

## STUDI TRANSPOR FENOL DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN CAIR POLIEUGENOL

Agung Abadi Kiswandono<sup>1</sup>, Dwi Siswanta<sup>2</sup>, Nurul Hidayat Aprilita<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Prima Indonesia (UNPRI) Medan, Sumatera Utara,  
E-mail : nau\_shila@yahoo.com

<sup>2</sup>Departemen Kimia Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara Yogyakarta  
55281, Indonesia

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang studi transpor membran cair terhadap fenol menggunakan polieugenol dalam kloroform. Penelitian ini bertujuan untuk mentranspor fenol menggunakan polieugenol sebagai ligan dengan metode transpor membran cair. Beberapa faktor yang mempengaruhi transpor menggunakan membran cair diantaranya pH fasa sumber, waktu transpor, konsentrasi fasa pelucut, dan konsentrasi membran cair polieugenol. Studi transpor fenol menggunakan pipa U dilakukan dengan polieugenol dalam pelarut kloroform sebagai membran cair yang memisahkan fasa sumber dan fasa pelucut. Beberapa variabel dalam penelitian ini adalah pH larutan fenol sebagai fasa sumber, waktu transpor, konsentrasi NaOH sebagai fasa pelucut, dan konsentrasi membran cair polieugenol. Setiap variasi menggunakan 10 mL larutan fenol 60 ppm, 5 mL ligan polieugenol dan 10 mL larutan NaOH. Konsentrasi fenol setelah transpor di fasa sumber dan fasa pelucut diukur menggunakan reagen 4-aminoantipirin dalam suasana larutan kalium ferri sianida dan warna yang terbentuk absorbansinya diukur menggunakan Spektrofotometer UV-vis pada  $\lambda$  455 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran cair polieugenol dapat mentranspor fenol optimum pada pH fasa sumber 6.5, dengan waktu transpor selama 72 jam yang memberikan hasil % transpor sebesar 70.3%. Hasil FT-IR menunjukkan adanya interaksi fenol-ligan polieugenol, yaitu terjadinya pergeseran serapan ektrim pada gugus C-H regangan alkenil, C-H regangan alkil, O-H tekukan keluar bidang, C=C tekukan keluar bidang.

Kata kunci : polieugenol, Fenol, membran cair, 4-aminoantipirin

### PENDAHULUAN

Fenol merupakan polutan organik dan merupakan salah satu komponen dalam air limbah yang sangat berbahaya, karena beracun dan bersifat korosif terhadap kulit serta karsinogenik, oleh karena itu fenol digolongkan sebagai bahan beracun dan berbahaya (B3). Senyawa fenol dapat dikatakan aman bagi lingkungan jika konsentrasinya berkisar antara 0,5 – 1,0 mg/l sesuai dengan KEPMEN No. 51/MENLH/10/1995 dan ambang batas fenol dalam air baku air minum adalah 0,002 mg/l. Environmental Protection Agency (EPA) dan European Union (EU), memasukan fenol dalam daftar polutan prioritas, yakni total fenol dalam air minum adalah < 0,5  $\mu$ g/L (Trivunac dan Stevanovic, 2004).

Polutan di daerah perairan, khususnya fenol dapat dihilangkan dengan beberapa teknik, di antaranya adalah adsorpsi (Molva, 2004, Ozkaya, 2006, Moraitopoulos *et al* 2009). Banat *et al* (2000) mempelajari adsorpsi fenol dari larutan encer menggunakan bentonit, hasilnya menunjukkan, bahwa adsorpsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi fenol dan adsorpsi menurun dengan meningkatnya pH larutan. Yu *et al*. (2004) menggunakan metode modifikasi *Ca-Montmorillonite* untuk adsorpsi fenol dan klorofenol dari larutan encer. Pemisahan fenol dengan menggunakan teknik tersebut di atas umumnya tidak ekonomis karena

membutuhkan bahan serta energi yang besar (Sun *et al*. 2007).

Cara lain memisahkan fenol adalah dengan membran cair. Transpor melalui membran cair terinspirasi dari sistem alami yaitu kemampuan untuk memompa ion secara selektif melewati membran biologis. Dalam sistem membran cair yang berupa fase organik dapat memisahkan dua fase larutan berair yaitu antara fase sumber dengan fase pelucut (Pellegrino dan Noble 1990).

Garea *et al*. (1983), Cichy dan Szymanowski (2002) dapat memisahkan senyawa fenol dengan metode *supported liquid membrane* menggunakan campuran kerosin dan cyanex 923, sedangkan hasil eksperimen Kusumastuti (2007) menunjukkan bahwa lebih dari 90% fenol dapat diambil ulang dari air limbah dengan menggunakan membran cair emulsi.

Proses keseluruhan dari transpor membran (Gambar 1) meliputi dua tahap yakni transfer senyawa target melewati dua permukaan yaitu permukaan fasa sumber dan permukaan senyawa pembawa dan difusi melewati membran. Tahap pertama, senyawa target yang telah berdifusi pada fasa sumber bereaksi dengan senyawa pembawa (*carrier*) membentuk kompleks yang selanjutnya akan ditranspor melewati membran cair menuju fasa pelucut atau larutan penerima. Selanjutnya kompleks antara senyawa target dan senyawa pembawa terpisah dan senyawa target terlepas menuju fasa pelucut atau

larutan penerima, sehingga reaksi ini dapat terjadi secara terus menerus (Nghiem, *et al.*, 2006).

Faktor-faktor yang akan mempengaruhi efisiensi transpor adalah pH fasa sumber, konsentrasi fasa pelucut, waktu transpor dan konsentrasi membran (Park *et al.*, 2006, Mortaheb *et al.*, 2008). Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka dalam penelitian ini akan dipelajari transpor fenol menggunakan metode membran cair polieugenol dengan NaOH sebagai fasa pelucut

## METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, pH meter (Model HM 5B), satu rangkaian alat transpor fenol (pipa U), pengaduk magnet, corong pisah, alat penunjang berupa alat-alat gelas dan plastik, neraca analitik, shaker, spektrofotometer UV-vis spektronik 20D Model 333183, spektrofotometer infra merah (Shimadzu FTIR 8201PC).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah polieugenol, bahan kimia semua kualitas *pure analysis* produksi *merck* yaitu  $C_6H_5OH$ ,  $CCl_3$ , NaOH, HCl,  $CH_3OH$ , 4-aminoantipirin,  $K_4Fe(CN)_6$ ,  $NH_4OH$ ,  $Na_2SO_4$  anhidrat,  $K_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$ , aquabides.

Prosedur awal adalah penentuan panjang gelombang maksimum fenol menggunakan reagen 4-aminoantipirin dalam suasana larutan kalium ferri sianida dan warna yang terbentuk, nilai absorbansinya diukur menggunakan Spektrofotometer UV-vis, lalu dilakukan pembuatan kurva kalibrasi untuk fenol. Kadar fenol pada penentuan panjang gelombang maksimum dan pada sampel ditentukan menurut SNI 06-6989.21-2004.

### Transpor fenol dengan variasi pH fasa sumber

Polieugenol dengan konsentrasi  $1 \times 10^{-3}$  M dalam pelarut kloroform ditempatkan dalam pipa U, kemudian secara bersamaan ditambahkan NaOH 0,5 M sebagai fasa pelucut dan larutan fenol sebagai fasa sumber dengan konsentrasi 60 ppm yang telah diatur pH-nya, yaitu 3,5 ; 4,5 ; 5,5 ; 6,5 dan 8,0. Pipa U ditutup lalu diaduk selama 24 jam pada suhu kamar. Setelah selesai diaduk larutan dipisahkan antara fasa sumber dan fasa pelucut dengan menggunakan pipet tetes. Konsentrasi fenol yang terdapat di dalam fasa sumber dan fasa pelucut dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

### Transpor fenol dengan variasi waktu transpor pada pH fasa sumber optimum.

Polieugenol dengan konsentrasi  $1 \times 10^{-3}$  M dalam pelarut kloroform ditempatkan dalam pipa U, kemudian secara bersamaan ditambahkan fenol dengan konsentrasi 60 ppm pada pH optimum sebagai fasa sumber dan NaOH dengan konsentrasi 0,5 M sebagai fasa pelucut. Pipa U ditutup lalu diaduk selama 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, dan 120 jam pada suhu kamar. Setelah selesai diaduk larutan dipisahkan antara fasa sumber dan fasa pelucut dengan menggunakan pipet tetes. Konsentrasi fenol yang terdapat di dalam fasa sumber dan fasa pelucut dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

### Analisis IR terhadap interaksi fenol-polieugenol

Larutan fenol dan polieugenol dengan perbandingan mol 50:1 ; 20:1 ; 1:1 ; 1:2 ; 1:15 dan 1:47 dimasukkan dalam botol, kemudian di shaker selama waktu optimum, lalu dipisahkan antara fasa organik dengan fasa air. Fasa organik diuapkan dan padatan yang diperoleh dikeringkan dalam desikator untuk kemudian dianalisis dengan Spektrometer Inframerah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penentuan panjang gelombang maksimum untuk fenol menggunakan spektrofotometer UV-vis spektronik 20D adalah 455 nm, kemudian diperoleh kurva kalibrasi seperti pada Gambar 2. Persamaan pada gambar 2 kemudian dipakai untuk menentukan konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa pelucut pada penelitian selanjutnya.

### Pengaruh pH Fase Sumber Terhadap Transpor Fenol

Suatu proses transpor fenol menggunakan membran cair dipengaruhi oleh keasaman atau pH suatu larutan. Transpor fenol melalui membran terjadi melalui mekanisme transpor akibat gradien konsentrasi (perbedaan konsentrasi) fenol pada fasa sumber dan fasa pelucut. Transpor balik fenol ke fasa membran dicegah dengan menambahkan *stripping agent*, NaOH ke dalam fasa pelucut. *Stripping agent* bekerja mengkonversi fenol menjadi senyawa turunannya, yaitu sodium fenolat dan menjebak senyawa tersebut dalam fase pelucut sehingga tidak kembali ke fase membran (Mortaheb *et al.* 2008).

Untuk mengetahui pH optimum pada fasa sumber dilakukan transpor dengan membuat variasi pH 3,5 ; 4,5 ; 5,5 ; 6,5 dan 8,0 pada larutan fenol 60 ppm ( $6.38 \times 10^{-4}$ M). Konsentrasi fenol yang terdapat pada fasa sumber dan fasa pelucut untuk masing-masing larutan dianalisis, lalu besarnya nilai

persen transpor (%Cp) pada masing-masing larutan dihitung dari perubahan jumlah fenol tertranspor yang melewati fasa antarmuka sumber/membran dan fasa membran/fasa pelucut. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa pH berpengaruh terhadap %Cp. Hal ini dapat dilihat dari hubungan antara %Cp dengan pH larutan fenol hasil penelitian, yang ditunjukkan pada gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi perubahan jumlah fenol yang tertranspor terhadap variasi pH dan membran cair polieugenol dapat secara efektif mentranspor fenol dari fasa sumber ke fasa membran dan melepaskannya ke fasa pelucut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi fenol mulai tertranspor pada pH 3,5 dengan harga sebesar 41,7%. Besarnya fenol yang tertranspor pada awalnya menunjukkan penurunan, yaitu dari pH 3,5 ke pH 4,5 yaitu sebesar 41,7% menjadi 40,4%, kemudian dari pH 4,5 sampai 6,5 mengalami kenaikan hingga mencapai 52,4% dan pada rentang pH 6,5 sampai 8,0, terjadi penurunan kembali menjadi 48%. Pada pH yang lebih tinggi jumlah fenol dalam sistem meningkat sehingga terjadi kompetisi ion hidroksida dengan membran cair polieugenol dalam berikatan dengan fenol, akibatnya jumlah fenol yang terkonversi menjadi sodium fenolat menjadi berkurang sehingga fenol tertranspor oleh polieugenol menjadi berkurang, sehingga diperoleh pH optimum untuk fenol adalah pada pH 6,5 yang menghasilkan % transpor sebesar 52,4%.

Larutan fasa sumber pada pH 6,5 menunjukkan jumlah fenol yang tertranspor maksimum, hal ini dikarenakan pH fenol hampir mendekati netral, karena kondisi pH fenol mempengaruhi efisiensi pemisahan dan proses transpor, pH asam akan menyebabkan rendahnya efisiensi transpor dan proses pemisahan, dalam hal ini transpor akan lebih efisien apabila solut (fenol) yang akan diekstraksi/ditranspor dinetralkan terlebih dahulu ( Park *et.al.*, 2006).

### **Pengaruh Waktu Terhadap Transpor Fenol**

Untuk mengetahui pengaruh waktu transpor dalam proses transpor membran cair terhadap fenol, dilakukan transpor dengan variasi waktu selama 12, 24, 36, 48, 60, 72 dan 120 jam. Konsentrasi fenol yang terdapat pada fasa sumber dan fasa pelucut untuk masing-masing larutan dianalisis, lalu besarnya nilai % transpor (%Cp) pada masing-masing larutan dihitung dari perubahan jumlah fenol tertranspor yang melewati fasa antarmuka sumber/membran dan fasa membran/fasa pelucut.

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa waktu transpor berpengaruh terhadap %Cp. Hal ini dapat dilihat dari hubungan antara %Cp dengan waktu transpor yang ditunjukkan pada gambar 4. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu transpor, maka waktu terjadinya kontak antara fenol, membran dan pelucut semakin lama, jadi kemungkinan terbentuknya interaksi antara fenol dan membran semakin besar yang diimbangi dengan semakin cepatnya pelepasan fenol ke fasa pelucut sehingga semakin banyak fenol dari fasa sumber yang tertranspor ke dalam fasa pelucut. Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi perubahan jumlah fenol yang tertranspor terhadap variasi waktu transpor dan membran polieugenol dapat secara efektif mentranspor fenol dari fasa sumber ke fasa membran dan melepaskannya ke fasa pelucut.

Gambar 4 juga memperlihatkan bahwa semakin meningkatnya waktu %Cp terus meningkat dan belum menunjukkan penurunan, sehingga waktu transpor maksimum ditentukan oleh kenaikan persentase transpor (Tabel 1), sehingga dengan demikian waktu optimum transpor diambil pada waktu 72 jam dengan % transpor 70,3%.

### **Analisis Interaksi Fenol-Polieugenol**

Untuk melihat interaksi Fenol-Polieugenol dibuat dengan mencampurkan larutan fenol dengan polieugenol dalam pelarut kloroform melalui proses ekstraksi (shaker) dengan beberapa perbandingan mol. Spektrum inframerah merekam panjang gelombang atau frekuensi versus %T, oleh karena itu serapan-serapan gugus fungsi dalam bentuk intensitas yang direkam oleh spektrofotometer tersebut dapat diklasifikasikan, sehingga Intensitas tersebut di atas dapat dijadikan sebagai parameter untuk melihat hubungan atau interaksi senyawa fenol dan polieugenol.

Dari Gambar 5 dapat dikatakan bahwa, telah terjadi interaksi antara fenol-polieugenol, karena pada semua perbandingan mol fenol-polieugenol tersebut memperlihatkan spektrum dengan pola yang hampir sama dan terlihat juga bahwa pola spektrum tersebut tidak sama dengan pola spektrum fenol maupun polieugenol khususnya pada daerah sidik jarinya.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa perubahan intensitas optimum terjadi pada gugus C-H regangan alkenil, C-H regangan alkil, C-O eter, O-H tekukan keluar bidang, C=C tekukan keluar bidang, O-H dalam bidang dan C-H keluar bidang, hal ini menunjukkan

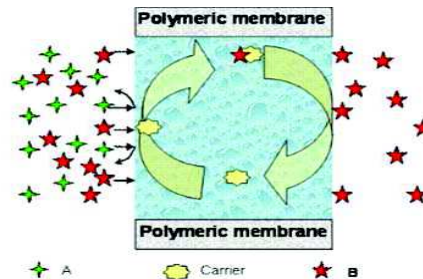
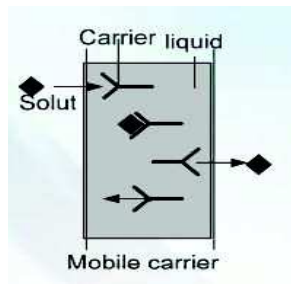
bahwa tidak satupun dari intensitas tersebut serupa dengan intensitas yang dimiliki oleh fenol maupun polieugenol, artinya telah terjadi interaksi antara fenol dengan polieugenol

Tabel 1. persentase kenaikan transpor fenol (%Cp)

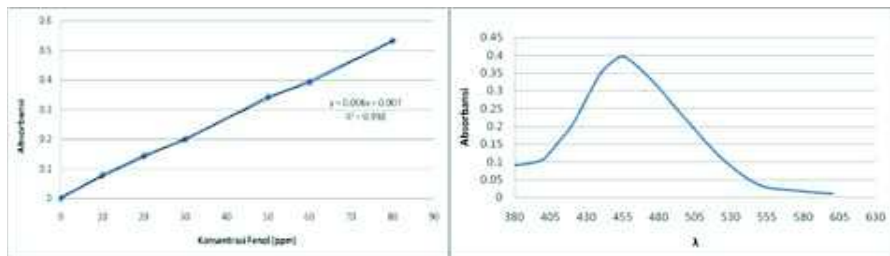
Waktu (jam)	ppm awal	ppm transport			% Cp
		Fasa Sumber	Fasa Pelucut	ppm Total	
12	60	32.1	23.7	55.8	39.5
24	60	28.7	27.4	56.0	45.6
36	60	23.0	30.8	53.8	51.3
48	60	18.3	36.7	55.0	61.2
60	60	14.5	40.1	54.6	66.8
72	60	13.3	42.2	55.4	70.3
96	60	10.6	42.9	53.5	71.5
120	60	11.2	43.1	54.4	71.9

**SIMPULAN**

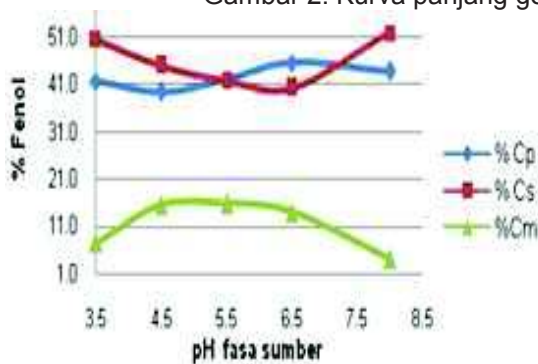
Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa Membran cair polieugenol dapat mentranspor fenol pada pH fasa sumber optimum 6,5 yaitu 52.4%, dan pada waktu transpor optimum 72 jam yaitu 70,3%. Hasil FT-IR menunjukkan adanya interaksi fenol-membran polieugenol, yang ditunjukkan dengan pola serapan fenol:polieugenol yang berbeda dengan fenol dan polieugenolnya sendiri, kemudian terjadinya pergeseran serapan ektrim pada gugus C-H regangan alkenil, C-H regangan alkil, -OH tekukan keluar bidang, C=C tekukan keluar bidang



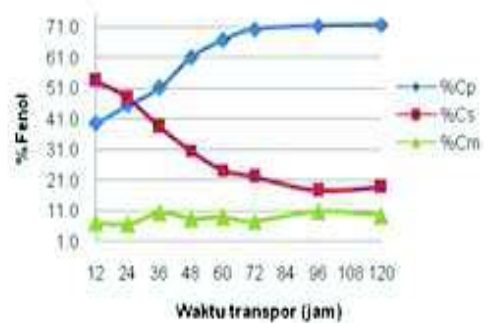
Gambar 1. Skema transpor membran cair dengan carrier



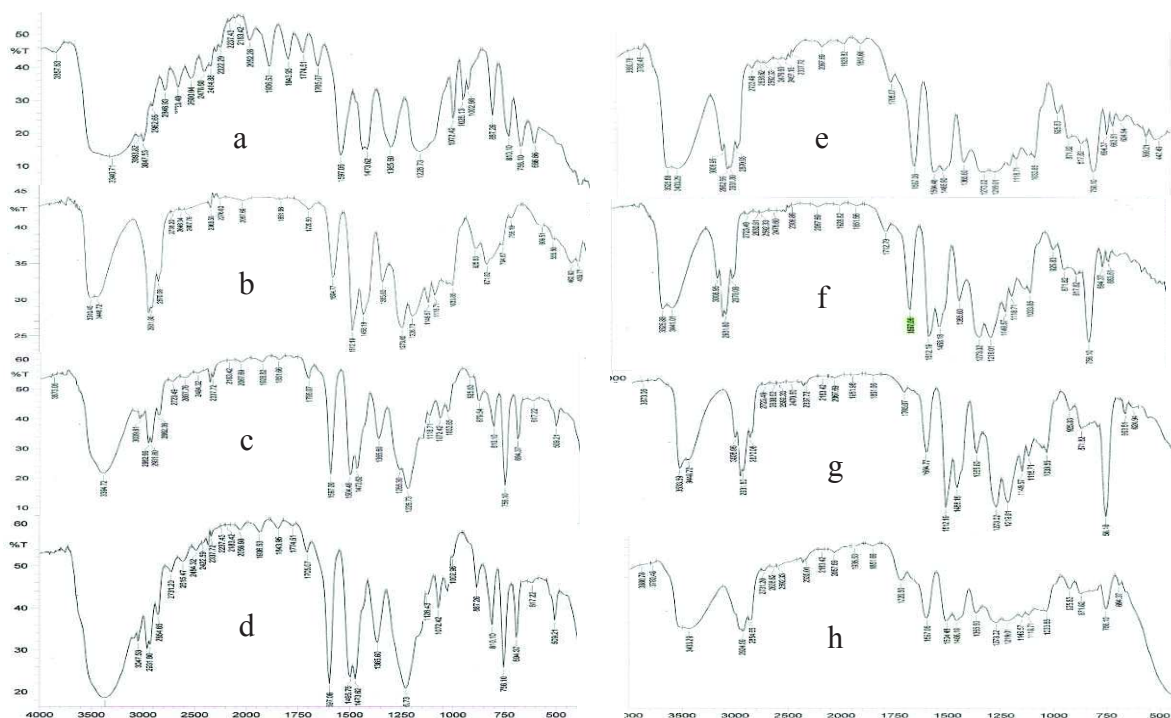
Gambar 2. Kurva panjang gelombang maksimum dan kurva standar



Gambar 3. Hubungan antara % transpor fenol dengan pH fasa sumber



Gambar 4 Hubungan antara % transpor fenol dengan waktu



Gambar 5 Spektrum Inframerah dari (a) fenol, (b) polieugenol, Fenol:polieugenol (c) 50:1, (d) 20:1, (e) 1:1, (f) 1:2, (g) 1:15 dan (h) 1:47

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional SNI 06-6989.21-2004. Air dan Air Limbah-Bagan 21: Cara Uji Kadar Fenol Secara Spektrofotometri.
- Banat, F.A., B. Al-Bashir, S. Al-Asheh, O. Hayajneh. 2000. *Environmental Pollution* (107) 391-398.
- Cichy, W., & J. Szymanowski, 2002. *Environ. Sci. Technol.*, 36 (9), 2088-2093.
- Garea, A., A.M. Urtiaga, M.I. Ortiz, A.I. Alonso, J.A. Irbaien. 1983, *Phenol Recovery With SLM Using Cyanex 923* (Abstrak), Chemical Engineering Communications, Volume 120. DOI: 10.1080/00986449308936126.
- Kusumastuti, A. 2007. (Abstrak). Tesis Magister Teknik kimia, Master Theses, <http://tf.lib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpp-gdl-adhikusuma-25021>, download Selasa 20 Jan 2009 jam 15.25.
- Molva, M. 2004. *Removal of Phenol from Industrial Wastewaters Using Lignitic Coals*, A Dissertation Submitted to the Graduate School in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master Of Science, Izmir Institute of Technology Izmir, Turkey.
- Moraitopoulos, I., Z. Ioannou, J. Simitzis. 2009. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 58 2009.
- Mortaheb, H.R., M.H. Amini, F. Sadeghian, B. Mokhtarani, H. Daneshyar. 2008. *Journal of Hazardous Materials*. 160: 582-588.
- Nghiem, L.D., P. Mornane, I.D. Potter, J.M. Perera, R.W. Cattrall, S.D. Kolev. 2006. *Journal of Membrane Science* 281 (2006) 7-41.
- Ozkaya B. 2006. *Journal of Hazardous Materials B129* (2006) 158-163.
- Park, Y., A.H.P. Skelland, L.J. Forney, J.H. Kim. 2006. *Water Research* 40 (2006) 1763 - 1772.
- Pellegrino, J.J. dan R.D. Noble. 1990, *Tibtechnology* 8 (1990) 216.
- Sun, H., N.P. Hankins, B.J. Azzopardi, N. Hilal, C.A.P. Almeida. 2007. *Separation and Purification Technology*.
- Trivunac, K. dan S. Stevanovic. 2004. *Desalination* 163 (2004) 61-67.
- Wang, L., R. Paimin, R.W. Cattrall, W. Shen, S.D. Kolev. 2000. *Journal of Membrane Science* 176 (2000) 105-111.
- Viraraghavan, T, F.D.M. Flor de Maria Alfaro. 1998. *Journal of Hazardous Materials* (57) 59-70.
- Yu, J.Y., M.Y. Shin, J.H. Noh, J.J. Seo. 2004. *Geosciences Journal* Vol. 8, No. 2, p. 185-189.