

## DISTRIBUTION OF SURFACTANT AND PHENOL IN COASTAL WATERS OF JAKARTA GULF

### Distribusi Surfaktan dan Fenol di Perairan Teluk Jakarta

Ermin K. Winarno\*, Winarti Andayani and Agustin Sumartono

<sup>a</sup> Centre for the Application Technology of Isotopes and Radiation, National Nuclear Energy Agency  
Jl. Cinere, Pasar Jumat, Lebak Bulus, Jakarta Selatan

Received 19 September 2006; Accepted 20 October 2006

### ABSTRACT

The investigation of the anionic surfactant and phenol contamination in sea water of Jakarta Gulf was carried out. The sea water samples in Jakarta Gulf were collected in May 2004 at 21 stations (sampling sites). The monitoring results indicated that the anionic surfactants were detected in sea water samples from 20 stations with the low varied level from 0.276 mg/L to 0.779 mg/L. The anionic surfactant at the station 21 was detected with the highest value, it was 1.202 mg/L. The phenol pollutants in sea water samples from 16 stations were detected with higher level than permitted concentration for sea water, while the samples from 5 stations were not detected. The phenol concentration in sea water samples were varied from 0.009 mg/L to 1.364 mg/L.

**Keywords:** distribution, surfactant, phenol, Jakarta Gulf.

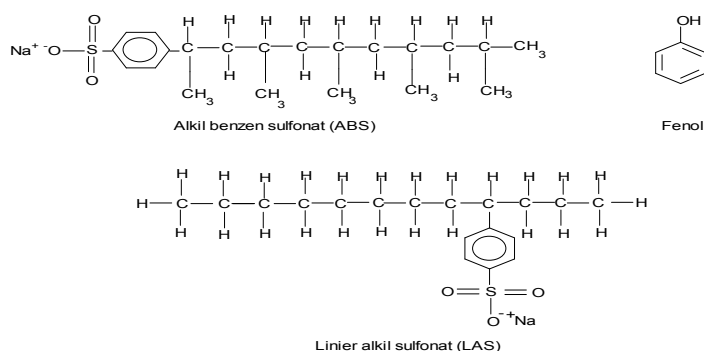
### PENDAHULUAN

Teluk Jakarta merupakan tempat bermuaranya beberapa sungai di Jakarta (Dadap, Terusan Cengkareng, Grogol, Angke, Krendang, Mampang, Cideng, Kali Besar, Ciliwung, Koja, Sunter, Baru, Cakung, Terusan Cakung, Blencong, dan Tawar) dan daerah sekitarnya. Sungai-sungai ini mengangkut berbagai pencemar hasil aktivitas manusia di daerah industri maupun pemukiman di DKI Jakarta dan sekitarnya. Bahan pencemar yang masuk ke laut dalam jangka panjang akan terakumulasi pada ekosistem kelautan dan dapat mencapai jumlah yang membahayakan kelestarian ekosistem laut. Oleh karena itu, upaya untuk mengungkapkan berbagai data dan informasi tentang kondisi fisik, kimia, biologi, dan potensi sumber daya laut merupakan hal yang penting dalam upaya pemanfaatan potensi sumber daya laut seoptimal mungkin bagi pembangunan nasional. Selain itu, data dan informasi tersebut juga bermanfaat dalam menetapkan berbagai ketentuan dan peraturan dalam mencegah timbulnya pencemaran dan terpeliharanya kelestarian sumber daya laut.

Surfaktan dan fenol merupakan bahan pencemar organik, yang terdapat dalam air limbah domestik dan industri, air alam dan air yang dapat diminum. Proses klorinasi fenol akan menghasilkan air yang berbau tajam yang diperkirakan sebagai klorofenol. Larutan fenol dapat merusak kulit dan mata, sedangkan uapnya dapat mengganggu sistem pernafasan [1]. Struktur kimia fenol dapat dilihat pada Gambar 1.

Surfaktan sebagai bahan dasar deterjen mempunyai rantai hidrokarbon yang terikat dengan

gugus bermuatan. Struktur surfaktan ini mempunyai 1 gugus hidrofobik (tak bermuatan) dan gugus yang lainnya hidrofilik (bermuatan). Gugus hidrofilik ini ada yang bermuatan positif dan ada yang negatif, karena itu surfaktan terdiri dari 2 kelompok, kationik dan anionik. Ada juga surfaktan yang tidak bermuatan. Terdapat 2 jenis surfaktan anionik yang biasanya digunakan, yaitu alkil benzen sulfonat (ABS) dan linier alkilbenzen sulfonat (LAS), struktur kimianya ditunjukkan pada Gambar 1. ABS yang resisten terhadap biodegradasi (*hard detergent*) menyebabkan pencemaran lingkungan berupa busa di air permukaan, air tanah, air minum dan instalasi pengolahan air limbah industri. Karbon tersier pada molekul ini sulit terbiodegradasi, oleh karena itu telah lebih dari 25 tahun ABS tidak digunakan lagi sebagai surfaktan [2]. Namun telah ada penggantinya, LAS yang bersifat mudah terbiodegradasi (*soft detergent*). Walaupun surfaktan ini tidak menimbulkan busa yang



**Gambar 1.** Struktur kimia alkil benzen sulfonat (ABS), linier alkil sulfonat (LAS) dan fenol [1]

\* Corresponding author.  
Email address : erminkk@batan.go.id

mencemarkan lingkungan, namun hasil biodegradasi LAS tetap menghasilkan suatu senyawa aromatis (mengandung cincin benzen) yang sulit terdegradasi dan bersifat toksik.

Pada bulan Mei tahun 2004 Kepala BPLHD Kosasih Wirahadikusumah menjelaskan bahwa telah ditemukan kandungan merkuri dan fenol yang tinggi, sehubungan dengan ditemukannya puluhan ribu ikan mati mengambang di perairan teluk Jakarta. Di Pantai Karnaval dan sekitar restoran McDonald's, kandungan fenol mencapai 0,010 mg/L. Padahal, ambang batas kandungan fenol untuk biota laut hanya 0,002 mg/L [3]. Pemantauan keadaan pencemar organik di perairan teluk Jakarta perlu dilakukan secara rutin. Penelitian ini terfokus pada pemantauan kadar surfaktan anionik dan fenol di perairan teluk Jakarta sebagai indikator pencemaran, sehingga diperoleh data dan informasi tentang sebaran dan akumulasi pencemaran surfaktan dan fenol di teluk Jakarta.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Larutan contoh air laut diperoleh dari hasil sampling di 21 stasiun perairan Teluk Jakarta pada tanggal 24, 26 dan 28 Mei 2004. Peta dan posisi 21 stasiun di Teluk Jakarta dapat dilihat pada Gambar 2. Bahan kimia yang digunakan adalah ABS (Alkil Benzen Sulfonat) teknis (90 %) yang dibeli di toko kimia,  $H_2O_2$  30 %, biru metilen,  $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ ,  $H_2SO_4$  6 N,  $CHCl_3$ , NaOH, indikator fenoltalein, fenol (99,0 %),  $H_3PO_4$ ,  $K_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $NH_4OH$ , 4-aminoantipirin (99 %),  $K_3[Fe(CN)_6]$  (99,0 %),  $CH_2Cl_2$ ,  $Na_2SO_4$  anhidrat, dan

akuabides. Semua bahan kimia yang digunakan berkualitas pro analisis (buatan Merck), kecuali ABS.

### Alat

Peralatan yang digunakan adalah pH-meter Metrohm 620 (buatan Swiss), spektrofotometer UV-Vis Hewlett Packard-8453, evaporator (Heidolph, Normschliff-Weatheim), corong pisah, dan peralatan gelas lainnya.

### Prosedur Kerja

#### Metode Analisis Surfaktan Anionik

Penentuan kadar surfaktan anionik dilakukan sesuai dengan prosedur *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* [1]. Sebanyak 50 mL contoh air laut dimasukkan ke dalam corong pisah, ditambahkan beberapa tetes  $H_2O_2$  30 %, lalu larutan dikocok, ditambahkan beberapa tetes NaOH 0,01 N dan beberapa tetes fenoltalein, agar terbentuk warna merah muda. Beberapa tetes larutan  $H_2SO_4$  0,02 N ditambahkan ke dalam larutan tersebut sambil dikocok sampai warna merah muda tepat hilang, lalu ditambahkan 10 mL biru metilen sebagai pengompleks surfaktan anionik dan dikocok selama setengah menit. Larutan contoh diekstraksi dengan kloroform 10 mL, ekstraksi diulang dua kali menggunakan 5 mL kloroform ( $CHCl_3$ ). Fase kloroform yang dikumpulkan diekstraksi kembali dengan 2 mL larutan pencuci. Fase kloroform dialirkan ke dalam labu ukur 25 mL, volume ditepatkan sampai tanda batas dengan kloroform. Analisis ini dilakukan duplo untuk setiap larutan contoh. Penentuan surfaktan anionik yang dengan metode spektrofotometri pada  $\lambda$  652 nm, dimana zat warna



Gambar 2. Titik pengambilan sampel di Teluk Jakarta

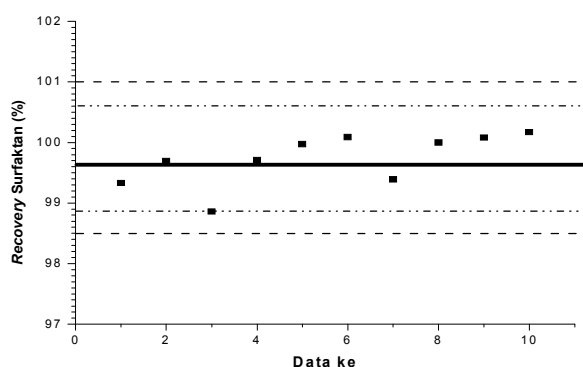
metilen biru kationik diasosiasikan dengan surfaktan anionik membentuk kompleks *Methylene Blue Active Substances* (MBAS) [1,4]. Limit deteksi analisis surfaktan anionik ABS menggunakan metode ini telah dilakukan, yaitu 0,15 mg/L.

#### Metode Analisis Fenol

Penentuan kadar fenol dilakukan sesuai dengan prosedur *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* [1]. Larutan contoh sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam gelas piala, dihomogenkan dengan pengaduk magnet, dan ditepatkan pHnya sampai  $\leq 4,0$  dengan asam fosfat 8,5 %. Setelah pengukuran pH, larutan tersebut didestilasi. Sebanyak 100 mL larutan contoh yang telah didestilasi ditempatkan dalam gelas piala 250 mL. Larutan tersebut ditambahkan 0,5 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,5 N, kemudian pH ditepatkan sampai  $7,9 \pm 0,1$  dengan bufer fosfat. Larutan tersebut dipindahkan ke dalam corong pisah dan ditambahkan 0,5 mL larutan 4-aminoantipirin, dikocok, kemudian ditambahkan 0,5 mL  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , diaduk rata. Larutan didiamkan selama 15 menit, agar terbentuk kompleks fenol dengan 4-amino antipirin berwarna kuning jernih. Selanjutnya ditambahkan  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  sebanyak 10 mL ke dalam corong pisah, dikocok selama 2 menit, dan didiamkan sampai ke dua fase terpisah. Fase diklorometana dialirkan ke dalam labu takar 25 mL, melalui kertas saring yang berisi natrium sulfat anhidrat. Perlakuan ini dilakukan dua kali, kemudian tambahkan  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  sampai tanda batas labu ukur 25 mL. Absorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada  $\lambda$  460 nm. Limit deteksi analisis fenol menggunakan metode ini telah dilakukan, yaitu 0,0015 mg/L.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

*Recovery* ekstraksi surfaktan anionik dan *recovery* destilasi-ekstraksi fenol dilakukan untuk mengetahui ketepatan metode penentuan surfaktan anionik dan



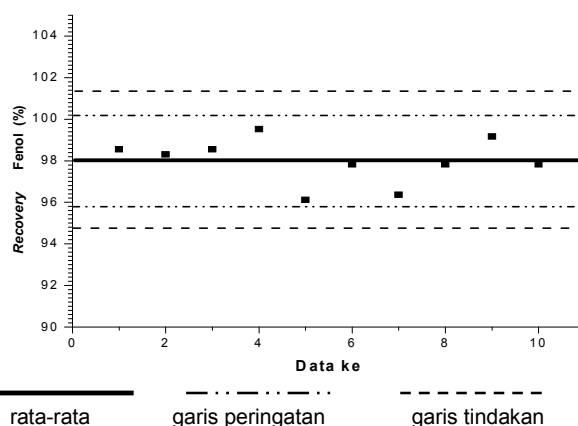
**Gambar 3.** Grafik kendali (Shewhart) ekstraksi surfaktan anionik ABS

fenol yang digunakan. Nilai absorbansi dan konsentrasi larutan surfaktan anionik (konsentrasi 0,9 mg/L) dan fenol (konsentrasi 0,5 mg/L) masing-masing ditampilkan pada Tabel 1. *Recovery* ekstraksi surfaktan anionik dan *recovery* destilasi-ekstraksi fenol masing-masing sebesar 99,73% dan 98,00%.

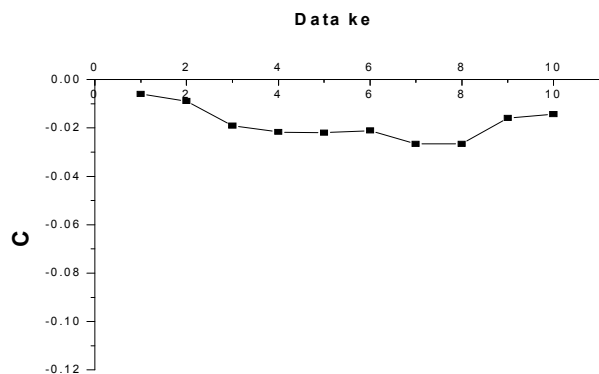
Melalui uji t diperoleh keterangan bahwa di antara kesepuluh contoh tidak terdapat pencilaan (perbedaan yang signifikan). Metode ekstraksi yang digunakan dapat diketahui ketelitian dan ketepatannya melalui uji statistika daftar kendali dan daftar jumbuh. Berdasarkan daftar kendali (*Shewart*), metode ekstraksi surfaktan anionik ABS dan fenol dengan destilasi dan ekstraksi yang dilakukan memiliki ketelitian yang cukup baik, karena hasil yang diperoleh berada dalam kisaran (Gambar 3 dan Gambar 4). Hasil *recovery* ekstraksi surfaktan anionik ABS ditunjukkan pada Gambar 3, hasil tersebut masuk dalam batas garis peringatan antara 98,88 % dan 100,58 %. Pada Gambar 4 ditunjukkan hasil *recovery*

**Tabel 1.** *Recovery* surfaktan anionik dengan metode ekstraksi dan fenol dengan metode destilasi dan ekstraksi

Ulangan	[ABS] mg/L	[Fenol] mg/L
1	99,33	98,54
2	99,69	98,30
3	98,86	98,54
4	99,71	99,52
5	99,97	96,12
6	100,09	97,82
7	99,39	96,36
8	100,00	97,82
9	100,08	99,15
10	100,17	97,82
Average	99,73	98,00
SD	0,423	1,087
KV (%)	0,424	1,109



**Gambar 4.** Grafik kendali (Shewhart) destilasi-ekstraksi fenol



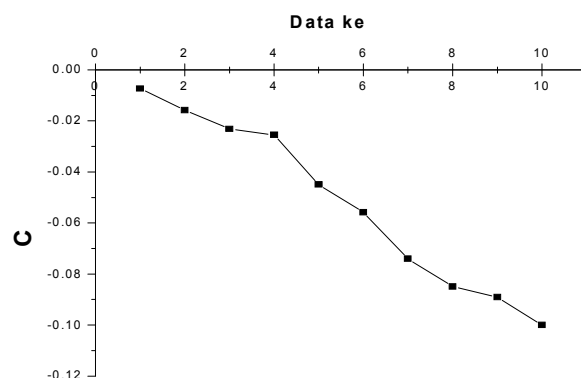
**Gambar 5.** Grafik jumbuh ekstraksi surfaktan anionik ABS

destilasi-ekstraksi fenol, nilai yang diperoleh masuk dalam batas garis peringatan antara 95,83 % dan 100,17 %.

Berdasarkan daftar jumbuh (*Cusum*), metode ekstraksi surfaktan anionik ABS yang dilakukan memberikan ketepatan yang cukup baik (Gambar 5). Dalam hal ini pekerjaan yang dilakukan relatif tetap hasil pengukurannya. Destilasi dan ekstraksi fenol tidak memberikan ketepatan yang cukup baik, hal ini dapat dilihat melalui hasil kurvanya yang selalu menurun (Gambar 6). Dalam hal ini pekerjaan yang dilakukan selalu berkurang, tidak memberikan hasil yang tepat. Kurva standar surfaktan dan fenol diperoleh melalui pengukuran masing-masing absorbansi dari larutan standar ABS dan fenol. Hubungan antara konsentrasi dan absorbansi larutan standar menghasilkan persamaan garis lurus sebagai berikut  $Y = 0,25978 X - 0,02821$  ( $r^2 = 0,9984$ ) untuk ABS dan  $Y = 0,5067 X$  ( $r^2 = 0,9947$ ) untuk fenol.

Nilai pH, konsentrasi ABS dan fenol rata-rata tiap contoh disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan kurva larutan standar diperoleh konsentrasi larutan contoh yang bervariasi dari 0,276 - 1,202 mg/L. Suatu perairan dikatakan tercemar surfaktan bila konsentrasinya melebihi kadar baku mutu surfaktan untuk perairan yang ditetapkan. Nilai kadar baku mutu surfaktan ini ditetapkan oleh pemerintah RI berdasarkan ketetapan dari *World Health Organization* (WHO) tahun 1996, yaitu sebesar 1,0 mg/L [5].

Tingkat pencemaran surfaktan anionik di Teluk Jakarta dapat dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kelompok I (contoh 24 dan 23), II (contoh 4, 29, A, 28, 30, 6, 17, B, 27, 25, 5, 11, dan 1), III (contoh 15, 16, 22, 13 dan 18), dan IV (contoh 21). Pengelompokan tersebut diperoleh melalui uji statistika Analisis Variansi (ANOVA) dan uji Rentang *Newman - Keuls*. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa  $F_{hitung}$  (59,19) lebih besar dari  $F_{tabel}$  (2,1), dengan demikian ada perbedaan antara kadar surfaktan anionik pada sampel.



**Gambar 6.** Grafik jumbuh destilasi-ekstraksi fenol

**Tabel 2.** Konsentrasi surfaktan dan fenol pada beberapa larutan contoh air laut

No. Stasiun	pH	Konsentrasi (mg/L)	
		Surfaktan anionik	Fenol
1	7,6	0,558	0,624
4	7,0	0,378	1,007
5	7,2	0,524	0,969
6	7,6	0,466	0,009
11	7,6	0,544	0,011
13	7,5	0,713	0,665
15	7,6	0,596	0,109
16	7,6	0,662	< 0,0015
17	7,5	0,485	< 0,0015
18	7,5	0,779	< 0,0015
21	7,6	1,202	0,831
22	7,8	0,662	1,047
23	7,4	0,287	1,364
24	6,2	0,276	0,283
25	7,5	0,519	< 0,0015
27	7,8	0,507	< 0,0015
28	7,8	0,452	0,060
29	8,2	0,425	0,633
30	7,6	0,453	0,018
A	7,7	0,437	0,330
B	7,7	0,499	0,321

Hasil analisis contoh air laut yang diperoleh berada di bawah kadar baku mutu surfaktan dalam perairan di Teluk Jakarta, kecuali contoh yang berasal dari stasiun no. 21 (1,202 mg/L). Hal ini disebabkan karena adanya beberapa muara sungai yaitu Kali Baru, Kali Cakung dan Terusan Cakung. Sungai tersebut dimungkinkan membawa sejumlah pencemar surfaktan dari limbah industri maupun rumah tangga.

Tingkat pencemaran fenol di Teluk Jakarta dapat dibagi menjadi 6 kelompok, yaitu kelompok I (contoh 16, 17, 18, 25 dan 27), II (contoh 6, 11, 30, 28 dan 15),

III (contoh 24, B, dan A), IV (contoh 1, 29 dan 13), V (contoh 21, 5, 4, dan 22), dan VI (contoh 23). Pengelompokan tersebut diperoleh melalui uji statistika Analisis Variansi (ANOVA) dan uji *Rentang Newman - Keuls*. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa  $F_{hitung}$  (217,99) lebih besar dari  $F_{tabel}$  (3,50), dengan demikian ada perbedaan antara kadar fenol pada sampel.

Pada Kelompok I, konsentrasi masing-masing sampel tidak terdeteksi yaitu < 0,008 mg/L. Contoh pada kelompok II lebih kecil bila dibandingkan dengan contoh lainnya dari 0,009 mg/L sampai 0,109 mg/L, namun sudah menunjukkan indikasi adanya pencemaran fenol, karena sudah melebihi batas ambang yang ditetapkan pemerintah, yaitu 0,002 mg/L [4]. Kelompok III letaknya yang dekat dengan pelabuhan Muara Angke dan pantai Ancol menunjukkan kadar fenol yang cukup tinggi dari 0,283 mg/L sampai 0,330 mg/L. Tingginya konsentrasi tersebut dapat disebabkan banyaknya muara-muara sungai yang mengalir ke Teluk Jakarta, khususnya ke stasiun pengambilan contoh nomor 24. Sungai-sungai tersebut membawa limbah yang berasal dari rumah tangga maupun industri.

Tingkat pencemaran fenol tinggi pada contoh kelompok IV dan V, bervariasi dari 0,624 mg/L sampai 1,047 mg/L dan paling tinggi pada kelompok VI yaitu stasiun 23. Contoh 1 dekat dengan muara sungai Dadap. Contoh 29 yang berada di tengah Teluk Jakarta memiliki konsentrasi fenol 0,969 mg/L. Nilai tersebut cukup tinggi bila dibandingkan dengan contoh 30 yang letaknya sama. Hal ini mungkin disebabkan karena banyaknya kapal-kapal yang membuang limbahnya di sekitar daerah tersebut sebelum mereka memasuki pelabuhan Tanjung Priok atau daerah sekitarnya.

Pada kelompok V, konsentrasi fenol bervariasi dari 0,831 mg/L sampai 1,047 mg/L. contoh 21 dan 22 dekat muara Kali Baru, Kali Cakung dan Terusan Cakung, sedangkan contoh 4 dekat Terusan Cengkareng dan contoh 5 dekat Pelabuhan Muara Angke. Berdasarkan hasil pemantauan Ratnaningsih [6], sungai Ciliwung telah terkontaminasi berbagai pencemar seperti beberapa senyawa organoklorin, termasuk  $\alpha$ -HCH dan berbagai senyawa fenol seperti 4-*t*-butilfenol, 4-*n*-nonilfenol, bisfenol-A, dan 4-*t*-oktilfenol. Contoh 23 memiliki tingkat pencemaran yang paling tinggi di antara semua contoh, yaitu sebesar 1,364 mg/L. Hal itu disebabkan karena adanya sungai Tawar, dimungkinkan sungai tersebut membawa sejumlah pencemar yang bisa berasal dari limbah industri maupun rumah tangga.

Sebanyak 16 contoh yang diambil memiliki nilai konsentrasi fenol melebihi nilai ambang batas untuk fenol yang ditentukan oleh pemerintah RI, yaitu sebesar 0,0020 mg/L, kecuali pada contoh 16, 17, 18, 25 dan 27 tidak terdeteksi. Banyaknya sungai dan kali maupun terusan di sekitar Teluk Jakarta dimungkinkan menjadi penyebab tingginya tingkat pencemaran, kemungkinan mendapat buangan yang mengandung fenol di badan-badan sungai.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemantauan pada bulan Mei 2004, umumnya kadar pencemaran surfaktan anionik di bawah nilai ambang batas surfaktan anionik dalam perairan yang ditetapkan pemerintah RI sebesar 1 mg/L. Konsentrasi ABS bervariasi dari 0,276 - 0,779 mg/L, kecuali air laut di stasiun 21 berada di atas nilai ambang batas yaitu sebesar 1,202 mg/L. Tingkat pencemaran fenol pada 16 contoh terdeteksi lebih tinggi dari nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Pemerintah RI untuk perairan sebesar 0,002 mg/L. Sementara di 5 stasiun yaitu 16, 17, 18, 25 dan 27 fenol tidak terdeteksi (Kelompok I). Tingkat pencemaran fenol bervariasi dari 0,009 - 1,047 mg/L dan konsentrasi fenol paling tinggi dijumpai pada contoh 23 yaitu sebesar 1,364 mg/L.

Hasil ini menunjukkan bahwa surfaktan anionik terdeteksi di perairan Teluk Jakarta walaupun belum menunjukkan tingkat pencemaran yang signifikan, demikian juga fenol terdeteksi dan menunjukkan tingkat pencemaran yang signifikan. Hal ini berarti bahwa perairan di Teluk Jakarta telah terkontaminasi senyawa surfaktan anionik dan fenol. Oleh karena itu pemantauan pencemar senyawa-senyawa organik masih perlu dilakukan agar diperoleh data tingkat pencemaran perairan di Teluk Jakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- Greenberg, A.E., Trussell, R.R., Clescert, L.S., and Franson, M.A.H., 1992, *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Ed XVIII, APHA, Washington DC, 581-585.
- Temara, A., Carr, G., Webb, S., Versteeg, D., and Feijtel, T., 2001, *Marine Pollution Bull.*, 42, 635-642.
- Multazam dan Fasabeni, M., 2004, *Belum Ada Tersangka Pencemaran Teluk Jakarta*, Sabtu 15 Mei 2004, TEMPO Interaktif, Jakarta.
- Supriyanto, G. and Sterkel, P., 2002, *Double extraction process on determination of anionic surfactant using a chromatomembrane cell*, 471-476, [www.bibcouncil.de/ISSM2002/Paper/abstract/Ganden%20abstrakISSM.pdf/Supplemental](http://www.bibcouncil.de/ISSM2002/Paper/abstract/Ganden%20abstrakISSM.pdf/Supplemental)
- Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, 1991, *Pengembangan Baku Mutu Lingkungan Laut (Pengendalian Pencemaran Laut)*, Proyek Pembinaan Kelestarian Sumber Daya Alam Laut dan Pantai.
- Ratnaningsih, D., Helmy, M., Bagus, B.E., Nety, W., dan Heni, P., 2002, *A Survey on Water Pollution by Endocrine Disrupter Compounds : Monitoring of Organochlorine Pesticides, Phenols and Phthalates in the Coastal Hydrosphere of Indonesia*, Environmental Management Center, Serpong.