

PENGARUH SUHU DAN KONSENTRASI ZAT PENGAKTIF NaCl TERHADAP KUALITAS RENDEMEN DAN DAYA SERAP ARANG AKTIF

Ganjar Andaka¹, Tri Astuti²

ABSTRACT

Coffee shell contains a lot of cellulose which can be used as a raw material to produces activated carbon. The demand of activated carbon tends to increase because it is used for a great variety of purposes, including the decolorizing of solutions of sugar, industrial chemicals, drugs, and dry-cleaning liquids, water purification, refining of vegetable and animal oils, and in recovery of gold and silver from cyanide ore-leach solutions.

This investigation studied effect of temperture and concentration of sodium chloride (as activator) on yield (rendement) and adsorption potential of activated carbon. In this investigation, coffee shell was dipped into the solution of sodium chloride with certain concentration and then it was carbonized into the muffle furnace. The carbon coke formed was then washed by using hot water and dried into the oven. The dried carbon coke was weighed and then tested the adsorption potential.

The results of this investigation show that the yield (rendement) and adsorption potential of activated carbon increase with increasing the concentration of sodium chloride, but above the sodium chloride concentration of 20% the yield and adsorption potential of activated carbon tend to decrease. While the adsorption potential of activated carbon increases with temperature of carbonization, the yield of activated carbon decreases with temperature of carbonization, but above the carbonization tempeature of 600°C the adsorption potential of activated carbon tends to decreases.

Keywords: *activated carbon, coffee shell, adsorption potential*

INTISARI

Kulit kopi mengandung serat yang cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan arang aktif. Kebutuhan akan arang aktif terus meningkat karena arang aktif dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain untuk proses decolorisasi pada industri pembuatan gula, industri-industri kimia, obat-obatan, pemurnian air, menyerap racun-racun pada minyak dan lemak, menghilangkan bau yang tidak sedap, dan lain-lain.

Penelitian ini mempelajari pengaruh suhu dan konsentrasi zat pengaktif NaCl terhadap kualitas randemen dan daya serap arang aktif. Penelitian ini dilakukan dengan cara kulit kopi direndam dalam larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu kemudian dilakukan proses karbonisasi di dalam *muffle furnace* sampai terjadi arang. Setelah waktu dan suhu yang ditentukan tercapai maka arang dicuci dengan air panas sampai bersih. Kemudian arang dikeringkan dalam oven, dan setelah kering ditimbang lalu diuji daya serapnya.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif maka semakin tinggi pula rendemen dan daya serap yang dihasilkan, tetapi pada konsentrasi zat pengaktif di atas 20%, rendemen dan daya serap menjadi turun. Semakin tinggi suhu pengarangan maka rendemen akan semakin turun sedangkan daya serapnya akan semakin tinggi, tetapi pada suhu pengarangan 600°C daya serapnya akan turun.

Kata Kunci: arang aktif, kulit kopi, daya serap

PENDAHULUAN

Sampai saat ini kopi belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat. Seperti yang telah kita ketahui bahwa dalam pengolahannya, kopi ha-

nya diambil biji kopinya, sedangkan kulitnya dibuang begitu saja.

Pada penelitian ini pembuatan arang aktif dilakukan secara kimia seperti banyak dilakukan pada pabrik-pabrik arang aktif. Hal ini disebabkan karena

^{1,2} Jurusan Teknik Kimia, FTI, ISTA Yogyakarta

prosesnya yang cepat dan sederhana. Teori yang mendasari penelitian ini adalah selulosa yang terkandung dalam kulit biji kopi mempunyai struktur rantai yang mirip dengan hidrokarbon dalam minyak bumi.

Bahan pengaktif yang digunakan dalam proses ini adalah NaCl dengan pertimbangan bahwa bahan ini merupakan senyawa yang dapat merusak ikatan atom C pada molekul selulosa. Selain itu, NaCl mudah didapat dan harganya lebih murah daripada bahan pengaktif lain.

Dengan mengaktifkan arang berarti zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan karbon dihilangkan, sehingga pori-pori tersebut menjadi terbuka dan mengakibatkan daya serap karbon yang dihasilkannya akan semakin besar. Demikian juga dengan ukuran partikel serbuk arang yang akan mempengaruhi adsorpsi dari garam-garam mineral saat perendaman, yaitu semakin halus serbuk arang maka akan semakin banyak garam mineral yang terserap.

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh suhu pengarangan dan konsentrasi zat pengaktif NaCl terhadap rendemen dan daya serap dalam pembuatan arang aktif dari kulit kopi.

Hasil pengolahan buah kopi adalah biji kopi sebagai produk utama dan limbah berupa pulpa (kulit buah) kopi, kulit tanduk kopi, lendir dan kotoran lainnya. Setiap satu kilogram bobot kering buah kopi terdiri dari 28.7% pulpa kering, 11.9% kulit tanduk, 55.4% biji kopi dan sekitar 4.9% dihasilkan lendir kering (Dewan Standardisasi Nasional, 1991).

Bagian dari kopi yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan arang aktif adalah kulit tanduk kering dengan komposisi sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi bahan pada kulit tanduk kering (Ellias, 1979)

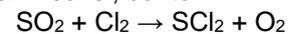
Bahan	Komposisi (%)
Serat kasar	77
Abu	0.5
Ekstrak Nitrogen	18.9

Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian akan

mempunyai daya serap yang tinggi (Hassler, 1941). Arang aktif merupakan arang yang berbentuk *amorf*, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas yang memiliki permukaan dalam (*internal surface*), dan permukaan yang luas yaitu antara 300 – 2000 m²/g sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik (Kirk & Othmer, 1964).

Beberapa manfaat dari arang aktif (Kirk & Othmer, 1964):

1. Membersihkan gula tebu dari pengotor dalam pemurnian gula.
Arang aktif digunakan pada industri pembuatan gula untuk menghilangkan warna dan juga untuk menyerap nitrogen yang terlarut dalam larutan gula.
2. Menyerap racun-racun pada minyak dan lemak yang akan dikonsumsi pada pemurnian minyak goreng.
3. Menghilangkan bau yang tidak sedap pada minuman beralkohol.
4. Menyerap *inert* pada pelarut sehingga meningkatkan konsentrasi pelarut.
5. Sebagai katalisator pada berbagai macam reaksi, contoh:



Molekul selulosa mempunyai sifat yang tidak berwarna, tidak larut dalam air, tetapi larut dalam larutan yang bersifat alkali dengan pelarut yang mengandung cobalt, nikel dan zink serta dalam larutan yang merupakan asam mineral kuat dengan konsentrasi tinggi (Grant & Grant, 1987).

Selulosa merupakan suatu struktur yang *fibrous*, sehingga mempunyai kemampuan adsorpsi yang tinggi jika diolah lebih lanjut. Hal ini yang menyebabkan selulosa dapat di pakai sebagai bahan baku untuk pembuatan arang aktif. Disamping itu selulosa mempunyai struktur rantai yang mirip dengan hidrokarbon dalam minyak bumi yang dapat di pecah menjadi suatu agregat karbon. Selulosa mempunyai mikropori sebesar 100.000 cm²/seratnya (permukaan yang mempunyai kemampuan adsorpsi tinggi) dan mengandung gugus karbonil yang sangat aktif (Kirk & Othmer, 1964).

Pirolisis adalah penguraian termal senyawa organik tanpa kehadiran oksigen. Bila molekul organik dipanaskan pa-

da temperatur yang tinggi maka ikatan sigma karbon-karbon akan robek dan molekul terpecah menjadi fragmen-fragmen radikal bebas (Fessenden & Fessenden, 1986).

Proses pirolisis dapat dilakukan dengan 2 cara (Kirk & Othmer, 1964):

1. Aktivasi kimia, yaitu dengan cara pengikisan karbon menggunakan bahan kimia sehingga permukaan aktif akan bertambah besar.
2. Aktivasi fisika, yaitu dengan cara mengalirkan gas pengaktif (H_2O atau CO_2) ke dalam karbon hasil proses karbonisasi.

Pada proses pirolisis, besarnya daya serap yang dimiliki arang aktif dipengaruhi oleh konsentrasi zat pengaktif, suhu dan lama pengarangan, serta lama perendaman kulit kopi (Yusianto dkk., 1999).

Zat pengaktif merupakan zat yang mampu mengaktifkan atom/molekul sehingga atom/molekul tersebut mampu menarik senyawa lain ke dalamnya. Pada penelitian ini digunakan NaCl sebagai media perendaman/pengaktifan. Media ini akan masuk ke dalam pori-pori selulosa. Adanya pemanasan akan memecah ikatan antar molekul dalam selulosa sehingga yang tersisa hanya arang (Kirk & Othmer, 1964).

Konsentrasi zat pengaktif yang digunakan berbeda-beda tergantung jenis bahan dan zat pengaktif itu sendiri. Sebagai contoh pada pembuatan karbon aktif dari tongkol jagung menggunakan konsentrasi NaCl 7% (Doni, 2001).

Pada penelitian ini dipakai NaCl sebagai pengaktif karena bahan ini cenderung lebih murah dibanding pengaktif lainnya seperti $ZnCl_2$ dan $FeCl_3$ (Kirk & Othmer, 1964). Untuk mempelajari pengaruh suhu pada karbon aktif, pada penelitian ini digunakan pengaktif dengan konsentrasi 10%.

Suhu optimum pengarangan tiap bahan berbeda-beda. Dari hasil penelitian, bahan kayu kruing memerlukan suhu $400^\circ C$ (Purnama dkk., 1998). Sedangkan untuk bahan tulang diperlukan suhu di sekitar $750 - 950^\circ C$ (Kirk & Othmer, 1964).

Pada penelitian ini dipakai suhu $400^\circ C$ di dalam mencari pengaruh konsentrasi terhadap daya serap dan ren-

demen arang aktif dengan alasan karena adanya selulosa pada kulit kopi seperti halnya dengan kulit kayu kruing.

Lama pemanasan berbeda-beda tergantung pada jenis dan jumlah bahan yang diolah, misal: kayu memerlukan waktu 10 jam, ampas tebu kira-kira 2 jam (Kirk & Othmer, 1964). Sedangkan pada kulit kayu kruing hanya memerlukan waktu 1 jam saja (Purnama dkk., 1998).

Berdasarkan penelitian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan pengarangan dengan beda waktu 15 menit untuk tiap-tiap percobaan yaitu 15, 30, 45, 60 dan 75 menit.

Tiap bahan memiliki lama perendaman yang berbeda-beda. Misalkan pada enceng gondok memerlukan waktu 15 menit. Sedangkan pada kayu kruing memerlukan waktu sampai 24 jam (Yusianto dkk, 1999).

Berdasarkan penelitian pendahuluan, untuk kulit kopi diperlukan perendaman selama 15 menit dan dipakai 20 gram kulit kopi untuk tiap 100 mL larutan garam.

Penelitian ini mempelajari pengaruh konsentrasi zat pengaktif dan suhu pengarangan pada proses pembuatan arang aktif dengan menggunakan zat pengaktif NaCl terhadap rendemen arang aktif dan daya serap. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan rendemen arang aktif adalah berat arang yang terbentuk dibagi dengan berat kulit kopi mula-mula; sedangkan yang dimaksud dengan daya serap adalah kemampuan arang aktif menyerap larutan iodium.

Bahan utama yang digunakan:

1. Kulit kopi yang diperoleh dari petani di daerah Kaliurang Yogyakarta.
2. NaCl sebagai bahan pengaktif yang diperoleh dari Pasar Demangan, Yogyakarta.

Bahan pendukung yang digunakan:

1. Iodium sebagai larutan yang ditambahkan ke dalam sampel untuk analisis daya serap.
2. Larutan thiosulfat untuk titrasi.
3. Amilum sebagai indikator dalam analisis daya serap.
4. Aquadest untuk mencuci arang.
5. Larutan $AgNO_3$ 0,1 N untuk menguji ada tidaknya ion khlor.

Bahan pendukung di atas diperoleh dari toko kimia Chemmix Pratama, Yogyakarta.

Alat-alat yang digunakan:

1. Gelas ukur
2. Becker glass
3. Erlenmeyer
4. Corong
5. Cawan porselin
6. Oven
7. Kompor listrik
8. Buret
9. Timbangan elektrik
10. Eksikator
11. Muffle furnace
12. Corong isap

Penelitian ini dilakukan dengan cara merendam kulit kopi sebanyak 20 gram dalam larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu selama 15 menit. Kemudian kulit kopi hasil rendaman dimasukkan ke dalam *muffle furnace* sampai terjadi arang. Setelah waktu dan suhu penga-rangan tercapai sampel dikeluarkan dari *muffle furnace* dan arang yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquadest panas sampai bersih. Setelah bersih filtrat di-tampung dalam erlenmeyer lalu ditetesi dengan AgNO₃ 0,1 N sebanyak 3 tetes untuk menguji ada tidaknya ion khlor. Bi-la masih ada ion khlor maka arang dicuci kembali. Arang yang telah bebas dari khlor kemudian dikeringkan dalam oven. Setelah kering hasilnya ditimbang sampai diperoleh berat yang konstan lalu dilakukan analisis untuk diuji daya serapnya.

Analisis bahan baku terdiri dari:

1. Penentuan kadar air (Sudarmadji dkk., 1984)

Ditimbang beberapa gram bahan dan dimasukkan dalam botol timbang yang sebelumnya sudah diketahui beratnya. Kemudian dikeringkan dalam oven 100 – 105°C selama ± 3 jam, lalu didinginkan dalam eksikator dan ditimbang. Bahan dipanaskan lagi dalam oven selama 3 menit, didinginkan dalam eksikator dan ditimbang lagi. Perlakuan ini diulang sampai didapat berat yang konstan. Pengurangan bahan merupakan banyaknya air di dalam bahan.

$$\text{Kadar air} = \frac{Wb - Wk}{Wb} \times 100\%$$

Keterangan:

Wb = berat bahan basah

Wk = berat bahan kering

2. Penentuan kadar abu (Sudarmadji dkk., 1984)

Ditimbang beberapa gram bahan dan dimasukkan dalam cawan porselin yang sebelumnya sudah diketahui beratnya. Kemudian dipanaskan dalam *muffle furnace* pada temperatur ± 800°C sampai menjadi abu. Lalu didinginkan dalam eksikator kemudian setelah dingin ditimbang.

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat bahan}} \times 100\%$$

Analisis hasil terdiri dari:

1. Rendemen Arang Aktif

Rendemen arang aktif dapat diketahui dengan membandingkan berat arang aktif (Wa) yang diperoleh dengan berat kulit kopi mula-mula (Wo).

$$\text{Rendemen} = \frac{Wa}{Wo} \times 100\%$$

2. Daya Serap (1969 Book ASTM Standard with Related Materials)

Arang aktif yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam oven sampai suhu 100°C, dan setelah waktu kurang lebih 15 menit, lalu didinginkan. Kemudian diambil sampel sebanyak 0,5 gram dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL. Ke dalam sampel ditambahkan larutan iodium yang telah distandardisasi sebanyak 50 mL. Erlenmeyer dikocok perlahan-lahan dan didiamkan selama 15 menit lalu disaring. Filtrat dititrasi dengan menggunakan larutan thiosulfat yang telah distandardisasi. Sebagai indikator digunakan amilum. Untuk pembandingan digunakan arang aktif standard yang diuji dengan cara yang sama seperti di atas.

$$\text{Daya serap} = \frac{(B - A)N}{Wa} \times 126,9 \times 100\%$$

Keterangan:

A = volume titrasi untuk sampel

B = volume titrasi untuk blanko

N = normalitas larutan thiosulfat

Wa = berat arang aktif

126,9 = berat equivalent iodium

PEMBAHASAN

Hasil analisa dan perhitungan yang diperoleh dari arang aktif yang ter-

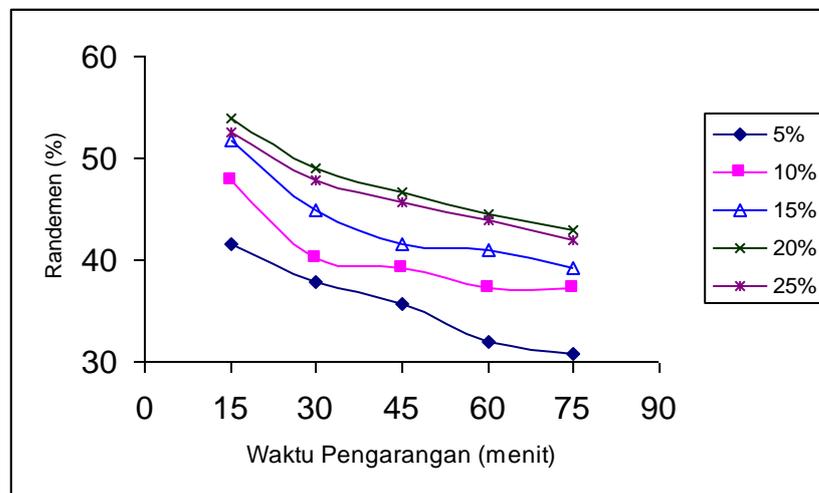
bentuk dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

1. *Pengaruh Konsentrasi Zat Pengaktif NaCl terhadap Rendemen Arang Aktif.*

Pengaruh konsentrasi zat pengaktif NaCl terhadap rendemen arang aktif dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 2 berikut ini.

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi zat pengaktif NaCl terhadap rendemen.
(berat kulit kopi = 20 gram; suhu = 400°C)

No	Konsentrasi (%)	Rendemen (%) pada berbagai waktu pengarangan				
		15 menit	30 menit	45 menit	60 menit	75 menit
1.	5	41,60	37,77	35,75	32,00	30,69
2.	10	47,77	40,23	39,14	37,17	37,17
3.	15	51,69	44,81	41,59	40,89	39,31
4.	20	53,90	48,96	46,70	44,47	42,90
5.	25	52,64	47,87	45,74	43,88	41,88



Gambar 2. Grafik hubungan konsentrasi zat pengaktif NaCl dengan rendemen.

Dari tabel 2 dan gambar 2 dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif NaCl maka rendemen yang dihasilkan akan semakin naik, tetapi pada konsentrasi zat pengaktif NaCl di atas 20% rendemen akan turun. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif NaCl maka semakin banyak arang aktif yang terbentuk, tetapi bila konsentrasi NaCl di atas 20%

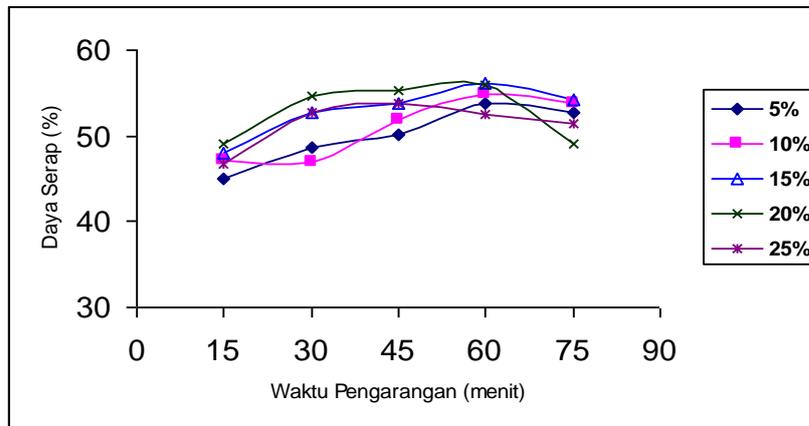
maka NaCl justru akan merusak struktur arang yang terbentuk sehingga rendemen menjadi turun.

2. *Pengaruh Konsentrasi Zat Pengaktif NaCl terhadap Daya Serap Arang Aktif*

Pengaruh konsentrasi zat pengaktif NaCl terhadap daya serap arang aktif dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 3.

Tabel 3. Pengaruh konsentrasi zat pengaktif NaCl terhadap daya serap
(berat kulit kopi = 0,5 gram, suhu = 400°C)

No	Konsentrasi (%)	Daya serap (%) pada berbagai waktu pengarangan				
		15 menit	30 menit	45 menit	60 menit	75 menit
1.	5	44,92	48,73	50,25	53,81	52,79
2.	10	47,21	46,95	51,77	54,82	53,81
3.	15	47,97	52,79	53,81	56,09	54,31
4.	20	48,98	54,57	55,33	55,84	48,98
5.	25	46,70	52,79	53,81	52,54	51,52



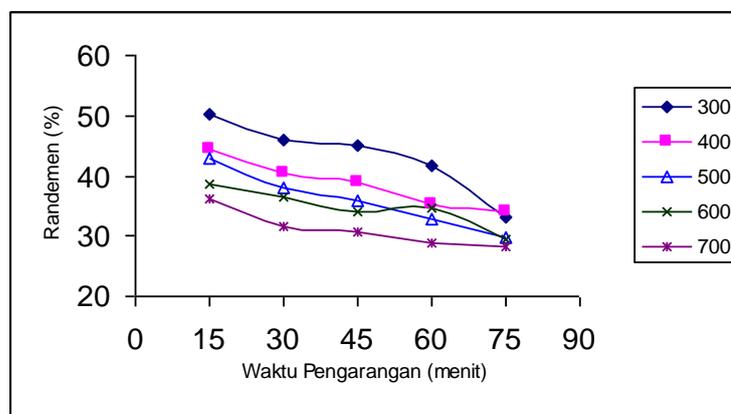
Gambar 3. Grafik hubungan konsentrasi zat pengaktif NaCl dengan daya serap

Dari tabel 3 dan gambar 3 dapat di-ketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif NaCl maka daya serapnya akan semakin tinggi, tetapi pada konsentrasi zat pengaktif NaCl di atas 20%, daya serapnya akan semakin turun. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi NaCl yang digunakan maka semakin banyak senyawa hidrokarbon yang terusir keluar. Senyawa NaCl yang menempel pada permukaan arang akan

menimbulkan pori-pori sehingga akan memperbesar luas permukaan arang. Semakin besar luas permukaan arang juga berarti akan memperbesar daya serap. Akan tetapi bila konsentrasi NaCl di atas 20% maka NaCl justru akan merusak struktur pori-pori arang yang terbentuk sehingga dapat menurunkan daya serapnya.

Tabel 4. Pengaruh suhu pengarangan terhadap rendemen.
 (berat kulit kopi = 20 gram, konsentrasi zat pengaktif NaCl = 10 %)

No	Suhu (°C)	Rendemen (%) pada berbagai waktu pengarangan				
		15 menit	30 menit	45 menit	60 menit	75 menit
1.	300	50,36	46,08	44,90	41,81	33,15
2.	400	44,36	40,31	39,02	35,13	34,10
3.	500	42,89	37,97	35,84	32,81	29,65
4.	600	38,69	36,34	33,94	34,56	29,35
5.	700	36,05	31,69	30,66	28,93	28,23



Gambar 4. Grafik hubungan suhu pengarangan dengan rendemen.

Hasil analisa dan perhitungan yang diperoleh dari arang aktif yang terbentuk dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

1. *Pengaruh Suhu Pengarangan terhadap Rendemen Arang Aktif*

Pengaruh suhu pengarangan terhadap rendemen arang aktif dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 4. Dari bagan tersebut dapat di-ketahui bahwa semakin tinggi suhu peng-arangan maka rendemen yang dihasilkan akan semakin turun. Hal ini berarti bahwa pengarangan pada suhu di atas 300°C maka pemben-

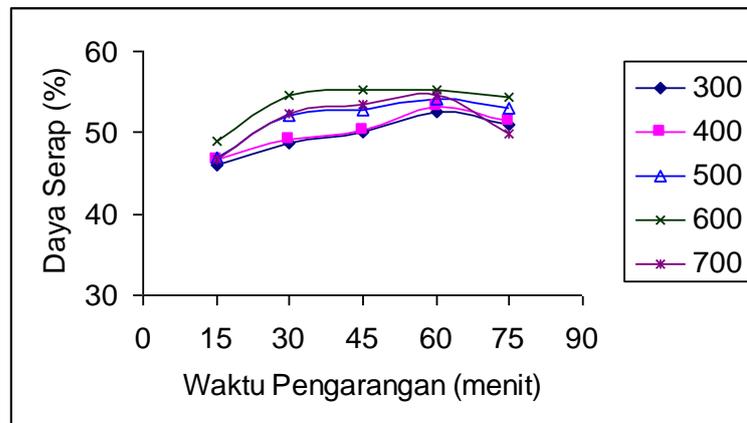
tukan arang justru mulai turun dan pada suhu pengarangan di atas 600°C banyak terbentuk gas-gas sebagai hasil samping proses penga-rangan dan rantai karbon pada selulosa yang diharapkan menjadi arang akan menjadi berkurang sehingga arang yang dihasilkan tersebut akan semakin sedikit.

2. *Pengaruh Suhu Pengarangan terhadap Daya Serap Arang Aktif*

Pengaruh suhu pengarangan terhadap daya serap arang aktif dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 5 di bawah ini.

Tabel 5. Pengaruh suhu pengarangan terhadap daya serap.
(berat kulit kopi = 0,5 gram; konsentrasi zat pengaktif NaCl = 10%)

No	Suhu (°C)	Daya serap (%) pada berbagai waktu pengarangan				
		15 menit	30 menit	45 menit	60 menit	75 menit
1.	300	45,94	48,73	49,99	52,53	51,01
2.	400	46,69	49,24	50,25	53,29	51,52
3.	500	46,95	52,03	52,79	54,06	53,04
4.	600	48,98	54,57	55,33	55,33	54,31
5.	700	46,69	52,28	53,55	54,57	49,74



Gambar 5. Grafik hubungan suhu pengarangan dengan daya serap.

Dari tabel 5 dan gambar 5 dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu pengarangan maka daya serapnya akan semakin tinggi, hal ini karena semakin tinggi suhu pengarangan akan menyebabkan semakin sempurna terbentuknya arang. Tetapi pada suhu pengarangan di atas 600°C daya serapnya akan turun; hal ini karena pada suhu pengarangan yang tinggi akan menyebabkan banyak struktur atom karbon pada arang yang

rusak sehingga kemampuan arang untuk menyerap menjadi berkurang.

KESIMPULAN

Kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif.

Konsentrasi zat pengaktif NaCl berpengaruh terhadap hasil rendemen dan daya serap yang dihasilkan, yaitu semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif NaCl maka rendemen dan daya serap yang dihasilkan akan semakin naik. Akan

tetapi bila konsentrasi zat pengaktif NaCl di atas 20% baik rendemen maupun daya serap menjadi turun.

Suhu pengarangan mempengaruhi hasil rendemen dan daya serap yang dihasilkan, yaitu semakin tinggi suhu pengarangan maka rendemen akan turun, sedangkan daya serap yang dihasilkan akan semakin tinggi. Akan tetapi bila suhu pengarangan di atas 600°C baik rendemen maupun daya serapnya menjadi turun.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewan Standardisasi Nasional, 1999, *Papan Partikel Datar, Standard Nasional Indonesia*, Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Doni, B.W., 2001, "*Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung*," Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.
- Ellias, L.G., 1979, *Chemical Composition of Coffee, Berry by Product*, pp. 11 – 16, New York.
- Fessenden, R. J. and Fessenden, J. S., 1989, *Kimia Organik*, 3 ed., jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Kirk. R. E. and Othmer, D. F., 1964, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed. Vol. 4, John Wiley & Sons, New York.
- Grant, R. and Grant, C., 1987, Grant & Hackh's *Chemical Dictionary*, 5th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- ASTM, 1969, "*1969 Book ASTM Standard with Related Materials, Part 28: Rubber, Carbon Black, Gaskets*," American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Purnama, D., Suhardi, Supranto, Hermi-niwati, dan Rufiq, R.Z., 1998, "*Optimasi Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Kayu Kruing sebagai Filler Arang Aktif*," Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan dan Gizi, Yogyakarta.
- Hassler, J. W., 1941, *Active Carbon – The Modern Purifier*, Githens – Sohl Corporation, New York.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi, 1984, *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty, Yogyakarta.
- Yusianto, Sukrisno. W., dan Sri, M., 1999, "*Studi Pembuatan Papan Partikel dari Kulit Kopi Kering*," Pelita Perkebunan, Bogor.