

**TRANSPOR FENOL DALAM TEKNIK MEMBRAN CAIR FASA RUAH
MENGUNAKAN LARUTAN FeCl₃ SEBAGAI FASA PENERIMA**

**TRANSPORT OF PHENOL BY BULK LIQUID MEMBRANE
USING FeCl₃ SOLUTION AS STRIPPING PHASE**

Refinel*, Emil Salim, Indah Tri Astuti

Jurusan Kimia, Universitas Andalas
Limau Manis, Padang, Sumatera Barat

*e-mail korespondensi: refinel@sci.unand.ac.id

Abstrak

Fenol merupakan salah satu polutan berbahaya yang terakumulasi dalam perairan dan bersifat stabil. Penelitian ini menggunakan teknik membran cair fasa ruah untuk mengurangi kadar fenol pada perairan sehingga konsentrasinya tidak melebihi ambang batas yang diperbolehkan oleh Peraturan MENLH 03/18 Januari 2010 yakni 1 mg/L. Larutan FeCl₃ dan kloroform berperan sebagai fasa penerima dan membran dalam penelitian ini. Pengaruh berbagai macam variasi seperti, konsentrasi fasa sumber, konsentrasi fasa penerima dan pH fasa penerima serta lama waktu pengadukan telah dipelajari. Kondisi optimum percobaan diperoleh konsentrasi fenol pada fasa sumber 5×10^{-4} M dengan pH 2, konsentrasi larutan FeCl₃ fasa penerima $1,2 \times 10^{-4}$ M dengan pH 6, serta waktu pengadukan selama 90 menit. Efisiensi transpor fenol yang diperoleh pada fasa penerima sebesar 93,28%. Konsentrasi fenol pada fasa sumber dan fasa penerima diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 270 nm. Hasil analisis HPLC menunjukkan bahwa fenol yang tertranspor ke fasa penerima lebih banyak dibandingkan yang tinggal di fasa sumber ditandai dengan tinggi puncak pada kromatogram. Hal ini menunjukkan bahwa teknik membran cair fasa ruah efektif menurunkan kadar fenol dengan menggunakan ion logam Fe sebagai fasa penerima

Kata kunci: FeCl₃, fenol, teknik membran cair fasa ruah, spektrofotometri UV-Vis, HPLC.

Abstract

Phenol is a dangerous pollutant that accumulates in the water and stable. This study use bulk liquid membrane technique to reduce phenol in the waters so the concentration does not exceed 1 mg/L. In this study FeCl₃ solution and chloroform act as the receiving and membrane phases. The effect of various variations such as, source phase concentration, receiver phase concentration and the receiver phase pH and time has been studied. The optimum conditions of the experiment were obtained at the source phase concentration of 5×10^{-4} M with pH 2, the receiving phase concentration of 1.2×10^{-4} M with pH 6, and the stirring time for 90 minutes. The efficiency of phenol transport obtained in the receiving phase is 93.28%. Phenol concentration in the source phase and receiving phase was measured using a UV-Vis spectrophotometer at a maximum wavelength of 270 nm. The results of analysis HPLC show that phenols are transported to the receiving phase more than those living in the source phase are characterized by peak height in the chromatogram. This shows that the bulk liquid membrane technique is effective in reducing phenol levels by using Fe metal ions as the receiving phase.

Keywords: FeCl₃, phenol, bulk liquid membrane technique, UV-Vis spectrophotometry, HPLC

PENDAHULUAN

Kebutuhan sumber Perairan disekitar daerah industri ataupun rumah sakit seringkali memberikan dampak terhadap lingkungan sekitarnya, baik terhadap manusia ataupun ekosistem perairan itu sendiri. Hal ini dikarenakan masih terdapatnya beberapa limbah berbahaya dengan konsentrasi yang melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Fenol merupakan salah satu dari sekian banyak zat kimia berbahaya lainnya yang dapat menurunkan kualitas air. Fenol dan turunannya umumnya juga ditemukan dalam limbah industri dari kilang minyak, petrokimia plants, konversi batu bara dan industri resin fenol (Qasemi dkk, 2018). Berdasarkan Peraturan MENLH 03/18 Januari 2010 kadar fenol dalam perairan tidak melebihi 1 mg/L.

Sekitar 6 juta ton fenol biasanya diproduksi setiap tahunnya di seluruh dunia (Nowee dkk., 2017), sehingga perlu pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke perairan. Hal ini untuk menjaga agar perairan aman setelah dilakukan pembuangan limbah cair kedalam perairan tersebut, sehingga limbah cair tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan perairan, seperti kematian makhluk hidup diperairan serta rusaknya habitat hewan dan tumbuhan yang berada di perairan tersebut.

Pada konsentrasi yang sangat rendah pun fenol memberikan dampak yang berbahaya terhadap lingkungan. Hal ini karena fenol bersifat desinfektan dan meracuni protoplasma sel. Efek toksik fenol yang bersifat akut akan mempengaruhi sistem saraf pusat yang dapat menyebabkan kematian, gangguan pada sistem pencernaan (gastro intestinal), ginjal, paru-paru, kegagalan dalam sirkulasi dan penyakit sawan. Bahkan dalam dosis fatal fenol dapat terserap melalui kulit sehingga permukaan kulit menjadi putih (Refinel, 2016). Karena toksisitas dan karsinogenisitas fenol yang sangat tinggi, *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *European Union* (EU) menggolongkan fenol sebagai polutan prioritas yang harus dikontrol (Yang dkk, 2016).

Pentingnya pengolahan limbah sebelum dibuang, menjadikan orang berusaha mencari metode yang cocok untuk menghilangkan fenol pada limbah cair. Telah banyak metode yang dikembangkan orang seperti biodegradasi, degradasi fotokatalisis, degradasi oksidasi dan pemisahan dengan menggunakan membran nano porous (Hemmati dkk, 2012; Nowee, 2017)

Teknik membran cair ini dipilih sebagai metode lain untuk proses pemisahan fenol dari limbah cair yang telah dilakukan transport fenol dengan metoda membran emulsi (Refinel dkk, 2002), metoda membran cair berpendukung (Yang dkk, 2016). Teknik membran cair fasa ruah dinilai memiliki beberapa keuntungan, salah satunya penggunaan energi yang rendah, hal ini karena pelaksanaannya dapat dilakukan pada temperatur ruang. Secara pelaksanaan pun teknik ini cukup praktis karena tidak membutuhkan prosedur perangkaian alat yang rumit. Keuntungan lain seperti membran dapat didaur ulang (Yulistia dkk, 2013) diharapkan sekaligus mampu memisahkan.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu sel membran cair fasa ruah, yaitu tabung silinder dengan luas permukaan 3,14 cm², dan gelas piala 100 mL dengan luas permukaan 7,07 cm², spektrofotometer UV-Vis (Spektronik 20D), magnetic stirrer, magnetik bar, neraca analitis (Ainswort), pH meter (Hanna), HPLC (Shimadzu) system controller (CBM-20A/20Alite prominence), *solvent delivery module* (LC-20AD prominence), UV-VIS *detector* (SPD-20A/SPD-20AV prominence) dan alat-alat laboratorium lainnya (Refinel dkk. 2012).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fenol (C₆H₅OH) (Merck), kloroform (CHCl₃) (Merck), ion logam transisi dalam bentuk garam, besi (FeCl₃.6H₂O) (Merck), asam klorida (HCl) p.a (Merck), dinatrium hidrogen posfat (Na₂HPO₄), natrium dihidrogen posfat (NaH₂PO₄), metanol (CH₃OH) (Merck), akuabides, serta akuades.

Penentuan Transpor Fenol dengan Teknik Membran Cair Fasa Ruah

Proses transpor dilakukan seperti percobaan Refinel dkk. (2012). Tabung silinder (permukaan 3,14 cm²) dimasukkan ke dalam gelas piala 100 mL (luas permukaan 7,07 cm²) secara tegak lurus, kemudian dimasukkan magnetik stirrer ke dalam tabung silinder. Gelas piala diisi dengan 30 mL kloroform. Kemudian ke dalam tabung kaca silindris dimasukan 6 mL larutan fasa sumber berupa larutan fenol dengan kondisi pH 2 dengan konsentrasi tertentu (Refinel dkk., 2002; Yang, 2016). Di luar tabung

silinder dipipetkan 12 mL larutan ion logam transisi, yaitu 12 mL larutan ion logam (FeCl₃). Teknis operasi dilakukan melalui pengadukan dengan memakai magnetik stirer pada kecepatan 180 rpm selama 1 jam. Setelah 1 jam, proses transpor dihentikan dan didiamkan selama 15 menit, kemudian fasa penerima dan fasa sumber diambil untuk ditentukan konsentrasi fenol yang ada dalam fasa penerima dan fasa sumber dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum (270 nm) yang dihasilkan pada pengukuran spektrum larutan fenol dalam pelarut air dan larutan fenol dalam larutan FeCl₃. Hasilnya sama karena larutan FeCl₃ sangat encer menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

Penetapan Konsentrasi Fenol dengan Spektrofotometer UV-Vis

Fenol dalam fasa sumber dan fasa penerima sesudah transpor ditentukan konsentrasi masing-masingnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Kurva kalibrasi dibuat dari pengukuran absorbansi konsentrasi larutan standar fenol dengan variasi 1×10⁻⁴ M; 1,5×10⁻⁴ M; 2×10⁻⁴ M; 2,5×10⁻⁴ M; 3,0×10⁻⁴ M pada panjang gelombang maksimum fenol. Setelah itu, absorbansi sampel yang diperoleh pada fasa sumber dan fasa penerima dibandingkan dengan absorbansi larutan standar yang digunakan sehingga diperoleh konsentrasi fenol.

Variasi Percobaan

Percobaan dilakukan dengan memvariasi konsentrasi fasa sumber larutan fenol dari 3×10⁻⁴ M – 11×10⁻⁴M, pH fasa penerima dari 5-8, konsentrasi fasa penerima larutan FeCl₃ dari 6×10⁻⁵M – 14×10⁻⁵M, dan waktu dari 15– 120 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi Konsentrasi Fasa Sumber

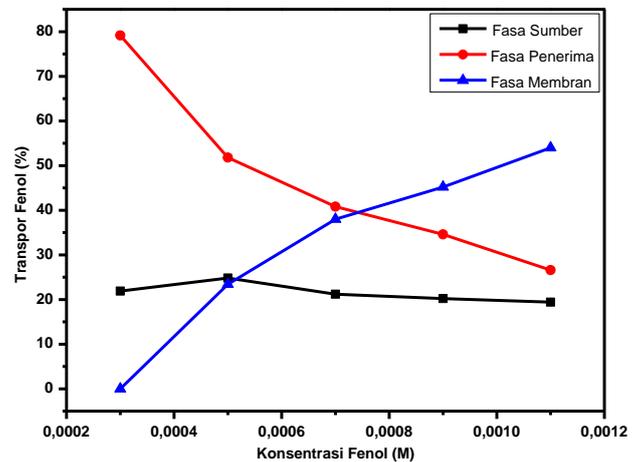
Peningkatan konsentrasi fenol menyebabkan persentase di fasa penerima menurun dapat dilihat pada Gambar 1. Perbedaan persentase yang jauh antara konsentrasi 3×10⁻⁴M dan 5×10⁻⁴M pada fasa penerima yaitu dari 79,16% menuju 51% sebenarnya tidak ada pengaruh, karena jumlah molekul yang melewati antar fasa membran dan fasa penerima sama banyak untuk kedua konsentrasi tersebut, maksudnya perbedaan nilai persentase disebabkan oleh jumlah molekul fenol

awal dalam fasa sumber semakin besar, akibatnya nilai persen semakin kecil.

$$\% \text{ fenol transport fenol} = \frac{C_p}{C_s} \times 100 \%$$

C_p = konsentrasi fenol dalam fasa penerima

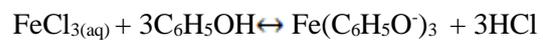
C_s = konsentrasi fenol dalam fasa sumber
(Refinel, 2011).



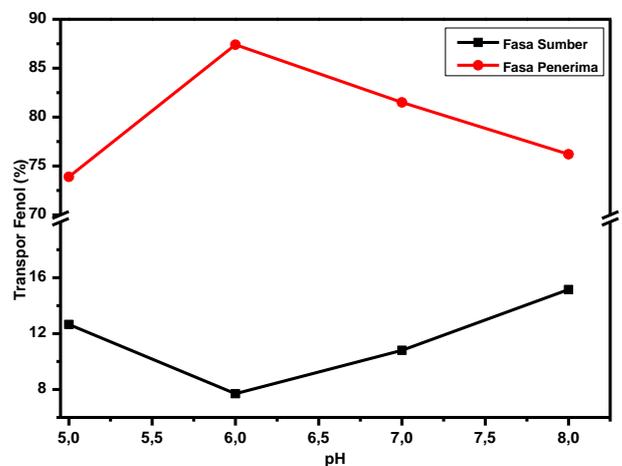
Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Fenol dalam Fasa Sumber Terhadap Persentase Transport Fenol Ke Fasa Penerima

Variasi pH Fasa Penerima

Pembentukan Besi(III) fenolat melalui reaksi berikut:



menjelaskan bahwa H⁺ mempengaruhi kestabilan pembentukan kompleks artinya perlu penambahan buffer (Na₂HPO₄ dan (NaH₂PO₄) agar pH dapat terkontrol dengan baik serta menghindari terbentuknya endapan (Refinel dkk, 2018; Vogel, 1985).

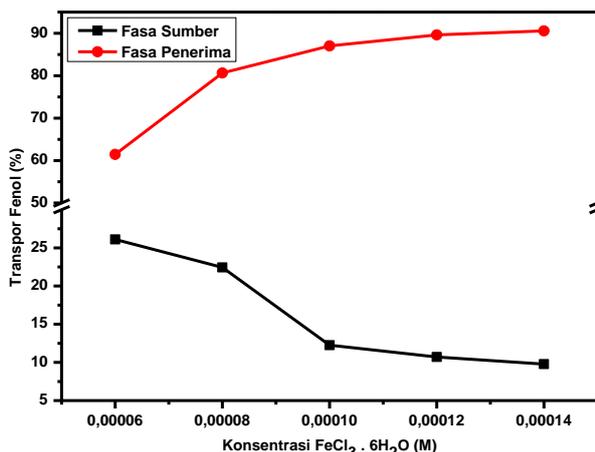


Gambar 2. Pengaruh pH Fasa Penerima Terhadap Transpor Fenol

Gambar 2 menunjukkan bahwa fenol tertransport secara optimal dari fasa membran ke fasa penerima pada pH 6 dengan persentase transport pada fasa penerima sebesar 87,4% dan yang tersisa pada fasa sumber sebesar 7,7%.

Variasi Konsentrasi Fasa Penerima

Pengaruh variasi konsentrasi fasa penerima mengambil peran penting dalam proses transport fenol. Bagaimana tidak, kemampuan penarikan fenol oleh FeCl₃ tentunya dipengaruhi oleh banyaknya FeCl₃ dalam fasa penerima, dapat dilihat pada Gambar 3. Persentase transport fenol pada fasa penerima dengan konsentrasi fasa penerima 1,0×10⁻⁴ M sebesar 87,02% sedangkan pada konsentrasi 1,2×10⁻⁴ M sebesar 89,62%, melalui data ini dapat dikatakan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi fasa penerima juga meningkatkan persentase transport fenol di fasa penerima (Refinel, 2015).

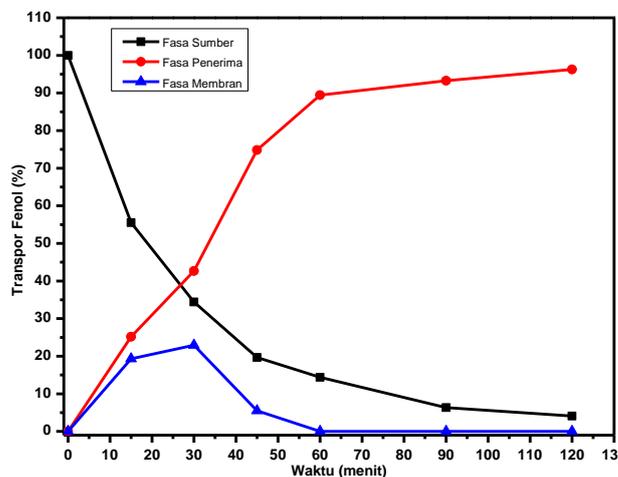


Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Fasa Penerima Terhadap Persentase Transport Fenol

Variasi Lama Waktu Pengadukan

Faktor lama pengadukan sangat mempengaruhi interaksi tumbukan antar molekul dalam proses difusi (Putri, 2013). Oleh karena itu, lamanya pengadukan mempengaruhi jumlah fenol yang tertransport dari fasa membran ke fasa penerima. Gambar 4 memperlihatkan peningkatan persentase transport fenol seiring penambahan waktu pengadukan. Selain itu pada Gambar 4 juga diketahui bahwa waktu optimum transport fenol adalah 90 menit dengan kecepatan pengadukan 180 rpm dimana persentase transport fenol ke fasa penerima mencapai 93,28% dan yang tersisa di fasa sumber berkisar 6%. Pada waktu kurang dari 90 menit proses difusi molekul fenol dari fasa sumber belum semuanya dapat tertransport ke fasa membran dan terus ke fasa penerima, sedangkan pada waktu besar dari 90 menit proses difusi telah

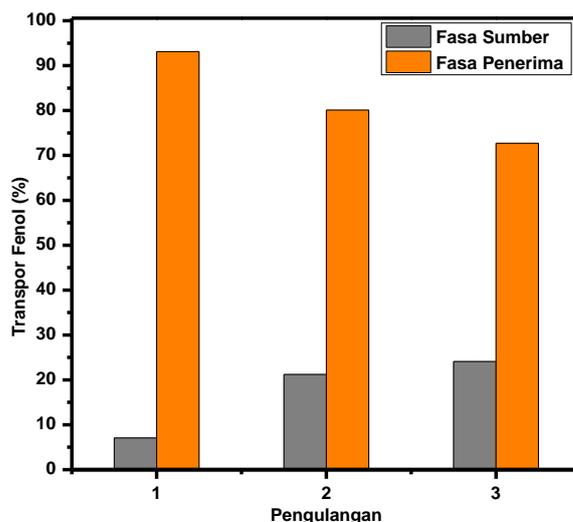
mencapai setimbang sehingga terlihat fenol yang tertransport sudah konstan. Berdasarkan gambar diatas dapat dikatakan bahwa reaksi transport fenol merupakan reaksi konsekutif orde satu (Fatimah, 2013).



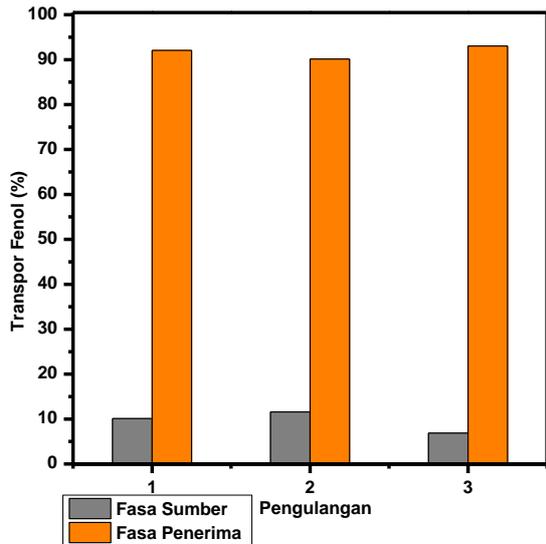
Gambar 4. Pengaruh Lama Waktu Pengadukan Terhadap Transport Fenol

Penentuan Transport Fenol dengan Membandingkan Membran yang Sudah Didestilasi dengan Membran Tanpa Destilasi

Pada penelitian ini dipelajari bagaimana kemampuan membran untuk dipakai secara berkelanjutan dan kemampuan membran setelah dilakukannya recycle dengan cara destilasi dan tanpa didestilasi



Gambar 5. Hasil Transport Fenol ke Fasa Penerima dengan Membran Yang Dipakai secara Berkelanjutan



Gambar 6. Hasil Transpor Fenol ke Fasa Penerima dengan Membran yang Sudah Didestilasi

Gambar 5 menunjukkan bahwa proses pemakaian membran yang sama untuk tiga kali proses pengulangan tidak memberikan hasil yang bagus dalam transpor fenol menggunakan teknik membran cair fasa ruah, hal ini terjadi diakibatkan membran setelah proses pertama masih terisi dengan fenol sehingga untuk proses kedua terjadi penghambatan fenol difasa sumber untuk pindah ke fasa membran, sehingga efisiensi transpor fenol pada fasa penerima berkurang seiring proses pemakaian membran yang berkelanjutan (Nowee dkk, 2017).

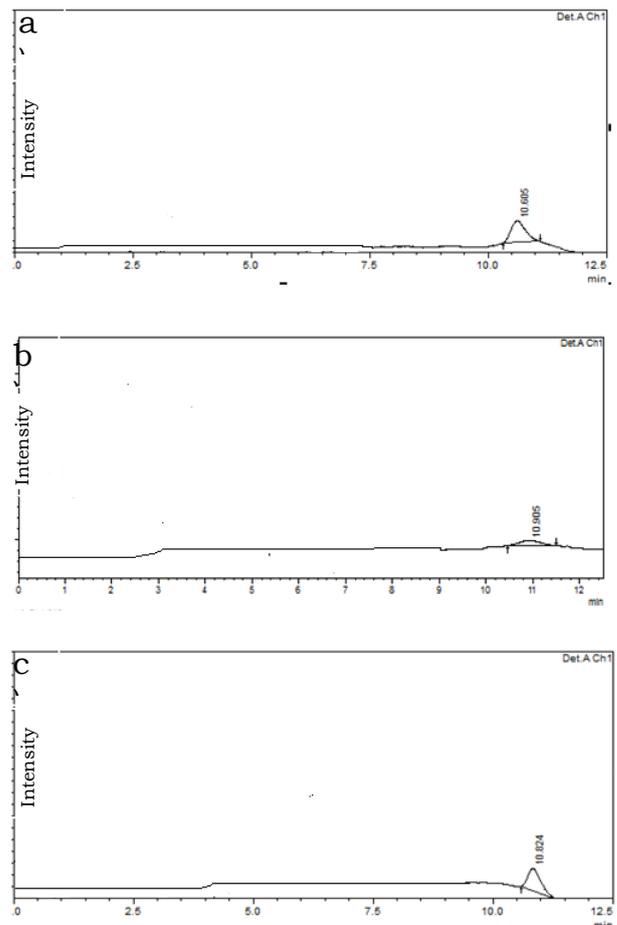
Hal berbeda terjadi untuk proses transpor fenol dengan memakai membran yang sudah didestilasi. Gambar 6 menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang signifikan untuk persentase transpor fenol di fasa penerima untuk proses pertama, kedua, dan ketiga. Hal ini membuktikan bahwa membran yang sudah didaur ulang dengan cara destilasi bisa digunakan kembali untuk proses transpor fenol menggunakan teknik membran cair fasa ruah.

Pengujian HPLC

Setelah dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis, hasil transpor fenol di analisis menggunakan HPLC. Pada kromatogram terlihat puncak pada waktu retensi berkisar ±10 menit, berdasarkan kromatogram yang diperoleh oleh Mechy R.W, puncak pada waktu retensi tersebut merupakan puncak dari fenol.

Melalui Gambar 7 a), b), dan c) dapat dibandingkan tinggi puncak yang muncul pada kromatogram, yang mana pada fasa penerima

setelah proses transpor terlihat puncak yang hampir sama tinggi dengan puncak pada kromatogram standar, hal ini menandakan bahwa hampir keseluruhan fenol tertranspor ke fasa penerima, sebaliknya pada fasa sumber setelah transpor muncul puncak yang rendah pada kromatogramnya. Puncak yang diidentifikasi yaitu puncak pada waktu retensi ±10 menit (Abdullah dkk, 2015).



Gambar 7. Kromatogram HPLC larutan fenol a) standar, b) fasa sumber setelah transpor, c) fasa penerima setelah transpor

KESIMPULAN

Proses transpor fenol menggunakan teknik membran cair fasa ruah dengan menggunakan ion logam transisi (ion logam Fe) sebagai fasa penerima dinilai memiliki potensial yang besar untuk *recovery* senyawa fenol. Melalui hasil penelitian diperoleh persentase transpor fenol ke fasa penerima sebesar 93,28 %, dengan konsentrasi fasa sumber $5 \times 10^{-4} M$ dengan kondisi pH 2, konsentrasi fasa penerima $1,2 \times 10^{-4} M$ dengan kondisi pH 6 dan waktu pengadukan 90 menit. $FeCl_3$ memiliki kemampuan yang baik dalam menarik fenol dari fasa membran, dibuktikan melalui hasil

pengujian HPLC, dimana muncul puncak yang tinggi pada kromatogram fasa penerima setelah proses transpor.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, M., Al Hamdi., Mika, S., Joydeep, D. (2015). Photocatalytic degradation of phenol by iodine doped tin oxide nanoparticles under UV and sunlight irradiation. *Journal of Alloys and Compounds*, 366-371.
- Applequist, D, Depuy, C. (1982). Introduction to organic Chemistry. Third Edition. John Wiley & Sons, New York, 134.
- Fatimah. (2013). Kinetika Kimia. Graha Ilmu; Yogyakarta, 75-80.
- Hemmati, M., Nazari, N., Hemmati, A., Shirazian, S. (2015). Phenol removal from wastewater by means of nanoporous membrane contactors. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 1410-1416.
- Nowee, S.M., Taherian, M., Salimi, M., Mousavi, S.M. (2017). Modeling and simulation of phenol removal from wastewater using a membrane contactor as a bioreactor. *Journal of Engineering*, 42, 300-314.
- Qasemi, M., Afsharnia, M., Zarei, A., Najafpoor, A.A., Salari, S., Shams, M. (2018). Phenol removal from aqueous solution using *Citrullus colocynthis* waste ash. *Journal of Engineering*, 18, 620-628.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup . (2010). Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. No .03 /18 Januari 2010,
- Putri, S.S. (2013) Optimalisasi transpor metilen biru melalui kloroform dengan teknik membran cair fasa ruah oleh pembawa asam salisilat. Skripsi Kimia Universitas Andalas.
- Refinel., Imelda.,Viola, R., Deswati. (2018). Optimization transport of paracetamol through chloroform by bulk liquid membrane technique. *Eco. Env & Cons*, 24 (3), 35-40.
- Refinel., Emdenis., Mustafa, D., Safitri, W., Yesti, Y., Anggi, R. (2012). Kinetika transpor fenol dengan aditif surfaktan dalam teknik membran cair fasa ruah. *Jurnal Riset Kimia*, 5(2), 150-157.
- Refinel, Zaharasm, K. (2002). Optimasi Penggunaan N-N Dimetilasetamida sebagai zat pembawa dalam Teknik Membran Emulsi untuk Pemisah Fenol dalam air. *Jurnal Kimia Andalas*, 8, 54-58.
- Refinel. (2016). Proses ultrafiltrasi untuk penjernihan sari buah markisa (*Passiflora quadrangularis*) dengan memanfaatkan membran keramik. *Jurnal Riset Kimia*, 9(2), 36-41.
- Refinel. (2011). Penentuan kondisi optimasi transpor ion Cu (II) melalui teknik membran cair fasa ruah secara simultan dengan oksin sebagai pembawa. *Jurnal Riset Kimia*, 4(2), 48 – 54.
- Refinel. (2015). Transpor iodin melalui membran kloroform dengan natrium tiosulfat sebagai fasa penerima dalam Teknik membran cair fasa ruah. *Jurnal Riset Kima*, 8(2), 149-153.
- Yang, X., Duan, H., Shi, D., Yang, R., Wang, S., Guo, H. (2016). Facilitated transport of phenol through supported liquid membrane containing bis (2-ethylhexyl) sulfoxide (BESO) as the carrier. *Journal of Chemical Engineering and Processing*, 93, 79–86.
- Yulistia,V., Mustafa, D., Refinel. (2013) Optimasi transpor asam salisilat melalui teknik membran cair fasa ruah. *Jurnal Kimia Unand*, 62-70.
- Vogel. (1985). Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Se mikro. Edisi ke Lima, PT, Kalman Media Pustaka, Jakarta, 263