

ADSORPSI FENOL MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF DENGAN METODE KOLOM

Kindy Nopiana Irma^{1*}, Nelly Wahyuni¹, Titin Anita Zahara¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jl. Prof. Dr. H.Hadari Nawawi

*e-mail: Kindy22_irma@yahoo.com

ABSTRAK

Limbah fenol yang mencemari wilayah perairan dapat berakibat buruk pada lingkungan dan makhluk hidup yang ada disekitarnya. Adsorpsi fenol menggunakan adsorben karbon aktif dari tandan kosong (kelapa) sawit (TKS) dengan aktivator soda kue 4% menggunakan metode kolom telah dilakukan. Selanjutnya dikaji kemampuan karbon aktif sebagai adsorben fenol dengan dua variasi ukuran partikel 80 dan 100 mesh dan variasi selang waktu kontak total kolom I dan Kolom II selama 4, 8, dan 12 jam sehingga diperoleh optimasi adsorpsi fenol oleh karbon aktif. Hasil adsorpsi dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 510 nm. Besar nilai maksimum konsentrasi dan efisiensi penurunan fenol pada karbon aktif 80 mesh terdapat pada waktu kontak 12 jam di kolom I dengan nilai maksimum konsentrasi 1,27 mg/L dan besar nilai efisiensi 96,15%, sedangkan pada karbon aktif 100 mesh terdapat pada waktu kontak 12 jam di kolom I dengan nilai maksimum konsentrasi 1,24 mg/L dan besar nilai efisiensi 96,26%. Besar total efisiensi penurunan kadar fenol yang terbaik pada karbon aktif yaitu pada ukuran partikel 80 mesh dengan waktu kontak 12 jam sebesar 97,11%.

Kata kunci : tandan kosong (kelapa) sawit, fenol, karbon aktif, adsorpsi, kolom

PENDAHULUAN

Limbah industri berbahaya bagi lingkungan air karena mengandung beberapa racun dan senyawa kimia yang sangat berbahaya, salah satunya adalah limbah fenol. Limbah fenol berbahaya karena bila mencemari perairan dapat membuat bau tidak sedap, serta pada nilai konsentrasi tertentu dapat mengakibatkan kematian organisme di perairan tersebut. Senyawa fenol dapat dikatakan aman bagi lingkungan jika konsentrasinya 1,0 mg/L sesuai dengan KEP No. 51/MENLH/10/1995 (Slamet *et al*, 2005). Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan terhadap fenol dalam air limbah salah satunya melalui metode adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif.

Karbon aktif memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai adsorben fenol. Putranto (2005) telah memanfaatkan kulit biji mete sebagai adsorben karbon aktif untuk adsorpsi fenol dengan aktivator $ZnCl_2$ menggunakan metode batch dan menghasilkan penurunan fenol pada suhu pemanasan 600°C selama 1 jam sebesar 96,9% - 98,5%. Pada penelitian ini adsorpsi

fenol dilakukan dengan menggunakan adsorben karbon aktif dari tandan kosong sawit (TKS) dengan metode kolom. Menurut Setiaka (2010), metode kolom berbeda dengan sistem batch yang mencampurkan adsorben pada larutan yang tetap jumlahnya dan diamati perubahan kualitas pada selang waktu tertentu.

Pada sistem kolom, larutan selalu dikontakkan dengan adsorben sehingga ukuran kolom sangat mempengaruhi waktu kontak antara larutan dengan adsorben untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang optimal. Oleh karena itu, sistem kolom ini lebih menguntungkan karena pada umumnya memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan dengan sistem batch, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi dalam skala besar. Berdasarkan kajian di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel, waktu kontak, dan optimasi adsorpsi fenol oleh karbon aktif dengan metode kolom.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini antara lain alat-alat gelas standar, ayakan 80 mesh dan 100 mesh, GSA (*Gas Sorption Analyzer*) merk *Quantachrome nova 1200e*, neraca analitik, perangkat kolom adsorpsi dengan diameter 1,5 cm dan panjang kolom 19 cm, pHmeter, sentrifuse, spektrofotometer UV-Vis merk *Thermo spektronic Genesys 6*, statif, tanur, timbangan analitik.

Bahan-bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah akuades, Buffer pH 10, HNO_3 , indikator kanji, iodin, 4-aminoantipirin 2% (b/v), kalium heksasiano ferrat (III) 8%, KI, KIO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, NaHCO_3 (merk Unta) sebagai aktivator, sampel TKKS yang diambil dari limbah PT. MAR Desa Sungai Deras, kecamatan Teluk Pakedai, kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat.

Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKS) (Ismadi, 2009)

a. Karbonisasi Sampel

Sampel TKS kering (dengan berat yang telah diketahui) dipanaskan di dalam tanur pada temperatur 500 °C selama 1 jam, kemudian ditempatkan dalam wadah yang tertutup. Hasil karbonisasi (selanjutnya disebut HK) kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh dan 100 mesh sehingga diperoleh keseragaman ukuran.

b. Aktivasi Sampel

Sampel HK sebanyak ± 2 kg direndam dalam larutan soda kue (NaHCO_3) 4% selama 24 jam yang berperan sebagai aktivator. Setelah didekantasi, HK selanjutnya dipanaskan di dalam tanur pada temperatur 600 °C selama 1 jam. Setelah itu, dicuci menggunakan HNO_3 0,1 M yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan akuades hingga pH netral. Kemudian dilakukan pengeringan dalam oven selama 24 jam pada temperatur 105-110 °C.

Adsorpsi Fenol oleh Karbon yang Teraktivasi dengan Metode Kolom

Adsorben sebanyak 2 g dimasukkan dalam kolom, kemudian kolom diisi dengan larutan fenol dengan pH awal larutan 5 dan didiamkan selama 1 jam. Setelah itu dialiri

larutan fenol ke dalam kolom dengan laju alir influen yang keluar diatur dengan stopwatch. Ukuran partikel adsorben di variasi 80 dan 100 mesh, Larutan yang telah melalui kolom (effluen) ditampung dalam bak penampung. Selanjutnya konsentrasi larutan fenol (effluen) pada bak penampung dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan variasi selang waktu kontak total kolom I dan kolom II adalah 4, 8, dan 12 jam untuk mengetahui waktu optimum adsorpsi

Penentuan Kadar Fenol (SNI 06-6989.21-2004)

Pewarnaan fenol terlarut dilakukan dengan cara mencampurkan 1 mL sampel larutan dengan pereaksi pewarna 0,1 mL 4-aminoantipirin 2% (b/v), 0,1 mL kalium heksasiano ferrat (III) 8% (b/v), 1 mL Buffer pH 10, dan 3 mL akuades. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 510 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Penentuan Luas Permukaan

Penentuan luas area permukaan karbon aktif dilakukan menggunakan instrumen GSA untuk mengetahui ukuran pori dari karbon sebelum dan sesudah dilakukan aktivasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Karbon Aktif

Proses karbonisasi dilakukan dengan memanaskan sampel sebanyak 20 kg ke dalam tanur pada suhu 500 °C selama 1 jam, kemudian sampel dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan ukuran 80 mesh dan 100 mesh. Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam karbon hasil karbonisasi dengan larutan soda kue (NaHCO_3) 4%. Tujuan aktivasi kimia adalah untuk membuka pori yang terdapat pada karbon sehingga mengakibatkan luas permukaan bertambah besar dan daya serap karbon menjadi semakin baik (Sembiring, 2003).

Karakterisasi Karbon Tak Teraktivasi dan Karbon Teraktivasi

Nilai bilangan iodin, kadar air, kadar abu dan densitas dari karbon sebelum dan sesudah aktivasi dengan variasi ukuran partikel 80 dan 100 mesh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bilangan Iodin, Kadar Air, Kadar Abu dan Densitas dari Karbon Tak Teraktivasi dan Karbon Teraktivasi 80 mesh dan 100 mesh

Sampel	Parameter			Densitas (g/mL)
	Bilangan Iodin (mg/g)	kadar air (%)	kadar abu (%)	
1. 80 mesh				
a. Tak teraktivasi	370,018	2	12	2,279
b. Teraktivasi	466,939	7	7	1,5193
2. 100 mesh				
a. Tak teraktivasi	413,094	3	13	1,8232
b. Teraktivasi	477,708	6	6,67	1,3036
3. Ismadi				
a. Tak teraktivasi	190,6	8,19	11,10	1,293
b. Teraktivasi	430,4	12,31	5,80	1,26

Tabel 1 menunjukkan bahwa bilangan iodine mengalami peningkatan oleh adanya proses aktivasi. Berdasarkan SNI 06-3730-1995, besarnya nilai bilangan iodine karbon aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini belum memenuhi standar yaitu minimal 750 mg/g. Kecilnya nilai bilangan iodine yang dihasilkan dalam penelitian ini kemungkinan dapat disebabkan karena selama proses karbonisasi, masih terjadi kebocoran udara meskipun sudah diminimalisir sehingga rendemen yang dihasilkan kecil dan dihasilkan juga abu akibat sampel teroksidasi udara luar.

Kadar air terendah dihasilkan dari karbon yang tak teraktivasi yaitu sebesar 2% dan 3%. Rendahnya kadar air ini menunjukkan bahwa kandungan air yang terdapat dalam karbon telah menguap selama proses karbonisasi. Sedangkan kadar air tertinggi dihasilkan dari karbon yang teraktivasi yaitu sebesar 7% dan 6%. Hal ini dapat disebabkan karena adanya penambahan aktivator dan pemanasan yang akan mengakibatkan terlepasnya zat pengotor dan tar yang terdapat di dalam karbon, sehingga pori-pori yang terdapat di dalam karbon aktif bertambah banyak (Mu'jizah, 2010).

Berdasarkan SNI 06-3730-1995 kadar abu karbon aktif maksimal 10%. Berdasarkan Tabel 1 kadar abu pada karbon teraktivasi 80 mesh dan 100 mesh sebesar 7% dan 6,67%, lebih rendah dibandingkan dengan kadar abu karbon yang tak teraktivasi yaitu sebesar 12% dan 13%. Menurut Mu'jizah (2010), hal ini

disebabkan pada proses aktivasi mampu mendorong keluar pengotor yang masih menutupi pori. Selain proses aktivasi dilanjutkan kembali dengan pencucian menggunakan HNO₃ 0,1 N yang dapat menghilangkan pengotor dalam pori-pori karbon aktif sehingga menyebabkan pori-pori menjadi semakin besar. Semakin besar luas permukaan dari karbon aktif maka semakin baik kualitas dari karbon aktif.

Nilai densitas pada karbon aktif 100 mesh lebih rendah dibandingkan dengan karbon aktif 80 mesh dan karbon aktif yang dihasilkan oleh Ismadi (2009) lebih rendah dibandingkan dengan karbon aktif 100 mesh. Menurut Mu'jizah (2010), proses aktivasi mampu membuka pori yang tertutup oleh tar sehingga dapat memperluas permukaan karbon aktif. Hal ini secara tidak langsung mempengaruhi berat jenis (densitas) yang dihasilkan. Luas permukaan ini menunjukkan berkembangnya struktur pori dari karbon aktif sehingga menghasilkan berat jenis yang terkecil. Jadi semakin berkembang struktur pori karbon aktif maka semakin rendah densitas yang diperoleh.

Penentuan Luas Permukaan

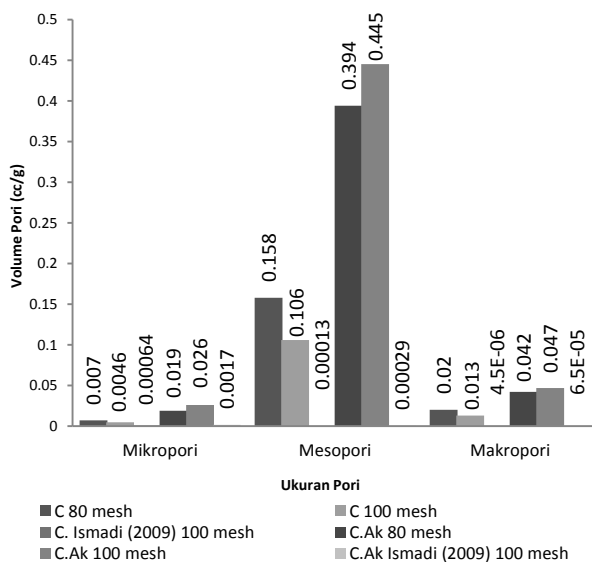
Penentuan luas permukaan karbon aktif dilakukan menggunakan *Gas Sorption Analyzer* (GSA) untuk mengetahui luas permukaan spesifik, rerata jejari pori dan volume total pori karbon sebelum dan setelah aktivasi menggunakan aktivator soda kue.

Tabel 2. Perbandingan Luas Permukaan Spesifik (LPS), Total Volume Pori (TVP) dan Rerata Jejari Pori (RJP) Karbon Tak Teraktivasi dan Karbon Teraktivasi pada Temperatur 600°C Selama 1 Jam dengan Konsentrasi Aktivator Soda Kue 4%

Sampel	LPS (m ² /g)	TVP (mL/g)	RJP (Å)
1. 80 mesh			
a. teraktivasi	25,219	0,042	15,116
b. tak teraktivasi	9,609	0,020	15,276
2. 100 mesh			
a. teraktivasi	29,588	0,047	15,126
b. tak teraktivasi	6,439	0,013	15,397

Tabel 2 menunjukkan terjadi peningkatan pada luas permukaan karbon 80 mesh dari 9,609 m²/g menjadi 25,219 m²/g dan pada karbon 100 mesh peningkatan luas permukaan dari 6,439 m²/g menjadi 29,588 m²/g. Peningkatan ini menunjukkan bahwa semakin banyak pori-pori yang terbentuk pada karbon aktif. Hal ini terjadi akibat terlepasnya pengotor dan tar yang menutupi permukaan karbon aktif. Peningkatan juga terjadi pada total volume pori karena semakin banyak terbentuknya pori yang berukuran kecil. Dengan semakin meningkatnya luas permukaan dan terjadinya penurunan rerata jejari pori mengakibatkan peningkatan pada total volume pori.

Karakter lain yang diperlihatkan oleh hasil analisis GSA selain luas permukaan adalah distribusi ukuran pori. Berdasarkan ukurannya, pori-pori karbon aktif terbagi menjadi 3 kelompok, yaitu makropori (diameter rata-rata < 50 nm), mesopori (diameter rata-rata 2-50 nm), dan mikropori (diameter rata-rata < 2 nm) (Rumidatul, 2006). Distribusi ukuran pori karbon aktif dengan aktivator soda kue ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi ukuran pori sampel karbon teraktivasi dan karbon tak teraktivasi

Gambar 1 menunjukkan bahwa proses aktivasi mengakibatkan terjadinya peningkatan volume pori berukuran mikro, meso dan makro. Besarnya ukuran pori pada karbon aktif 80 mesh dan 100 mesh mengalami peningkatan ± 2 kali dari

sebelum aktivasi. Pada karbon aktif 100 mesh terdapat ukuran pori mikro yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif 80 mesh. Oleh karena itu karbon aktif 100 mesh akan lebih optimal dalam proses adsorpsi. Hal ini juga dibuktikan dengan nilai bilangan iodin karbon aktif 100 mesh yang lebih besar dari karbon aktif 80 mesh.

Adsorpsi Fenol oleh Karbon Teraktivasi dengan Metode Kolom

Proses adsorpsi fenol oleh karbon aktif teraktivasi soda kue dilakukan dengan metode kolom dengan konsentrasi awal fenol sebesar 33,1 mg/l.

Tabel 3 Pengaruh Kolom terhadap Efisiensi Penurunan Fenol oleh Karbon Aktif 80 mesh dan 100 mesh

Ukuran Partikel (mesh)	Waktu Kontak (Jam)	Penurunan Fenol (%)		
		Kolom I	Kolom II	Kolom Total
80	4	95,75	15,41	96,40
	8	94,36	39,66	96,59
	12	96,15	24,83	97,11
100	4	94,05	12,69	94,80
	8	95,72	27,29	96,89
	12	96,26	25,81	97,23

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa waktu kontak mempengaruhi efisiensi penurunan fenol yang teradsorpsi oleh karbon aktif. Kenaikan waktu kontak adsorpsi seiring dengan kenaikan efisiensi penurunan fenol yang teradsorpsi. Persen penurunan fenol tertinggi dengan adsorben karbon aktif diperoleh pada waktu kontak 6 jam kolom I, dimana pada karbon aktif 80 mesh persen penurunan fenol dari kolom I ke kolom II sebesar 71,32% dan pada karbon aktif 100 mesh sebesar 70,45%. Ukuran mesh karbon aktif merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi besar adsorpsi fenol. Berdasarkan Tabel 3 di atas, terlihat bahwa ukuran mesh mempengaruhi efisiensi penurunan fenol yang teradsorpsi oleh karbon aktif. Pada karbon 100 mesh terjadi peningkatan efisiensi penurunan fenol yang teradsorpsi lebih besar dibandingkan dengan karbon 80 mesh.

Hal ini didukung oleh hasil karakterisasi bilangan iodin dan analisis GSA pada karbon aktif 100 mesh lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif 80 mesh. Besar nilai bilangan iodin pada karbon aktif

100 mesh sebesar 477,708 mg/g sedangkan besar nilai bilangan iodin 80 mesh sebesar 466,939 mg/g. Pada hasil analisis GSA besar luas permukaan spesifik karbon aktif 100 mesh sebesar 29,588 m²/g sedangkan pada karbon aktif 80 mesh sebesar 25,219 m²/g. Sehingga hal ini mempengaruhi efisiensi penurunan fenol. Menurut Subadra (2005), daya adsorpsi akan semakin tinggi jika bilangan iodin dan luas permukaan karbon aktif besar, serta nilai kadar abu dan kadar air yang kecil. Oleh karena itu, kemungkinan terjadinya penjerapan fenol juga semakin besar. Hal ini ditunjukkan oleh efisiensi penurunan fenol pada karbon aktif 100 mesh yang lebih besar.

Penurunan besar efisiensi fenol pada kolom pertama dibandingkan dengan kolom kedua dapat disebabkan karena konsentrasi fenol pada kolom pertama lebih besar atau lebih pekat sehingga adsorben karbon aktif akan lebih banyak mengadsorpsi fenol dibandingkan pada kolom kedua yang relatif lebih encer karena telah mengalami proses adsorpsi dari kolom sebelumnya, sehingga mempengaruhi besar efisiensi dari tiap kolom.

Berdasarkan uji ANOVA pada tingkat kepercayaan 95%, karbon aktif ukuran partikel 80 mesh diperoleh hasil yang signifikan pada waktu kontak 12 jam dengan nilai efisiensi total fenol sebesar 97,11%, sedangkan pada ukuran partikel 100 mesh diperoleh hasil yang signifikan pada waktu 4, 8, dan 12 jam. Hasil uji t untuk variasi ukuran partikel 80 mesh dan 100 mesh menunjukkan hasil yang tidak signifikan atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi ukuran partikel. Oleh karena itu ukuran partikel yang lebih baik didapat pada ukuran partikel 80 mesh dengan waktu kontak 12 jam sebesar 97,11%.

SIMPULAN

Optimasi adsorpsi fenol oleh karbon aktif dengan metode kolom diperoleh pada karbon aktif 80 mesh pada waktu kontak 12 jam dengan nilai efisiensi total penurunan fenol sebesar 97,11%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ismadi, M., 2009, Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Teraktivasi Soda Kue, Universitas Tanjungpura, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pontianak. (Skripsi).
- Mu'jizah, S., 2010, Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa oleifera. Lamk*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Fakultas Sains dan Teknologi, Malang. (Skripsi).
- Putranto, A.D., dan Razif, M., 2005, Pemanfaatan Kulit Biji Mete untuk Arang Aktif sebagai Adsorben Terhadap Penurunan Phenol, *Jurnal Purifikasi*, 6(1): 37-42.
- Rumidatul, A., 2006, Efektivitas Arang Aktif Sebagai Adsorben Pada Pengolahan Air Limbah, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tesis).
- Sembiring, M.T. dan Sinaga. T. S., 2003, Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan), Universitas Sumatra Utara, Fakultas Teknik, Medan.
- Setiaka, J., 2010, Adsorpsi Ion Logam Cu(II) dalam Larutan pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom, Institut Teknologi Sepuluh November, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Surabaya..
- Slamet, R. Arbianti dan Daryanto, 2005, Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr⁶⁺ atau Pt⁴⁺) secara Simultan dengan Fotokatalis TiO₂, ZnO-TiO₂, dan CdS-TiO₂, *Makara, Teknologi*, Universitas Indonesia, Fakultas Teknik, Depok, 9(2): 66-7.
- Subadra, I., Setiaji, B., Tahir, I., 2005, Activated Carbon Production from Coconut Shell with (NH₄)HCO₃ Activator as an Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification, Universitas Gajah Mada, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Yogyakarta.