakin tinggi suhu aktivasi maka rendemennya berkurang. Hal ini terjadi karena zat terbang pada arang yang sedang diaktivasi akan lebih banyak keluar dan yang tertinggal pada arang aktif menjadi lebih sedikit, dan juga semakin besar kotoran yang dapat dikeluarkan dari pori-pori arang aktif bahkan ada kemungkinan terjadinya erosi pada dinding pori. Selain itu juga terjadi reaksi yang lebih intensif antara karbon (C) dengan uap air (H₂O) membentuk senyawa radikal bebas dalam bentuk gas, sehingga jumlah atom karbon yang tersisa pada arang menjadi lebih sedikit (Pari et al. 2008). Dibandingkan dengan hasil penelitian pembuatan arang aktif tempurung kemiri yang dilakukan oleh Hendra dan Darmawan (2006), maka rendemen yang diperoleh pada penelitian ini tidak jauh berbeda (Tabel 1)

Tabel 1. Sifat arang aktif tempurung kemiri

No.	Aktivasi		Rendemen (%)	Kadar (%)			
	Suhu (°C)	Waktu (Menit)		Air	Abu	Zat Terbang	Karbon Terikat
1.	600	90	88,50	4,19	1,15	7,47	91,38
2.	700	90	75,00	8,35	1,10	6,78	92,12
3.	800	90	80,50	5,86	1,57	5,82	92,61
4.	600	120	73,25	5,59	1,22	7,71	91,07
5.	700	120	79,00	4,16	2,03	8,21	89,78
6.	800	120	60,25	5,80	1,34	5,34	93,35
7.	600	150	80,50	4,58	1,10	8,11	90,79
8.	700	150	73,25	8,30	1,37	6,88	91,76
9.	800	150	50,50	5,27	1,67	5,48	92,86
SNI 06-3703-1995				< 15	< 10	< 25	> 65

Keterangan : * Pari et al. 2006

Selanjutnya hasil analisis uji beda Duncan (Tabel 4) menunjukkan bahwa antara suhu aktivasi 600 °C dan 700 °C, rendemen yang dihasilkan relatif sama yaitu 80,75% dan 75,75%, perbedaan hanya terjadi suhu aktivasi 800 °C dengan rendemen

Kadar Air

Kadar air arang aktif tempurung kemiri berkisar antara 4,16-8,35%. Nilai kadar air tersebut telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu di bawah 15%. Kadar air tertinggi dihasilkan dari arang aktif yang dibuat pada suhu 700 °C dengan lama aktivasi 90 menit dan terendah dihasilkan pada suhu aktivasi 600 °C selama 90 menit.

Berdasarkan analisis sidik ragam (Tabel 3) perlakuan suhu, lama aktivasi dan interaksinya tidak berpengaruh nyata. Kadar air pada arang aktif lebih disebabkan oleh sifat higroskopis arang aktif itu sendiri sehingga pada waktu proses pendinginan, uap air dari udara terjerap ke dalam pori (Pari *et al.* 2008).

Kadar Abu

Kadar abu arang aktif cukup rendah yaitu sebesar 1,10-2,03%. Kadar abu tertinggi dihasilkan dari arang aktif yang diaktivasi pada suhu 700 °C selama 120 menit dan terendah pada suhu aktivasi 700 °C selama 90 menit serta pada suhu 600 °C selama 150 menit. Keseluruhan kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi SNI yaitu dibawah 10%.

Peningkatan suhu aktivasi cenderung menaikkan kadar abu walaupun hasil analisis sidik ragam (Tabel 3) menunjukkan bahwa perlakuan suhu, lama aktivasi dan interaksinya tidak berpengaruh nyata. Pada arang aktif, kadar abu diupayakan sekecil mungkin karena akan menurunkan kemampuan daya jerapnya baik dalam bentuk gas maupun larutan. Kandungan abu dapat berupa kalsium, kalium, magnesium dan natrium yang dapat menutup dan menghalangi pori-pori arang aktif (Benaddi *et al.* 2002).

Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang arang aktif pada penelitian ini berkisar antara 5,34-8,21%. Aktivasi pada suhu 700 °C selama 120 menit menghasilkan kadar zat terbang tertinggi dan terendah dihasilkan pada suhu aktivasi 800 °C selama 120 menit. Kadar zat terbang pada penelitian ini telah memenuhi SNI (< 25%).

Semakin tinggi suhu aktivasi cenderung menurunkan kadar zat terbangnya dan pengaruhnya sangat nyata (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa zat terbang telah menguap pada suhu 600 °C sehingga pada suhu 700 °C dan 800 °C kadar zat terbang yang tersisa menjadi lebih sedikit.

Penentuan kadar zat terbang ini merupakan suatu cara untuk mengetahui seberapa besar permukaan arang aktif mengandung zat lain selain karbon sehingga mempengaruhi daya jerapnya (Pari *et al.* 2006). Selanjutnya hasil uji Duncan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kadar zat terbang arang aktif pada suhu 800 °C berbeda dengan suhu aktivasi lainnya.

Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon arang aktif berkisar antara 89,78-93,35%. Kadar karbon tertinggi dihasilkan pada suhu aktivasi 800 °C selama 120 menit dan terendah pada suhu 700 °C selama 120 menit. Kadar karbon terikat yang diperoleh telah memenuhi SNI yaitu di atas 65%.

Kadar karbon mempunyai hubungan yang tidak searah dengan kadar abu dan zat terbang. Pada kondisi suhu aktivasi 800 °C kandungan zat terbangnya relatif kecil sehingga kadar karbon yang dihasilkan lebih besar. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam pada Tabel 3, kadar karbon sangat dipengaruhi oleh suhu aktivasi. Selanjutnya dari hasil uji beda menunjukkan bahwa kadar karbon yang diaktivasi pada suhu 800 °C berbeda dengan suhu aktivasi lainnya.

Daya Jerap Arang Aktif Tempurung Kemiri

Kemampuan daya jerap arang aktif akan cenderung meningkat dengan bertambah tingginya suhu dan lama aktivasi. Meningkatnya suhu dan lama aktivasi menyebabkan semakin terbukanya pori. Perubahan struktur tersebut terjadi karena adanya dekomposisi senyawa hidrokarbon dan terbentuknya senyawa aromatik yang merupakan dasar penyusun struktur kristalin heksagonal arang aktif (Tanaka *et al.* 1996 dan Pari 2004). Sifat daya jerap arang aktif disajikan pada Tabel 2.

Daya Jerap Benzena dan Karbon Tetraklorida

Daya jerap arang aktif terhadap benzena dan karbon tetraklorida (CCl₄) berkisar 10,83-24,09% dan 7,09-30,78%. Benzena dan CCl₄ digunakan untuk menguji sifat ke non-polaran dari arang aktif, dimana benzena lebih bersifat non-polar dibandingkan dengan CCl₄ (Hendra dan Darmawan 2007). Daya jerap terhadap dua senyawa ini cenderung meningkat dengan bertambahnya suhu dan lama aktivasi tetapi kemampuan daya jerap terhadap benzena belum memenuhi standar SNI 06-3703-1995 yaitu minimal 25% (Tabel 2).

Molekul benzena berukuran kecil dan mudah menguap pada suhu ruangan. Berdasarkan sifat tersebut maka benzena digunakan untuk menguji kemampuan arang aktif dalam menyerap gas (Hendra dan Darmawan 2007). Rendahnya daya jerap terhadap benzena mengindikasikan bahwa arang aktif yang dihasilkan lebih bersifat polar.

Tabel 2. Daya jerap arang aktif tempurung kemiri

No.	Aktivasi		Benzina (%)	CCl ₄ (%)	Daya Jerap		
	Suhu (°C)	Waktu (menit)			Kloroform (%)	Formaldehid (%)	Yodium (mg/g)
1.	600	90	10,83	7,09	15,81	12,34	380,15
2.	700	90	13,52	12,45	21,04	17,75	608,93
3.	800	90	14,55	17,89	23,03	22,18	678,34
4.	600	120	10,90	7,94	16,33	13,69	489,45
5.	700	120	13,13	12,44	20,68	19,64	609,56
6.	800	120	17,69	24,76	27,45	32,42	829,51
7.	600	150	11,26	8,38	16,50	13,73	435,40
8.	700	150	13,53	12,43	21,74	17,66	611,05
9.	800	150	24,09	30,78	37,84	39,34	923,58
SNI			> 25	-	-	-	> 750

Keterangan : * Pari et al. 2006

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 3 menunjukkan bahwa suhu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap daya jerap terhadap benzena dan CCl₄. Selanjutnya hasil uji beda memperlihatkan bahwa daya jerap arang aktif terhadap benzena pada suhu aktivasi 800 °C berbeda nyata baik dengan suhu aktivasi 700 °C maupun 600 °C sedangkan diantara kedua suhu tersebut (700 °C maupun 600 °C) tidak berbeda nyata. Sementara daya jerap arang aktif terhadap CCl₄ pada setiap suhu aktivasi akan memberikan perbedaan nyata (Tabel 4).

Daya Jerap Kloroform dan Formaldehid

Daya jerap arang aktif terhadap kloroform (15,81-37,84%) dan formaldehid (12,34-39,34%) cenderung bertambah dengan meningkatnya suhu dan lama aktivasi. Dilihat dari kepolarannya, formaldehid lebih bersifat polar dibandingkan kloroform sehingga tingginya daya jerap terhadap formaldehid menunjukkan bahwa arang aktif lebih bersifat polar. Polaritas arang aktif dapat disebabkan oleh proses aktivasi dan penggunaan bahan pengaktif H₃PO₄.

Tabel 3. Sidik ragam sifat arang aktif tempurung kemiri

No.	Sifat	Perlakuan	F hitung	Pr > F
1.	Rendemen	A	5,61	0,0262*
		B	3,59	0,0714
		AB	1,89	0,1966
2.	Kadar air	A	0,80	0,4790
		B	0,19	0,8305
		AB	0,63	0,6505
3.	Kadar abu	A	2,18	0,1685
		B	0,86	0,4538
		AB	1,82	0,2088
4.	Kadar zat terbang	A	8,91	0,0073**
		B	0,26	0,7758
		AB	0,74	0,5863
5.	Kadar Karbon terikat	A	11,25	0,0036**
		B	1,10	0,3751
		AB	2,63	0,1053
6.	Daya jerap benzene	A	12,68	0,0024**
		B	2,34	0,1519
		AB	1,98	0,1807
7.	Daya jerap Formaldehid	A	12,98	0,0022**
		B	1,52	0,2702
		AB	1,15	0,3938
8.	Daya jerap kloroform,	A	19,77	0,0005**
		B	3,43	0,0782
		AB	2,58	0,1095
9.	Daya jerap karbon tetraklorida	A	39,41	0,0001**
		B	2,97	0,1022
		AB	2,25	0,1442
10.	Daya jerap yodium	A	73,95	0,0001**
		B	6,26	0,0197*
		AB	3,26	0,0653

Keterangan : A=Suhu aktivasi; B=Waktu aktivasi; AB=Interaksi; ** = Sangat nyata; * = Nyata

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 3) menunjukkan bahwa suhu aktivasi berpengaruh terhadap daya jerap terhadap kloroform dan formaldehid. Berdasarkan uji lanjut, setiap suhu aktivasi memberikan pengaruh yang berbeda pada daya jerap arang aktif terhadap kloroform, sedangkan daya jerap terhadap formaldehid pada suhu 700 °C dan 600 °C relatif sama (Tabel 3).

Daya Jerap Yodium

Tabel 2 menunjukkan bahwa daya jerap arang aktif terhadap yodium berkisar 380,15-923,58 mg/g. Daya jerap arang aktif terhadap yodium pada suhu 800 °C dengan lama aktivasi 120 dan 150 menit telah memenuhi SNI 06-3703-1995 yaitu diatas 750 mg/g. Pada suhu aktivasi rendah proses aktivasi atau pembentukan dan pembersihan pori berjalan belum sempurna.

Tabel 4. Hasil uji BNJ sifat arang aktif tempurung kemiri

No.	Sifat	Perlakuan dan nilai rata-rata		
1.	Rendemen (%)	s1 80,75	s2 75,75	s3 63,75
2.	Kadar zat terbang (%)	s3 5,55	s2 7,29	s1 7,77
3.	Karbon terikat (%)	s3 92,94	s2 91,22	s1 91,08
4.	Daya jerap benzene (%)	s3 18,78	s2 13,39	s1 11,00
5.	Daya jerap Formaldehid (%)	s3 31,31	s2 18,35	s1 13,25
6.	Daya jerap kloroform (%)	s3 29,42	s2 21,15	s1 16,22
7.	Daya jerap karbon tetraklorida (%)	s3 24,48	s2 12,44	s1 7,80
8.	Daya jerap yodium (%)	s3 810,48	s2 609,85	s1 435,0
		w3 656,68	w2 642,84	w1 555,81

Keterangan : s1 = 600 °C, s2 = 700 °C, s3 = 800 °C, w1 = 90 mnt, w2 = 120 mnt, w3 = 150 mnt
 ____ = Angka yang diberi garis bawah tidak berbeda nyata

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan suhu aktivasi memberikan pengaruh sangat nyata dan lama aktivasi pengaruhnya nyata sedangkan interaksinya tidak berbeda nyata (Tabel 3). Selanjutnya dari hasil uji beda

diketahui bahwa setiap suhu aktivasi berbeda nyata sedangkan lama aktivasi antara 120 dan 150 menit tidak berbeda nyata (Tabel 4).

Besarnya daya jerap arang aktif terhadap yodium menggambarkan semakin banyaknya struktur mikropori yang terbentuk dan memberikan gambaran terhadap besarnya diameter mikropori yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih besar dari 10 Amstrong (Smisek dan Cerny 1970; Yue *et al.* 2003). Hal ini juga mengindikasikan bahwa luas permukaan arang aktif semakin besar. Bahan pengaktif H₃PO₄ yang masih terperangkap di dalam arang juga akan menimbulkan struktur mikropori dan mesopori pada struktur bagian dalamnya. Dengan terbentuknya struktur mesopori maka luas permukaan dan volume pori arang semakin besar, hal ini dapat dilihat dari semakin besarnya daya jerap arang aktif terhadap yodium. Dengan demikian meningkatnya kondisi aktivasi akan membentuk struktur yang lebih amorf serta bersifat polar sehingga substansi yang dihasilkan dapat diaplikasikan sebagai menyerap emisi formaldehid yang juga bersifat polar.

Kondisi Terbaik Pembuatan Arang Aktif

Penentuan kondisi terbaik diperoleh dari hasil perkalian antara rendemen dengan daya jerap yodium (Hartoyo *et al.* 1990). Namun demikian tetap perlu mempertimbangkan nilai daya jerap yodium terutama untuk beberapa aplikasi tertentu. Pada Standar Nasional Indonesia daya jerap yodium yang diperkenankan minimal 750 mg/g.

Kondisi terbaik proses pembuatan arang aktif pada penelitian ini diperoleh pada suhu 800 °C dengan lama waktu aktivasi 90 menit. Pada kondisi ini rendemen yang dihasilkan sebesar 80,5% dan daya jerap yodium 678,34 mg/g. Apabila daya jerap yodium arang aktif yang dipersyaratkan untuk penggunaan tertentu lebih dari 750 mg/g maka kondisi aktivasi yang optimum adalah pada kondisi suhu aktivasi 800 °C dengan lama aktivasi 120 menit. Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa suhu aktivasi lebih menentukan kondisi terbaik dibandingkan dengan lama aktivasi.

Tabel 5. Kondisi terbaik pembuatan arang aktif tempurung kemiri

No.	Aktivasi		
	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Kondisi terbaik
1.	600	90	336,43
2.	700	90	456,70
3.	800	90	546,06
4.	600	120	358,52
5.	700	120	481,55
6.	800	120	499,78
7.	600	150	350,50
8.	700	150	447,59
9.	800	150	466,41

KESIMPULAN

Arang tempurung kemiri pada penelitian ini memiliki rendemen 50%, kadar air 2,73%, kadar abu 2,72%, kadar zat terbang 11,97% dan kadar karbon terikat 85,29%. Berdasarkan parameter tersebut maka arang tempurung kemiri dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif.

Sifat-sifat arang aktif lebih dipengaruhi oleh suhu dibandingkan dengan lama aktivasi. Suhu aktivasi berpengaruh terhadap sifat rendemen, kadar zat terbang, kadar karbon terikat dan keseluruhan daya jerap arang aktif, sedangkan lama aktivasi hanya berpengaruh terhadap daya jerap terhadap yodium.

Kondisi optimum pembuatan arang aktif tempurung kemiri adalah pada suhu 800 °C dengan lama aktivasi 90 menit yaitu menghasilkan rendemen 80,50% dan daya jerap yodium 678,34mg/g, namun daya jerap yodiumnya belum memenuhi SNI. Kondisi optimum yang memenuhi standar SNI adalah pada suhu aktivasi 800 °C selama 120 menit. Sifat arang aktif tempurung kemiri yang dihasilkan bersifat polar sehingga dapat digunakan sebagai penyerap emisi formaldehid.

DAFTAR PUSTAKA

- Bansode RR, Losso JN, Marshall WE, Rao RM, Portier RJ. 2003. Adsorption of volatile organic compound by pecan shell- and almond shell-based granular activated carbons. *Bioresource Technology* 90: 175-184.
- Benaddi H, Bandosz TJ, Jagiello J, Schwarz JA, Rouzaud JN, Legras D, Benguin F. 2002. Surface functionality and porosity of activated carbon obtained from chemical activation of wood. *Carbon* 38: 669-674.
- Bonelli PR, Rocca PAD, Cerrela EG, Cukierman AL. 2001. Effect of pyrolysis temperature on composition, surface properties and thermal degradation rates of Brazil Nut shell. *Bioresource Technology* 76: 15-22.
- Girgis BS, Samya SY, Ashraf MS. 2002. Characteristic of activated carbon from peanut hulls in relation to condition of preparation. *Materials Letters*. 57(1): Abstrak.
- Hartoyo N, Hudaya, Fadli. 1990. Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan kayu bakau dengan cara aktivasi uap. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 8 (1): 8-16.
- Hayashi J, Horikawa T, Takeda I, Muroyama K, Ani FN. 2002. Preparing activated carbon from various nuthshell by chemical activation with K₂CO₃. *Carbon* 40: 2381-2386.
- Hendra D, Darmawan S. 2007. Sifat arang aktif dari tempurung kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 25(4): 291-302.
- Ismadji S, Sudaryanto Y, Hartono SB, Setiawan LEK, Ayucitra A. 2005. Activated carbon from char obtained from vacuum pyrolysis of teak dust: pore structure development and characterization. *Bioresource Technology* 96: 1364-1369.
- Matjik AA, Sumertajaya IM. 2002. Perancangan percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab, Jilid I. Bogor. IPB Press.
- Pari G, Hendra D, Pasaribu RA. 2006. Pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat terhadap mutu arang aktif kulit kayu *Acacia mangium*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 24(1):33-46.
- Pari G, Hendra D, Pasaribu RA. 2008. Peningkatan Mutu Arang Aktif Kulit Kayu Mangium. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 26(3):214-227.
- Smisek M, Cerny. 1970. Activated carbon: Manufacture, properties and application. Elsevier Publishing Company, New York.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1995. Arang aktif teknis. SNI 06-3730-1995. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2005. Emisi formaldehid pada panel kayu. SNI 01-7140-2005. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Yue Z, Economy J, Mangun CL. 2003. Preparation of fibrous porous materials by chemical activation 2. H₃PO₄ activation of polymer coated fibres. *Carbon* 41: 1809-1817.