

STUDI PEMURNIAN GAMBIR (*Uncaria gambir* Roxb) DENGAN MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN

Norman Ferdinal, Bustanul Arifin, Sanusi Ibrahim

ABSTRAK

Penelitian mengenai Studi Pemurnian Gambir dengan Menggunakan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Adsorben telah selesai dilaksanakan dari bulan Agustus sampai Oktober 2003. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel dan konsentrasi aktivator $MgCl_2$ terhadap efektifitas arang aktif dan Menguji kemampuan arang aktif terbaik yang dihasilkan sebagai adsorben pada pemurnian gambir.

Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap: (Tahap 1) Pembuatan arang aktif dari berbagai ukuran : $>250\mu m$ (A1), $180\mu m < F \leq 250\mu m$ (A2), $125\mu m < F \leq 180\mu m$ (A3) dan $F \leq 125\mu m$ (A4) dan berbagai konsentrasi aktivator $MgCl_2$: 0% (B1), 20% (B2), 40% (B3), 60% (B4) dan 80% (B5). Penelitian (Tahap 2) Pengujian kualitas arang aktif meliputi Kadar air dan Daya serab Iod dan Penelitian (Tahap 3) Pengujian Arang Aktif sebagai Adsorben Pemurnian Gambir.

Dari pengujian terhadap kualitas arang aktif diperoleh bahwa arang aktif yang terbaik berasal dari arang kelapa sawit dengan ukuran $\leq 125\mu m$ dengan konsentrasi aktivator 20% $MgCl_2$ dengan kadar air 2.23% dan daya serab iod 3080.97 (mg/g). Rendemen gambir hasil pemurnian terbaik yang dihasilkan adalah 55.25% dengan kadar abu 1.303% dan kadar catechin 72.40%.

A. Pendahuluan

Walaupun Sumatera Barat merupakan satu-satunya eksportir gambir utama dunia, namun posisi tawar menawar (*bargaining power*) kita masih rendah. Harga gambir yang dinikmati petani jauh lebih rendah dibandingkan harga yang berlaku di pasaran internasional. Harga lokal dari gambir adalah sekitar US \$ 1.0, harga di pasaran German adalah sekitar US \$ 15.0 (Linkenheil, 1998) dan harga catechin murni yang dapat diekstrak dari gambir sekitar US \$ 10,000/kg.

Untuk memecahkan masalah ketidakstabilan harga dan membangun suatu kondisi pasar yang tidak perlu bergantung pada pasar luar negeri serta untuk meningkatkan nilai tambah produk dari gambir, maka perlu dilakukan penelitian yang

berhubungan dengan pengembangan produk dari komoditi gambir. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah melakukan pemurnian gambir untuk mendapatkan komponen kimia utama yaitu catechin

Pemurnian gambir untuk mendapat catechin yang tinggi tentu akan sangat menguntungkan bagi peningkatan nilai tambah produk dari gambir. Oleh karena itu perlu dicari adsorben yang berguna dalam pemurnian gambir, yang memiliki efektifitas tinggi dan memiliki harga yang murah

Arang aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon dalam jumlah yang cukup tinggi. Salah satu bahan baku arang aktif yang potensial adalah Tempurung Kelapa Sawit. Tempurung kelapa sawit merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit menjadi CPO. Pemanfaatan tempurung kelapa sawit sebagai bahan baku selain harganya murah juga sekaligus dapat meningkatkan nilai ekonomis dan daya guna dari salah satu limbah yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan kelapa sawit.

Menurut Pari (1996), arang aktif banyak digunakan sebagai adsorben untuk pemurnian pulp, pemurnian air, pemurnian minyak, pemurnian gas, katalis dan sebagainya. Menurut hasil penelitian Mukhtar (2000), arang aktif juga digunakan di dalam pemurnian gambir untuk mendapatkan catechin yang tinggi.

Hasil penelitian Muchtar (2000) menunjukkan bahwa pencucian ekstrak gambir dengan air panas pada suhu 70 °C dengan penambahan arang aktif sebelum penyaringan dan diikuti dengan pencucian dengan air dingin kemudian dikeringkan pada suhu 50 °C selama 48 jam akan menghasilkan kandungan catechin 95%. Dengan teknik pemurnian gambir yang dilakukan tersebut, catechin sebagai komponen utama dari gambir dapat ditingkatkan kadarnya.

Berdasarkan atas pertimbangan di atas, maka perlu dilakukan suatu penelitian tentang pemanfaatan tempurung kelapa sawit sebagai bahan baku arang aktif serta pemanfaatannya untuk pemurnian gambir

Tujuan penelitian ini adalah (1) Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel dan konsentrasi activator terhadap efektifitas arang aktif dan (2) Menguji kemampuan arang aktif yang dihasilkan sebagai adsorben pada pemurnian gambir

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan industri arang aktif dan industri pemurnian gambir dalam rangka meningkatkan nilai tambah komoditi unggulan Sumatera Barat

B. Tinjauan Pustaka

Pemurnian Gambir

Ada dua metode yang dilakukan yaitu metode I (Van Hulssen dan Koolhaas, 1939) dan Metode II yang merupakan modifikasi (Dharma, 1985).

Prinsip metode I adalah sebagai berikut:

- Gambir dilarutkan di dalam air pada suhu 70 °C, lalu disaring. Ke dalam saringan ditambahkan larutan Pb-asetat untuk mengendapkan zat warna dan zat-zat lainnya.
- Endapan Pb disaring ke dalam saringan dan dialirkan gas H₂S untuk memisahkan Pb sama sekali, lalu disaring.
- Ke dalam saringan dibubuhkan arang pemucat, lalu dikocok sambil dialiri gas CO₂, maka akan terbentuk kristal catechin yang tidak berwarna.

Prinsip metode II adalah sebagai berikut:

- Gambir dilarutkan pada suhu kamar, lalu disaring. Ke dalam saringan dibubuhkan arang pemucat, lalu diaduk dan disaring (vakum).
- Hasil saringan disimpan di dalam lemari es selama 24 jam, lalu disaring (vakum).
- Endapan dicuci hingga jernih, lalu dikeringkan pada suhu 30 – 40 °C, kemudian ditimbang.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Sait, Sumarsi, dan Sunaryo (1989) dengan Metode II, Hasil pengujian karakteristik dari isolat relatif terhadap standar d-Catechin murni (Cyanidol-3) masing-masing dapat dilihat pada Tabel 1

Hasil pengujian karakteristik menunjukkan bahwa isolat yang berasal dari gambir berbentuk bulat identik dengan Cyanidol-3, sedangkan yang berasal dari gambir berbentuk pipih masih memerlukan satu tahap proses pemurnian lagi untuk memperoleh Cyanidol-3.

Tabel 1. Karakteristik dari isolat relatif terhadap standar d-Catechin murni (Cyanidol-3)

Komponen	Isolat	
	Gambir bentuk pipih	Gambir bentuk Bulat
d-catechin, % rata-rata	98,1	99,9
Titik cair (°C)	153,5	149,5

(titik cair dari standar catechin adalah 150 °C)

Kendatipun isolat d-catechin yang dihasilkan dari komoditas gambir berbentuk bulat identik dengan Cyanidol-3, hanya 20,6% atau 206 gram/kg gambir, namun karena harga Cyanidol-3 di pasaran dunia sekitar US \$ 10/10 gram atau sekitar US \$ 206/206 gram, maka proses isolasi akan memberikan nilai tambah kepada gambir yang cukup tinggi.

Balai Penelitian dan Pengembangan Industri dan Perdagangan (BPID) Padang juga telah mendapatkan teknologi pemurnian gambir sehingga mendapatkan serbuk gambir dengan kandungan catechin di atas 90%. Teknologi pemurnian ini cukup sederhana dengan proses sebagai berikut

- a. Cairan ekstrak gambir disaring dengan menggunakan kain saring
- b. Dicuci dengan air dingin lebih kurang 3 kali, disaring dan endapan diambil
- c. Endapan dicuci dengan air panas secara berulang-ulang dan tambahkan carbon aktif untuk menyerap warna
- d. Larutan disaring dan filtratnya diendapkan 1 malam
- e. Terakhir, endapan dilarutkan dengan metanol dan disaring
- f. Untuk lebih efisien, endapan dapat langsung dikeringkan dengan oven pada suhu rendah (sekitar 50°C).

- g. Gambir murni yang terbentuk digiling, diayak dan dikemas.

Arang Aktif

Arang adalah suatu bahan padat berpori yang merupakan hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon. Arang tersusun dari atom-atom C secara kovalen membentuk struktur heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya. Susunan kisi-kisi heksagonal datar ini tampak seolah-olah seperti pelat datar yang saling bertumpuk satu sama lain dengan sela-sela di antaranya. Sebagian pori-pori yang terdapat pada arang tersebut masih tertutup oleh hidrokarbon, ter dan senyawa organik lainnya. Komponen dari arang ini adalah karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen dan sulfur (Ferry, 2002).

Arang aktif adalah padatan amorf yang mempunyai luar permukaan dan jumlah pori yang sangat banyak (Baker, Miller, Repik and Tollen, 1991). Definisi lain mengatakan arang aktif adalah bentuk generic dari bermacam produk yang mengandung karbon yang telah diktifikasi untuk meningkatkan luas permukaannya (Manes, 1998). Arang aktif berbentuk kristal mikro, karbon non grafit, yang pori-porinya telah mengalami proses pengembangan kemampuan untuk menyerap gas dan uap dan campuran gas dan zat-zat yang tidak larut atau terdispersi dalam cairan (Roy, 1985). Tiap kristal, biasanya terdiri dari 3 atau 4 lapisan atom karbon dengan sekitar 20-30 atom karbon heksagonal pada tiap lapisannya (Jankowska *et.al*, 1991). Dengan demikian arang aktif adalah arang yang telah mengalami proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaannya dengan jalan membuka pori-porinya sehingga daya adsorbsinya dapat ditingkatkan.

Pembuatan arang aktif

Arang aktif dapat dibuat dari berbagai bahan yang mengandung karbon seperti kayu, serbuk gergajian kayu, batu bara, tempurung kelapa, sekam padi, dan lain-lain. Pembuatan arang aktif mencakup dua tahap utama, yaitu proses karbonisasi bahan baku pada temperatur 600-700°C, dan proses aktivasi bahan terkarbonisasi pada temperatur tinggi.

Sebelum proses aktivasi, karbon mempunyai daya absorpsi yang rendah karena pori-porinya masih banyak tertutup oleh senyawa hidrokarbon, tar dan senyawa organik lainnya. Untuk menghilangkan zat-zat yang menutup pori-pori tersebut, karbon ini perlu diaktifkan dengan activator sehingga permukaannya lebih luas daya adsorbsinya meningkat.

Ada beberapa aktivator yang dapat digunakan sebagai pengaktif, yaitu berupa garam-garam organik seperti $MgCl_2$, $CaCl_2$, $ZnCl_2$ dan lain-lain Departemen THP IPB Bogor menyatakan bahwa aktivator yang baik untuk pembuatan karbon aktif adalah $MgCl_2$, $CaCl_2$, (Asfaruddin, Siswardjono, dan Rahmi, 2001).

Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses terjadinya perpindahan massa adsorbat dari fase gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben. Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan dengan tempat-tempat aktif di permukaan adsorben (Setyaningsih, 1995).

Bila gaya pengikatan pada permukaan merupakan gaya Van der Waals, reaksinya dapat balik, multiplayer, dan tidak ada transfer electron, adsorpsinya disebut adsorpsi secara fisik. Bila gaya pengikatannya merupakan interaksi kimiawi (artinya terjadi rekonfigurasi dan transfer electron electron antara adsorbat, dan adsorben), monolayer dan reaksinya tak dapat balik, maka peristiwanya disebut adsorpsi secara kimiawi.

Mekanisme peristiwa adsorpsi dapat diterangkan sebagai berikut: molekul adsorbat berdifusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben (disebut difusi eksternal); sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar, sebagian besar berdifusi lanjut di dalam pori-pori adsorben (disebut difusi internal). Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar akan teradsorpsi dan terikat di permukaan, namun bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh dengan adsorbat, dapat terjadi dua hal:

1. Terbentuknya lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi multiplayer.
2. Tidak terbentuk lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum tersorpsi berdifusi ke laur pori dan kembali ke arus fluida.

Proses adsorpsi pada arang aktif terjadi melalui tiga tahap dasar, yaitu:

1. Zat terjebak pada arang bagian luar
2. Zat bergerak menuju pori-pori arang
3. Zat terjebak ke dinding bagian dalam dari arang.

C. Metode Penelitian

Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas dan dilaksanakan dalam tiga tahap Penelitian:

Pembuatan Arang Aktif

Dalam pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa sawit pertama kali dilakukan adalah pengecilan ukuran, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan.

Proses pembuatan arang aktif disusun dalam 4 tahap:

- a) Proses pengkarbonan (karbonisasi). Proses ini dilakukan dalam furnace pada suhu antara 375-400°C selama 1 jam
- b) Proses penggilingan. Karbon yang diperoleh pada proses pengarangan kemudian digiling dengan lumping dan diayak pada ayakan manual dengan kehalusan sesuai dengan perlakuan
- c) Proses aktivasi. Karbon yang telah halus dicampur (direfluks) dengan activator yang sudah berbentuk larutan dengan perbandingan (1:4) untuk setiap konsentrasi hingga membentuk senyawa homogen, aktivasi dilakukan pada suhu 110 °C disertai dengan pengadukan konstan selama 3 jam.
- d) Proses pencucian. Arang aktif yang dihasilkan disaring, kemudian dicuci dengan air mengalir sampai air hasil cucian bereaksi netral dan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 2 jam. Setelah pengeringan selesai, bahan siap dijadikan sebagai adsorben.

Kombinasi perlakuan dalam pembuatan arang aktif berjumlah 20 kombinasi dengan susunan sebagai dicantumkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kombinasi perlakuan dalam pembuatan arang aktif dalam penelitian

Ukuran Partikel		KonsentrasiAktivator MgCl ₂ (%)	
P>250µm	A1	0	B1
180µm<P≤250	A2	20	B2
125µm<P≤180µm	A3	40	B3
P≤125µm	A4	60	B4
		80	B5

Pengujian Kualitas Arang

- Penentuan Kadar Air (SNI 06-3730-95)
- Daya Serap terhadap I₂ (mg/g) (SNI 06-3730-95)

Pengujian Arang Aktif sebagai Adsorben Pemurnian Gambir

Pada proses pemurnian gambir, adsorben yang digunakan adalah arang aktif sebanyak 0% (A), 0.1% (B), 0.2% (C), 0.3% (D), 0.4% (E) dan 0.5% (F) dari berat gambir yang dimurnikan.

Proses pemucatan dilakukan dengan menambahkan adsorben pada gambir yang telah dilarutkan dalam air panas dengan suhu 70 °C. selama 1 jam. Dalam keadaan masih panas larutan gambir disaring dan diikuti dengan pencucian dengan air dingin kemudian dikeringkan pada suhu 50 °C selama 48 jam. Pengukuran efektifitas dari arang aktif dilakukan terhadap gambir hasil pemurnian dengan menggunakan arang aktif yang dibuat dibandingkan dengan yang tidak menggunakan arang aktif, meliputi:

- Rendemen (SNI 01-3391-1994, Revisi 1999)
- Kadar Catechin (SNI 01-3391-1994, Revisi 1999)
- Kadar Abu (SNI 01-3391-1994, Revisi 1999)

D. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Kualitas Arang Aktif

Data Kadar Air dan Daya Serap Iod dari Arang aktif dari berbagai kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Air dan Daya Serab Iod (mg/g) arang aktif dari Tempurung Kelapa Sawit

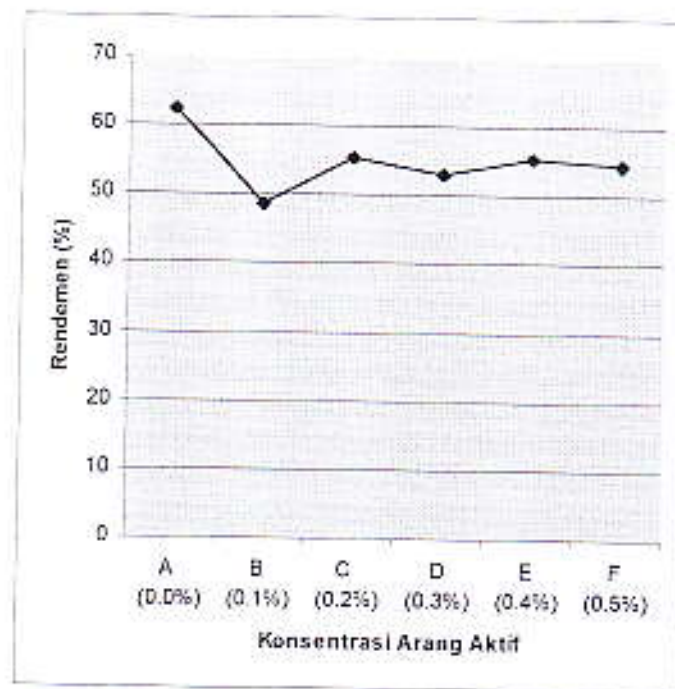
	Kadar Air			Daya Serab Iod (mg/g)		
	I	II	Rataan	I	II	Rataan
A1B1	2.71	4.21	3.46	2932.828	2951.307	2942.07
A1B2	2.71	3.63	3.17	2971.317	2910.272	2940.79
A1B3	1.91	3.32	2.62	2969.868	2947.629	2958.75
A1B4	2.66	2.29	2.48	2980.039	2896.16	2938.10
A1B5	2.44	3.23	2.84	2964.544	2957.015	2960.78
			2.91			2948.10
A2B1	3.18	4.19	3.69	2996.163	2976.666	2986.41
A2B2	3.42	3.58	3.50	3036.181	3014.648	3025.41
A2B3	1.75	3.59	2.67	2915.844	2941.8	2928.82
A2B4	1.37	2.69	2.03	2996.163	3002.069	2999.12
A2B5	3.51	3.64	3.58	2991.439	2892.307	2941.87
			3.09			2976.33
D	3.38	4.05	3.72	2958.482	3009.486	2983.98
A3B2	2.66	3.11	2.89	2920.666	2965.862	2943.26
A3B3	2.13	2.7	2.42	2967.526	3015.567	2991.55
A3B4	2.56	4.5	3.53	3049.876	2971.669	3010.77
A3B5	0.9	2.76	1.83	2977.683	2978.96	2978.32
			2.88			2981.58
A4B1	2.61	3.87	3.24	3081.138	2970.39	3025.76
A4B2	2.04	2.41	2.23	3101.438	3060.492	3080.97
A4B3	2.36	2.81	2.59	3063.103	3066.591	3064.85
A4B4	2.58	2.93	2.76	2999.231	3002.739	3000.99
A4B5	1.51	2.95	2.23	3012.241	3006.515	3009.38
			2.61			3036.39

Pengujian Arang Aktif sebagai Adsorben Pemurnian Gambir

Rendemen gambir hasil pemurnian dengan menggunakan arang aktif dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4. Secara grafik data pada Tabel 4 tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 4. Rendemen Gambir Hasil Pemurnian dengan Arang Aktif pada beberapa Perlakuan

No	Perlakuan Kadar Arang Aktif	Rendemen (%)
1	A (0.0%)	62.48
2	B (0.1%)	48.67
3	C (0.2%)	55.25
4	D (0.3%)	53.15
5	E (0.4%)	55.22
6	F (0.5%)	54.54

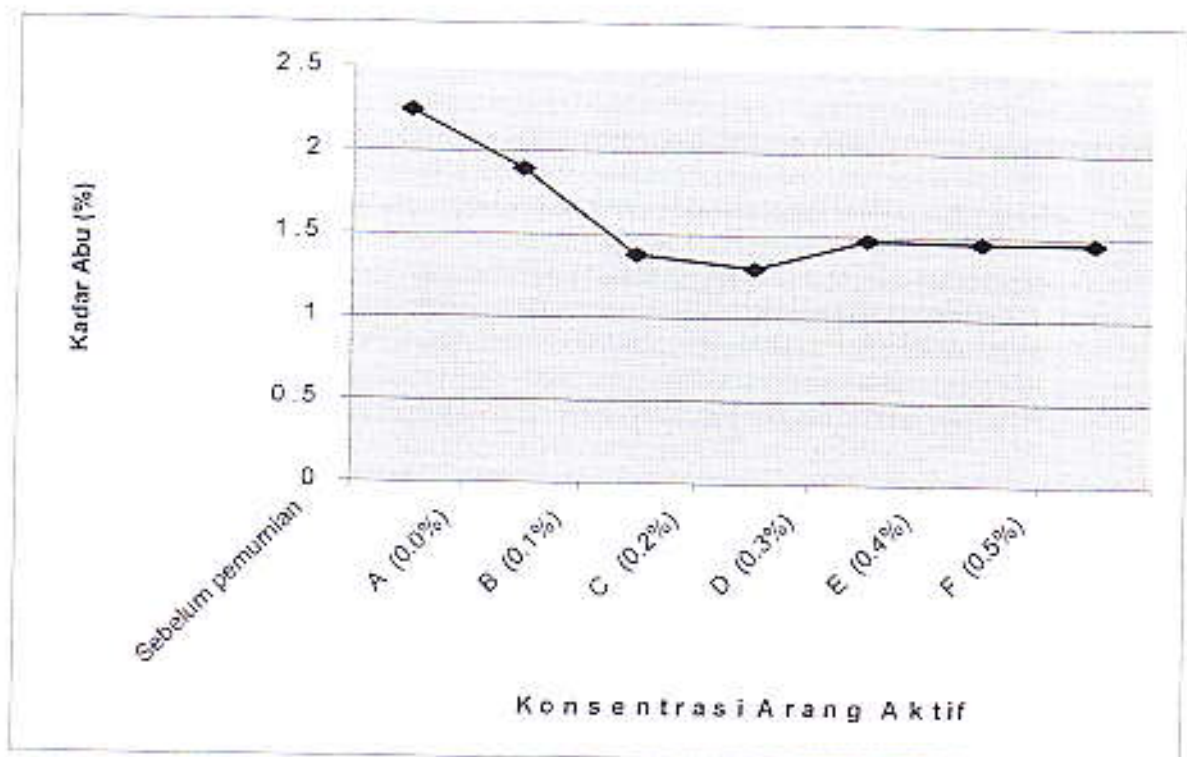


Gambar 1. Rendemen Gambir Hasil Pemurnian dengan Arang Aktif pada beberapa Perlakuan

Kadar Abu gambir hasil pemurnian dengan menggunakan arang aktif dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5. Secara grafik data pada Tabel 5 tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 5. Kadar Abu Gambir Hasil Pengujian dengan Arang Aktif pada beberapa Perlakuan

No	Perlakuan Kadar Arang Aktif	Kadar Abu (%)
	Sebelum pemurnian	2.250
1	A (0.0%)	1.893
2	B (0.1%)	1.373
3	C (0.2%)	1.303
4	D (0.3%)	1.477
5	E (0.4%)	1.457
6	F (0.5%)	1.457



Gambar 2. Kadar Abu Gambir Hasil Pengujian dengan Arang Aktif pada beberapa Perlakuan

Kadar Catechin gambir hasil pemurnian dengan menggunakan arang aktif dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Tabel 6. Secara grafik data pada Tabel 5 tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 6. Kadar Catechin Gambir Hasil Pengujian dengan Arang Aktif pada beberapa Perlakuan

No	Perlakuan Kadar Arang Aktif	Kadar Catechin (%)
	Sebelum pemurnian	50.10
1	A (0.0%)	66.70
2	B (0.1%)	68.30
3	C (0.2%)	72.40
4	D (0.3%)	56.10
5	E (0.4%)	58.10
6	F (0.5%)	58.00

Gambar 3. Kadar Catechin Gambir Hasil Pengujian dengan Arang Aktif pada beberapa Perlakuan



Kalau diperhatikan Gambar 2 dan Gambar 3 terlihat ada pola yang konsisten dari grafik kadar abu dan kadar catechin. Ada kecenderungan bahwa arang aktif berfungsi sebagai penyerab abu yang ada di dalam gambir disamping menyerab tannin. Tingginya kadar abu menyebabkan rendahnya kadungan catechin. Menurut Setyaningsih (1995) adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan tempat-tempat aktif di permukaan adsorben.

Kadar catechin cenderung meningkat dengan penambahan arang aktif sebagai adsorben sampai 0,2% namun setelah itu kadar catechin akan menurun kembali dengan penambahan kembali arang aktif. Hal ini diduga disebabkan arang aktif yang diberikan sudah menyebabkan kejenuhan sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi ke luar pori dan kembali ke arus fluida (Setyaningsih, 1995).

E. Kesimpulan

- a. Dari pengujian terhadap kualitas arang aktif diperoleh bahwa arang aktif yang terbaik berasal dari arang kelapa sawit dengan ukuran $\leq 125\mu\text{m}$ dengan konsentrasi aktivator 20% MgCl_2 dengan kadar air 2,23% dan daya serap iod 3080,97 (mg/g).
- b. Rendemen gambir hasil pemurnian terbaik yang dihasilkan adalah 55,25% dengan kadar abu 1,303% dan kadar catechin 72,40%.

Daftar Kepustakaan

- Asfaruddin, Siswarjono, S., G. Rahmi. 2001. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Magnesium Klorida dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Sawit Untuk Pemucatan Minyak Sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. Vol 06, No 10, Mei 2001.
- Baker, F.F., C.E. Miller, A.J Repik dan E.D. Tollen. 1997. Activated Carbon. Dalam *Encyclopedia of Separation Technology*. Volume 1. John Wiley and Sons, New York.
- Dharma. A.P. 1985. Tanaman Obat Tradisional Indonesia. PN Balai Pustaka. Hal 106-107.
- Ferry, J. 2002. Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergajian Kayu Campuran Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. Skripsi pada Jurusan Kimia FPMIPA. IPB. Bogor.
- Jankowska, K. Andrzes, S and Jerzy, C. 1991. Active Carbon. Ed.I. Ellis Hardwood, New York.
- Linkenheil, Klaus. 1998. The Gambir Processing Industry in West Sumatera. ATJAMI and Departemen Perindustrian dan Perdagangan Sumatera Barat.
- Mukhtar, H. 2000. Teknologi Pemurnian Gambir. Makalah pada Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengkajian Pertanian. BPTP Sukarumi dan Peragi. Padang, 21-22 Maret 2000
- Manes, M. 1998. Activated carbon Adsorption Fundamentals. Dalam *Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*, Vol.I. John Wiley and Sons, New York.
- Pari, G. 1996. Kualitas Arang Aktif dari 5 Jenis Kayu. *Bulletin Penelitian Hasil Hutan*, Vol 14 No.2, 1996. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Roy, G.M. 1985. Activated carbon Application in the Food and Pharmaceutical Industry. Technomic, Lancaster.
- Setyaningsih, H. 1995. Pengolahan Limbah dengan Proses kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif. Tesis Program Pascasarjana UI. Jakarta