

Penurunan Fenol Melalui Proses *Adsorptive Micellar Flocculation*

Hudori dan Andik Yulianto
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP
Universitas Islam Indonesia
hudori@ftsp.uii.ac.id

Abstrak

Pencemaran air oleh senyawa fenol banyak menimbulkan dampak negatif bagi manusia dan lingkungan. Salah satu metode pengolahan fenol yang dapat dilakukan adalah mempergunakan proses adsorptive micellar flocculation yaitu suatu metode pengolahan air limbah dengan memanfaatkan kation yang menempel pada struktur surfaktan yang berbentuk micelle untuk mengikat bahan organik dari air limbah dan membentuk flok yang dapat dipisahkan dengan mudah. Kation yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah ion aluminium yang terdapat dalam senyawa Aluminium sulfat atau yang umum dikenal dengan nama tawas.

Kata kunci: fenol, surfaktan, aluminium, adsorptive micellar flocculation

1. Pendahuluan

Secara umum sumber pencemaran fenol di badan air berasal dari batubara, kilang minyak dan air limbah yang berasal dari industri resin, plastik, fiber, lem, besi, baja, aluminium, karet serta effluen industri bahan bakar sintetik. Sedangkan sumber alamiah dari keberadaan fenol di air adalah dari kotoran binatang dan dekomposisi bahan organik (EPA, 1980). Selain itu, sebagai metabolit dari benzena maka senyawa fenol juga terdeteksi di instalasi pengolahan air limbah. Senyawa fenol dapat juga mencemari tanah ketika terjadi tumpahan ketika pengangkutan dan bongkar muat di pabrik dan juga dapat berasal dari lokasi penyimpanan limbah B3 dan landfill (Xing et.al, 1994).

Sebagai senyawa yang banyak dipakai oleh industri, fenol mempunyai efek yang berbahaya bagi lingkungan dan manusia. Dalam konsentrasi tertentu senyawa ini dapat memberikan efek yang buruk terhadap manusia, antara lain berupa kerusakan hati dan ginjal, penurunan tekanan darah, pelemahan detak jantung, hingga kematian. Senyawa ini dapat dikatakan aman bagi lingkungan jika konsentrasinya berkisar antara 0,5 – 1,0 mg/l sesuai dengan KEP No. 51/MENLH/ 10/1995 dan ambang batas fenol dalam air baku air minum adalah 0,002 mg/l seperti dinyatakan oleh BAPEDAL (Slamet, 2005).

Di dalam perairan senyawa fenol dapat menimbulkan dampak keracunan pada ikan dan biota yang menjadi makanannya, mengurangi kandungan oksigen didalam air akibat penguraian senyawa-senyawa fenol oleh mikroorganisme dan menimbulkan rasa tak sedap pada daging ikan. Senyawa-senyawa fenol pada kadar yang tinggi dapat bersifat toksik, tetapi masalah utama yang dapat ditimbulkan adalah rasa dan bau. Air yang mengandung fenol sebesar 0,001 ppm tidak mempunyai rasa dan bau, tetapi fenol pada kadar tersebut sangat sukar untuk dideteksi.

Untuk mengatasi akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran senyawa fenol terhadap manusia dan lingkungan maka perlu dilakukan pengolahan fenol. Secara umum pengolahan fenol dibagi menjadi dua, yaitu dengan menurunkan kadar fenol dan melakukan recovery pada senyawa fenol. Selain itu sudah banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengolah limbah fenol misalnya dengan proses bioremediasi (Jusoh, 2008), fotokatalis (Slamet, 2005), elektrokimia (Abdelwahab, 2009), kayu apu (Iskandar, 2009), enceng gondok (Hamamah, 2008). Penelitian ini mencoba menerapkan proses *Adsorptive Micellar Flocculation* (AMF) untuk mengolah fenol dalam air limbah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini mempergunakan limbah buatan untuk senyawa fenol dengan kisaran konsentrasi dari 0,1 – 1 mg/L. Senyawa surfaktan yang dipergunakan untuk menghasilkan struktur *micelle* dibuat dari senyawa *sodium dodecylsulfate* (SDS) yang merupakan bahan baku pembuatan deterjen. Percobaan ini dilakukan secara batch dengan mempergunakan beker glass dengan kapasitas 1000 mL sebagai reaktor untuk proses *Adsorptive Micellar Flocculation*. Setiap beker glass diisi dengan larutan surfaktan yang sudah dicampur dengan senyawa Aluminium sulfat dengan perbandingan konsentrasi yang sama. Kemudian masing-masing beker glass diberi larutan fenol dengan konsentrasi bervariasi dari 1 sampai 10 mg/L. Setiap beker glass diaduk dengan mempergunakan peralatan jar test dengan kecepatan yang sama yaitu 100 rpm selama 1 menit, 80 rpm selama 2 menit, 60 rpm selama 3 menit, 40 rpm selama 5 menit. Larutan yang sudah mengalami proses pengadukan didiamkan selama 20 menit supaya terjadi pemisahan antara endapan dan air.

Salah satu fenomena yang terjadi pada larutan surfaktan adalah terbentuknya suatu struktur molekul berbentuk agregat yang dikenal sebagai *Micelle*. Struktur ini sangat berperan dalam proses *Adsorptive Micellar Flocculation*. Untuk mengetahui terbentuknya struktur ini maka dilakukan percobaan untuk mencari nilai *Critical Micelle Concentration* (CMC). Pada penelitian ini digunakan salah satu metode penentuan CMC yakni dengan mengukur konduktivitas dari konsentrasi surfaktan. Metode ini dipilih karena merupakan metode yang sering dipakai untuk penentuan CMC (Holmberg, 2002). Percobaan yang akan dilakukan ini mengacu pada Dieu (2006) yang langkahnya sebagai berikut:

1. Menyiapkan 100 mL larutan 0.02 M *sodium dodecylsulfate* (SDS), untuk membuat larutan ini digunakan aquades sebagai pelarutnya.
2. Larutan SDS yang sudah dibuat dimasukkan sebanyak 50 mL ke *beker glass* 100 mL. Selain itu dipersiapkan aquades dalam *beker glass* yang lain.
3. Mengukur nilai konduktivitas dari larutan SDS.

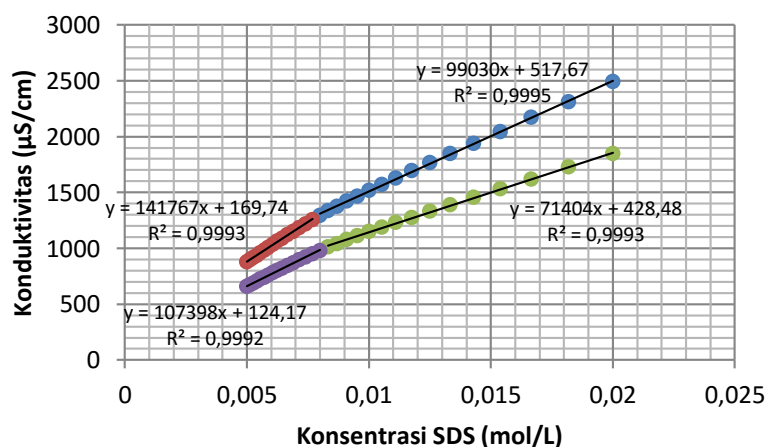
4. Mengencerkan larutan SDS dengan menambahkan 5 mL aquades, kemudian diaduk dan dibiarkan beberapa menit serta diukur nilai konduktivitasnya. Mengulangi langkah ini sampai total larutan menjadi 100 mL.
5. Mengambil seluruh larutan pada langkah 4 dan dimasukkan ke *beker glass* 150 mL. Mengikuti langkah pengenceran seperti di atas dengan menambahkan 5 mL aquades sampai volume total 150 mL.
6. Mengambil seluruh larutan pada langkah 5 dan dimasukkan ke *beker glass* 250 mL. Mengikuti langkah pengenceran seperti di atas dengan menambahkan 5 mL aquades sampai volume total 200 mL.

Untuk mendapatkan data yang akurat maka dilakukan percobaan yang sama namun menggunakan aquabides sebagai pelarutnya. Sedangkan untuk analisa terhadap parameter fenol, surfaktan dan aluminium mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu SNI 06-6989.21-2004 untuk pengujian fenol, SNI 06-6989.51-2005 untuk pengujian surfaktan dan SNI 06-6989.34-2005 untuk pengujian aluminium.

3. Hasil dan Pembahasan

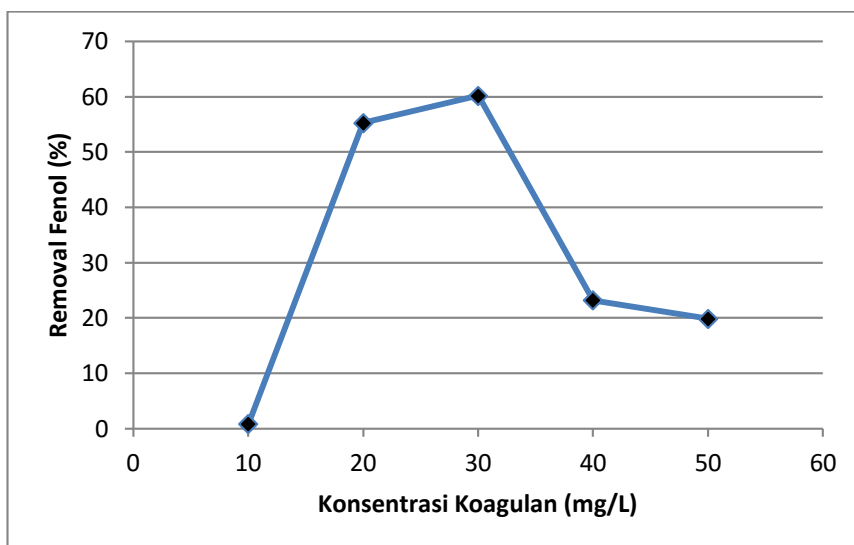
Nilai Critical Micelle Concentration (CMC)

Nilai Critical Micelle Concentration (CMC) yang diperoleh dengan mengukur konduktivitas surfaktan dengan pelarut aquadest dan aquabidest terjadi pada konsentrasi 0.008 mol/L atau 2.31 mg/L. Berikut ini adalah hubungan antara SDS (*sodium dodecylsulfate*) dengan nilai konduktivitas untuk dua pelarut yang berbeda.



Gambar 1. Hubungan Antara Konsentrasi SDS dengan Nilai Conductivity

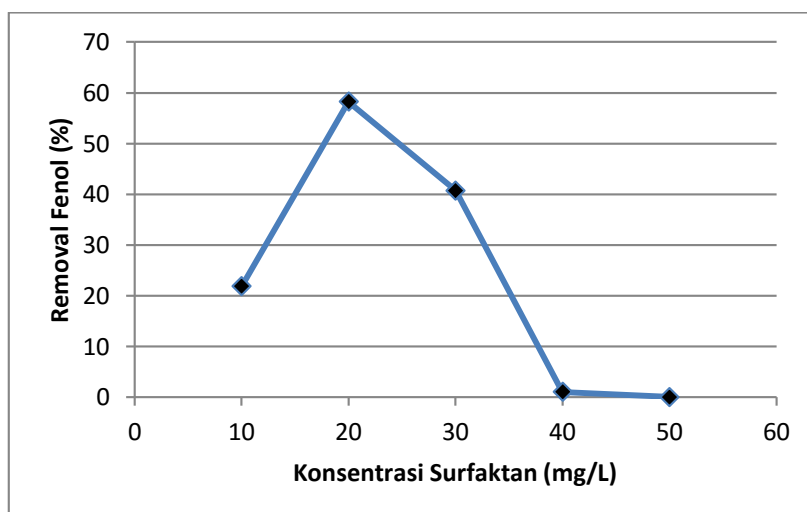
Penurunan Konsentrasi Fenol



Untuk mengetahui kebutuhan koagulan alum maka dilakukan percobaan dengan variasi konsentrasi dari 10-50 mg/L. Hasil penurunan konsentrasi fenol dengan variasi koagulan alum menunjukkan pola yang tidak linier, seperti terlihat pada Gambar 2.

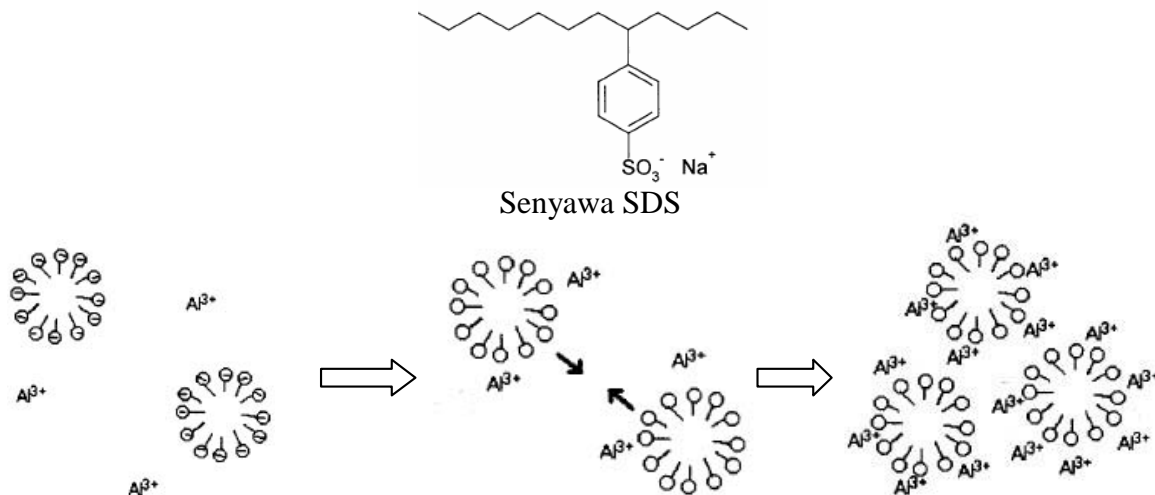
Gambar 2. Pengaruh variasi koagulan terhadap penurunan fenol

Pada variasi percobaan ini, prosentase removal yang paling baik dihasilkan pada konsentrasi koagulan antara 20-30 mg/L untuk menurunkan fenol dengan konsentrasi 0.1 mg/L.



Gambar 3. Pengaruh variasi surfaktan terhadap penurunan fenol

Sedangkan pengaruh variasi surfaktan terhadap penurunan kadar fenol juga menunjukkan pola yang hampir sama dengan alum, dimana konsentrasi surfaktan yang paling baik untuk menurunkan fenol dicapai pada konsentrasi 20-30 mg/L. Dimana pada konsentrasi tersebut sudah terbentuk struktur micelle yang akan mengikat ion aluminium sehingga terjadi proses *Adsorptive Micellar Flocculation* sebagaimana Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme AMF

Menurut H. Sun et al. (2008) mekanisme yang terjadi pada proses AMF adalah sebagai berikut:

1. Terjadi ikatan antara ion yang bermuatan tinggi seperti Al^{3+} dan Fe^{3+} dengan permukaan micelle yang menimbulkan suatu area dengan konsentrasi kation yang tinggi melewati lapisan Stern-difusi di sekeliling *micelle*. Lapisan pelindung yang bermuatan di permukaan mendorong terjadinya flokulasi dari *micelle*, dimana akan terbentuk struktur berukuran besar. Nilai zeta potensial dari partikel koloid akan menjadi nol di area tersebut pada saat semua *micellar* surfaktan mengalami flokulasi.
2. Senyawa polutan organik mengalami proses absorpsi membentuk senyawa kompleks dengan lapisan Stern-difusi yang diakibatkan oleh konsentrasi yang tinggi dari kation. Mekanisme reaksi kompleks dapat dijelaskan dengan terjadinya penurunan konsentrasi senyawa organik anion dari 0.1 M menjadi 10^{-3} sampai 10^{-4} M setelah proses flokulasi.
3. Faktor yang ketiga adalah terjadi ikatan mekanik. Keberadaan muatan positif yang berlebihan jumlahnya dapat diamati ketika dilakukan pengukuran rasio molar dari kation bermuatan banyak dari flokulan surfaktan SDS dengan Al^{3+} pada saat adanya ion Zn^{2+} . Hal ini menjelaskan bahwa terjadi inklusi dari sebagian lapisan difusi atau bahkan lapisan bulk ke dalam wilayah rheologically membentuk “ikatan” dengan micelle. Sehingga pada kondisi ini peningkatan removal senyawa organik dapat diamati.
4. Kekeruhan terjadi ketika konsentrasi flokulan sangat rendah, oleh karena itu perlu diubah menjadi flok yang berukuran besar. Untuk surfaktan SDS, perbedaan konsentrasi $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ pada saat kekeruhan tersebut dengan terjadinya flokulasi dengan cepat nilainya kecil.

Struktur micelle yang sudah berikatan dengan ion Al^{3+} akan menarik senyawa fenol yang memiliki gugus hidroksil (-OH). Struktur micelle tersebut kemudian akan bergabung menjadi flok-flok yang dapat dipisahkan melalui proses sedimentasi maupun filtrasi. Dengan semakin banyak senyawa fenol yang terikat akan menyebabkan penurunan konsentrasi fenol dalam air limbah.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil yaitu proses Adsorptive Micellar Flocculation mampu menurunkan fenol sebesar 60%. Dimana untuk menurunkan 0.1 mg/L fenol dibutuhkan senyawa aluminium sulfat sebesar 20-30 mg/L dan senyawa surfaktan sebesar 20-30 mg/L.

Daftar Pustaka

- Aboulhassan, M. A., Souabi, S., Yaacoubi, A., dan Baudu, M. (2006). Removal of surfactant from industrial wastewaters by coagulation flocculation process, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 3(4), 327-332.
- Abdelwahab, O., Amin, N.K., dan El-Ashtoukhy, E-S.Z. (2009). Electrochemical removal of phenol from oil refinery wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, 163, 711-716.
- Connell, D., dan Miller, G. (1995). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, UI Press, Jakarta.
- Ge, J., Qu, J., Lei, P., dan Liu, H. (2004). New bipolar electrocoagulation–electroflotation process for the treatment of laundry wastewater, *Separation and Purification Technology*, 36, 33-39.
- Hamamah, F. dan Trihadiningrum, Y. (2008). Penyisihan Fenol Pada Limbah Industri Dari Pt Xyz Dengan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII*, Program Studi MMT-ITS, Surabaya.
- Hoinkis, J., dan Panten, V. (2008). Wastewater recycling in laundries - from pilot to large-scale plant, *Chemical Engineering and Processing*.
- Hudori dan Soewondo, P. (2008). Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Elektrokoagulasi, *Tesis*, ITB, Bandung.
- H. Sun, N.P. Hankins, B.J. Azzopardi, N. Hilal, C.A.P. Almeida. (2008). A pilot-plant study of the adsorptive micellar flocculation process: Optimum design and operation, *Separation and Purification Technology*, 62, 273-280.
- Iskandar, D.T., dan Trihadiningrum, Y. (2008). Penyisihan Fenol Pada Limbah Industri Dari Pt Xyz Dengan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*), *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII*, Program Studi MMT-ITS, Surabaya.
- Jusoh, N., dan Razali, F. (2008). Microbial Consortia From Residential Wastewater For Bioremediation Of Phenol In A Chemostat, *Jurnal Teknologi*, 48(F), 51-60.
- NPI. (2008). *Phenol*, diakses dari situs <http://www.npi.gov.au:80/database/substance-info/profiles/70.html>

- Slamet, R. Arbianti, dan Daryanto. (2005). Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr^{6+} Atau Pt^{4+}) Secara Simultan dengan Fotokatalis Tio_2 , Zno-Tio_2 , dan Cds-Tio_2 , *Makara, Teknologi*, Vol. 9, No. 2, 66-71.
- Talens-Alesson, F.I., Anthony, S., dan Bryce, M. (2004). Complexation of organic compounds in the presence of Al^{3+} during micellar flocculation, *Water Research*, 38, 1477-1483.
- Talens-Alesson, F.I., Anthony, S., dan Bryce, M. (2006). Removal of phenol by adsorptive micellar flocculation: Multi-stage separation and integration of wastes for pollution minimisation, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 276, 8-14.