KOMPLEKS BESI (II) - 1,10 FENANTROLIN SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI METILEN BIRU DALAM PENENTUAN KADAR DETERGEN ANIONIK

Oleh : Komar Sutriah *)

ABSTRACT

The iron (II) - 1,10 phenantroline complex has been examined as an extracting cation for determination of anionic detergents standards. The form of complex was very stable and could quantitatively extracted the anionic detergents. This process required a single step extraction only. The quantitatively of extraction did not affected by the pH solution between 2,5 - 10.

Optimum extraction by the ferroin could be found at the molar ratio of 1 : 2.5 between Fe^{2+} and phenantroline and the ratio 15 : 1 between ferroin and anionic detergents. The sample with 75 ml of volume could be extracted quantitatively by 10 ml chloroform as extracting solution with 2 minutes of shaking. The detergents concentration range at 0.5 ppm - 5.0 ppm and 0.25 ppm - 3.5 ppm could be used for the sample of 50 ml and 75 ml respectively.

The iron (II) - 1,10 phenantroline complex showed high selective for extracting anionic detergents. The presence of certain ions in the sample in competitively concentraction range, did not interfere the extraction process.

PENDAHULUAN

Diketahui bahwa sampai saat ini metode analisis penentuan kadar deterjen di perairan yang umum digunakan adalah metode metilen biru. Metode ini sudah digunakan sejak sebelum tahun 1960, mudah dilakukan, cepat dan tidak memerlukan bahan dan peralatan yang mahal, tetapi mempunyai beberapa kelemahan. Banyak senyawa pengganggu yang hadir bersama-sama deterjen anionik dalam contoh akan mengacaukan hasil analisis. Ion-ion seperti : sianat, tiosianat, nitrat dan klorida dapat membentuk senyawa pasangan ion dengan metilen biru dan ikut terekstraksi, sehingga hasil pengukuran yang diperoleh menjadi lebih tinggi dari nilai sebenarnya. Lebih jauh diketahui, bahwa metilen biru sendiri ternyata dapat terekstraksi sehingga dalam pengukurannya selalu diperlukan koreksi (Cris. P.T., et al, 1976). Sehubungan hal-hal tersebut, maka perlu dicari senyawa lain selain metilen biru yang lebih selektif dan kuantitatif didalam mengekstraksi deterjen dari perairan, sehingga hasil analisisnya bisa lebih dipertanggung jawabkan.

*) staf pengajar Jurusan Kimia FMIPA IPB

Dalam penelitian ini dikemukan salah satu alternatif senyawa sebagai pengganti metilen biru yaitu kompleks logam, yang intensitas warnanya atau serapannya tidak begitu berubah setelah bereaksi dengan deterjen anionik dan setelah dipindahkan ke fase organik. Senyawa yang digunakan adalah kompleks yang dibentuk dari besi (II) dengan 1,10 fenantrolin (Taylor and Waters, 1972, Taylor and Fryer, 1969).

Penelitian ini bertujuan memprediksi sifat-sifat kompleks besi (II)-1,10 fenantrolin didalam mengekstraksi deterjen anionik, dan optimasi kondisi ekstraksinya, untuk membuka kemungkinan apakah kation tersebut dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti metilen biru. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan mengenai kekuantitatifan, keselektifan dan daerah jangkaun analisisnya dengan metode metilen biru.

TINJAUAN PUSTAKA

Karena surfaktan umumnya adalah senyawa organik, maka prosedur analisisnya dapat dilakukan melalui metode yang biasa digunakan dalam analisis senyawa organik, berdasarkan sifat senyawa, struktur dan gugus fungsi yang dimilikinya. Langkah pertama dalam menganalisis deterjen anionik di perairan adalah mengisolasi analat tersebut dari matriks campurannya. Meskipun untuk mendapatkan metode isolasi yang cepat, tepat serta efektif adalah sulit, namun karena secara praktis diketahui semua surfaktan anionik larut dalam air atau alkohol dan dalam pelarut polar lainnya, maka konsekuensinya dapat diisolasi dengan metode ekstraksi, melalui pengaturan pH larutan, penambahan ion lawan dan pemilihan pelarut pengekstrasi yang sesuai (Rosen and Goldsmith, 1960). Prosedur ini dapat memisahkan surfaktan anionik dari garam-garam anorgonik dan material yang tidak larut lainnya.

Tahap berikutnya adalah penentuan analat hasil isolasi. Untuk maksud ini dapat dilakukan dengan berbagai metode pengukuran. Fairing. J.D. dan Short. F (1956) mengemukakan bahwa metode analisis penentuan surfaktan anionik yang utama dan telah dilakukan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu metode volumetri dan metode spektrometri. Metode volumetri didasarkan pada titrasi surfaktan anionik oleh surfaktan kationik. Salah satu metode ini misalnya dikemukakan oleh Eptons. Prosedur analisis yang dikemukakannya didasarkan pada perbedaan kelarutan antara garam organik sulfat atau sulfonat (ABS) hasil reaksi deterjen anionik dengan deterjen kationik setilpiridinium bromida (CPBr) dengan garam dari deterjen anionik dengan metilen biru dalam pelarut kloroform. Pada pengocokan dan pengasaman, dua sistem fase (kloroform dan air) yang mengandung metilen biru dan surfaktan anionik, maka warna biru akan terkonsentrasi ke dalam kloroform. Penambahan CPBr kedalam campuran tadi akan menggeser warna hampir sempurna ke fase air. Mekanismenya adalah sebagai berikut :

$$\underset{\text{(kloroform-biru)}}{R\text{-}Ar\text{-}SO_3\,MB} + \underset{\text{(air-tak berwarna)}}{CP^+} \rightleftharpoons \underset{\text{(kloroform-tak berwarna)}}{R\text{-}Ar\text{-}SO_3\,CP} + \underset{\text{(air-biru)}}{MB^+}$$

Dengan standarisasi CPBr oleh $K_2Cr_2O_7$ maka kadar deterjen anionik dapat ditentukan. Pengukuran secara spektrometrik didasarkan pada interaksi isyarat radiasi elektromagnet dengan analat yang diukur. Metode ini meliputi pengukuran secara kolorimetri, metode infra merah dan metode ultra violet. Metode ultra violet didasarkan pada pengaruh dari substituen sulfonat dan gugus alkil terhadap kromofor fenil yang memberikan puncak serapan yang kuat pada panjang gelombang 210 - 230 nm. Metode kolorimetri yang umum dan banyak digunakan adalah metode metilen biru. Metode ini didasarkan pada pembentukan garam antara deterjen anionik dengan metilen biru yang berwarna biru dan mempunyai serapan maksimum pada daerah sinar tampak 652 nm (APHA, 1985).

Dikemukakannya kation kompleks logam sebagai alternatif, didasarkan pada hasil percobaan bahwa distribusinya bersama suatu anion sebagai senyawa pasangan ion di dalam air ke suatu pelarut organik, maka rasio distribusi (D) sebagai parameter kekuantitatifan ekstraksinya akan dipengaruhi oleh muatan kation dan anionnya, ukurannya, dan energi hidrasi kation pengekstraksinya. Perbedaan sifat-sifat kation kompleks logam tersebut dapat diterapkan untuk mencari dan menentukan suatu kation yang cocok untuk mengekstrasi deterjen anionik (Cris P.T, et al, 1975). Makin besar ukuran kation pengekstrasi didalam mengekstrasi suatu anion dalam air ke suatu pelarut organik yang sama, maka makin besar pula rasio distribusinya. Besarnya energi hidrasi yang dimiliki suatu kation pengekstrasi akan cenderung menjaganya tetap dalam fase air, sehingga rasio distribusinya turun (Cotton and Wilkinson 1972).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Pereaksi yang digunakan adalah : larutan stok natrium lauril sulfat 515 ppm, 17,9 x 10^{-3} M. Larutan standar natrium lauril sulfat 51,5 ppm, dibuat setiap hari melalui pengeceran dari larutan stoknya. Larutan ferroammonium sulfat heksa hidrat 1000 ppm Fe^{2+}, 17,9 x 10^{-3} M.

Larutan feroin : larutan ini dibuat dalam beberapa perbandingan molar antara Fe^{2+} dengan fenantrolin yang berbeda-beda. Larutan dibuat dengan cara memipet sejumlah tertentu larutan ferroammonium sulfat, ditambah sejumlah tertentu 1,10 fenantrolin, kemudian diencerkan dengan aqudes.

Larutan-larutan garam yang masing-masing mengandung beberapa ribu ppm tertentu dari ion-ion klorida, sulfat, nitrat, iodida, sianida, besi (III), kalsium, magnesium dan mangan.

Alat-alat yang digunakan adalah alat gelas, ekstraktor, spektronik 20 dan spektrofotometer DMS-100.

Metode

Metode analisis yang digunakan adalah ekstraksi pasangan ion dan pengukuran secara spektrometri. Deterjen anionik direaksikan dengan feroin membentuk senyawa pasangan ion yang larut dalam kloroform. Analat diisolasi dari campurannya dalam air dengan teknik ekstraksi melalui penambahan kloroform, kemudian dilakukan pengocokan. Fase kloroform yang mengandung analat dikeluarkan dan diukur dengan spektrofotometer dengan blanko kloroform. Kadar deterjen anionik dalam contoh akan setara dengan absorbans analat yang diukur tersebut.

Prosedur tersebut dilakukan berulang-ulang yang mengubah-ubah : lamanya waktu pengocokan, volume larutan contoh, perbandingan volume antara contoh dengan larutan pengekstraksi, perbandingan molar antara feroin dengan contoh, perbandingan molar antara Fe^{2+} dengan fenantrolin didalam pereaksi feroin, pH larutan, dan variabel lain sesuai dengan yang akan diamati pada proses ekstraksi tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum, Kestabilan Analat Hasil Ekstraksi dan Waktu Optimum Pengocokan

Feroin sebagai kation pengekstraksi terhadap deterjen anionik berwarna merah, mempunyai panjang gelombang maksimum 511,9 nm. Senyawa pasangan ion antara deterjen anionik dengan feroin sebagai hasil ekstraksi, memiliki warna yang sama, dengan panjang gelombang maksimum 508 nm, bergeser sedikit dari pereaksi asalnya disebabkan terikatnya deterjen sebagai senyawa pasangan ion dengan feroin dan pengaruh pelarut.

Analat hasil ekstraksi sangat stabil, serapannya tidak berubah selama selang waktu 3 jam pengukuran. Dengan konsentrasi deterjen 5,15 ppm sebanyak 25 ml, 10 ml feroin 100 ppm perbandingan molar 1 : 6,3 dan 10 ml kloroform, dilakukan ekstraksi dan diulang dengan variasi waktu pengocokan 1 menit sampai 5 menit, menunjukkan bahwa serapan analat hasil ekstraksi memberikan nilai yang tetap setelah waktu pengocokan dilakukan selama 2 menit.

Tabel 1. Serapan Hasil Ekstraksi $4,475 \times 10^{-4}$ mmol Deterjen Pada Berbagai Macam Waktu Pengocokan

Waktu pengocokan (menit)	Serapan Rata-rata *)
1	0,319
2	0,323
3	0,323
4	0,323

*) Tiga kali ulangan

Jumlah Ekstraksi yang optimum

Dengan menggunakan 25 ml larutan standar 5,15 ppm ($4,475 \times 10^{-4}$ mmol), 10 ml feroin 100 ppm perbandingan molar 1 : 6,3 dan 10 ml kloroform tiap kali pengulangan ekstraksi dengan lama pengocokan masing-masing 2 menit, didapatkan bahwa ekstrasi sudah kuantitatif hanya dengan satu kali ekstraksi.

Tabel 2. Serapan Hasil Ekstraksi $4,475 \times 10^{-4}$ mmol Deterjen Pada Tiga Macam Jumlah Ekstraksi

Jumlah Ekstraksi	Serapan Rata-rata *)
1 x 10 ml kloroform	0,084
2 x 10 ml kloroform	0,086
2 x 10 ml kloroform	0,089

*) tiga kali ulangan

Perbandingan Volume Larutan Pengekstraksi Terhadap Volume Contoh

Dengan volume larutan 25 ml, 50 ml, dan 75 ml yang masing-masing mengandung $4,475 \times 10^{-4}$ mmol deterjen, masing-masing larutan direaksikan dengan 10 ml feroin 100 ppm Fe^{2+} perbandingan molar 1:6,3 lalu dikocok dengan 10 ml kloroform selama 2 menit, didapatkan bahwa ketiga volume contoh tersebut memberikan hasil serapan ekstrak yang sama. Hasilnya disajikan pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Serapan $4,475 \times 10^{-4}$ mmol Deterjen Pada Tiga Macam Volume Contoh

Volume Larutan (ml)	Serapan Rata-Rata*
25	0,323
50	0,323
75	0,319

*) tiga kali ulangan

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa 10 ml kloroform sebagai larutan pengekstraksi masing kuantitatif untuk 75 ml larutan contoh. Hal ini memberikan keuntungan karena dengan volumer yang lebih besar, pengambilan contoh menjadi lebih representatif. Selain itu dengan volume contoh yang lebih besar, sensitivitas analisis meningkat. Dengan hasil tersebut dapat dinyatakan pula bahwa senyawa pasangan ion antara feroin dengan deterjen anionik tersebut memiliki rasio distribusi yang besar didalam kloroform. Kloroform adalah pelarut yang polar yang sifatnya tidak bercampur dengan air, sehingga cocok untuk mengekstrasi analat yang juga polar yang terlarut didalam air.

Perbandingan Molar Fe^{2+} Terhadap 1,10 Fenantrolin

Digunakan volume contoh 25 ml dan 50 ml yang masing-masing mengandung 4,475 x 10^{-4} mmol deterjen. Setiap larutan diperlakukan dengan 10 ml kloroform dan 10 ml feroin 100 ppm Fe^{2+} lalu diekstraksi dengan lama pengocokan 2 menit. Feroin yang digunakan mempunyai perbandingan molar yang berbeda-beda mulai 1 : 1,26 sampai 1 : 7,56 antara Fe^{2+} dengan 1,10 fenantrolin. Dari hasil pengukuran setiap ekstraksi diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4. Serapan 4,475 x 10^{-4} mmol Deterjen Pada Berbagai Perbandingan Molar Feroin

Volume contoh (ml)		Perbandingan Molar Feroin	Serapan Rata-rata *)	
1	2		1	2
25	50	1 : 1,26	0,301	0,309
		1 : 2,52	0,323	0,328
		1 : 3,78	0,319	0,319
		1 : 5,04	0,305	0,323
		1 : 6,30	0,323	0,319
		1 : 7,56	0,319	0,328

*) Tiga kali ulangan

Walaupun tidak berbeda jauh, terlihat bahwa feroin 100 ppm dengan perbandingan molar 1 : 2,52 memberikan serapan yang paling besar pada kedua volume contoh tersebut. Serapan terendah didapat dengan perbandingan molar 1 : 1,26. Pada perbandingan molar 1 : 2,52 keatas, serapan analat hasil ekstraksi tidak dipengaruhi oleh perbandingan molar tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kompleks logam yang terbentuk antara Fe^{2+} dengan 1,10 fenantrolin adalah sebagai $[Fe(1{,}10\ \text{fenantrolin})_3]^{2+}$. Serapan yang rendah pada perbandingan molar 1 : 1,26 mungkin disebabkan oleh terbentuknya spesies $[Fe(1{,}10\ \text{fenantrolin})_2(H_2O)_2]^{2+}$. Spesies tersebut masih membentuk pasangan ion dengan deterjen anionik, tetapi kurang bisa diekstrak dengan adanya ligan H_2O didalam kompleksnya.

Perbandingan Molar Feroin Terhadap Deterjen Anionik

Karena 10 ml kloroform sebagai larutan pengekstraksi masih kuantitatif pada volume contoh 75 ml, maka digunakan pula ketiga volume contoh tersebut dengan kandungan deterjen yang tetap 4,475 x 10^{-4} mmol. Digunakan 10 ml feroin perbandingan molar 1 : 2,52 antara Fe^{2+} terhadap 1,10 fenantrolin, tetapi dengan variasi konsentrasi masing-masing : 12,5, 25,0, 37,5, 50,5, 52,5, 75,0, 87,5, dan 100 ppm terhadap Fe^{2+}. Pereaksi-pereaksi tersebut berturut-turut memiliki perbandingan molar : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 kali terhadap deterjen anionik. Dari hasil pengukuran setiap ekstraksi diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 5. Serapan 4,475 x 10^{-4} mmol Deterjen Pada Berbagai Konsentrasi Feroin

Volume Contoh (ml)			Perbandingan Molar Feroin	Serapan Rata-rata *)		
1	2	3		1	2	3
25	50	75	5	0,305	0,299	0,309
			10	0,305	0,314	0,319
			15	0,323	0,319	0,328
			20	0,319	0,309	0,323
			25	0,314	0,319	0,319
			30	0,321	0,319	0,323
			35	0,323	0,314	0,319
			40	0,321	0,319	0,323

*) Tiga kali ulangan

Walaupun tidak berbeda jauh, terlihat bahwa hasil ekstraksi optimum, tercapai pada perbandingan molar feroin terhadap deterjen 15 : 1 (37,5 ppm 10 ml feroin). Pada batas ini feroin sebagai pereaksi pengikat deterjen sudah jenuh, artinya kelebihan berikutnya dari feroin tidak bisa meningkatkan lagi deterjen yang diikat yang kemudian terekstraksi, sehingga serapan ekstraknyapun tidak mengalami kenaikan.

Sensitivitas dan Batas Deteksi

Untuk membuat kurva standar digunakan 3 volume larutan contoh, 25 ml, 50 ml, 75 ml, dengan 10 ml kloroform, 10 ml feroin 37,5 ppm perpandingan molar 1 : 2,5252, dengan lama pengocokan 2 menit. Untuk ketiga volume contoh tersebut diperoleh persamaan garis regresi yang setara. Untuk volume contoh 25 ml yang mempunyai kadar deterjen antara 1 - 10 ppm diperoleh persamaan regresi : $A = 0,0633\ C$, dengan sensitivitas 0,066 ppm. Sedangkan untuk volume contoh 50 ml dengan kadar deterjen antara 0,5 - 5 ppm diperoleh persamaan regresi $A = 0,1327\ C$, dengan sensitivitas 0,033 ppm. Dan untuk volume contoh 75 ml dengan kadar deterjen antara 0,03 - 3,5 ppm adalah $A = 0,1895\ C$, dengan sensitivitas 0,023 ppm.

Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan 10 ml kloroform, hasil ekstraksi tidak dipengaruhi oleh volume contoh dalam jangkauan 25 ml - 75 ml. Implikasinya adalah bahwa kita bisa menggunakan volume contoh bervariasi bergantung pada perkiraan kadar deterjen dalam contoh. Untuk contoh dengan perkiraan kadar deterjen yang relatif rendah dapat digunakan 75 ml contoh. Kalau dibandingkan dengan metode "Metilen Biru" yang mempunyai daerah jangkauan analisis sampai 2,0 ppm, maka dengan volume contoh 75 ml, feroin mempunyai daerah jangkauan analisis yang sama dengan metilen biru.

Batas deteksi untuk volume contoh 75 ml, dilakukan dengan mengekstraksi contoh yang memiliki kadar deterjen 0,068 ppm. Dengan sepuluh kali ulangan diperoleh batas deteksi 0,02 ppm.

Pengaruh pH Larutan

Ekstraksi dilakukan terhadap 50 ml contoh dengan kadar deterjen tetap 4,475 x 10^{-4} mmol, diulang dengan mengubah pH larutan. Dengan 10 ml kloroform, 10 ml feroin 37,5 ppm perbandingan molar 1 : 2,52 dan lama pengocokan 2 menit, diperoleh hasil serapan ekstraksi seperti yang disajikan pada tabel 6.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kekuantitatifan ekstraksi tidak dipengaruhi oleh pH larutan pada jangkauan pH 2,25 - 10,10.

Berkaitan dengan pH umum perairan (air permukaan) yang biasanya berkisar 5 - 9, hal ini menguntungkan yang berarti feroin cocok untuk mengekstraksi deterjen anionik yang terdapat pada contoh air permukaan. Hasil tersebut menunjukkan pula bahwa feroin sebagai senyawa kompleks organologam stabil dan tidak berubah oleh pengaruh pH larutan tersebut.

Tabel 6. Serapan 4,475 x 10^{-4} mmol Deterjen Pada Berbagai pH Larutan

pH Larutan	Serapan Rata-rata *)
Kontrol	0,323
2,25	0,328
3,50	0,323
4,48	0,330
5,67	0,321
6,30	0,323
8,77	0,323
10,10	0,328

*) Tiga kali ulangan

Pengaruh Ion

Diuji 10 macam ion yang ditambahkan dalam bentuk garamnya. Dengan 50 ml contoh yang mengandung 4,475 x 10^{-4} mmol dan sejumlah ppm tertentu masing-masing ion tersebut, kemudian diekstraksi. Ekstraksi diulang dengan memvariasikan konsentrasi setiap ion mulai dari yang terendah sampai konsentrasi tertentu yang ekstraknya memberikan perbedaan serapan yang nyata dengan kontrol. Hal yang sama dilakukan untuk kesepuluh ion tersebut, hasilnya disajikan pada Tabel 7.

Semua ion yang diujikan tersebut bersifat "gangguan positif" yaitu menaikkan serapan ekstrak hasil analisis. Gangguan yang sangat serius ditunjukkan oleh hadirnya ion tiosianat dan iodida. Kenaikan konsentrasi menjadi 25 ppm untuk kedua ion tersebut meningkatkan kesalahan hasil pengukuran menjadi 13,4 dan 10,3 %. Hasil tersebut disebabkan oleh bereaksinya ion iodida dan iontiosianat dengan kompleks feroin membentuk suatu senyawa yang dapat terekstraksi oleh kloroform, sehingga meningkatkan serapan ekstrak hasil analisis.

Gangguan oleh ion-ion yang lain hanya terjadi setelah mencapai konsentrasi tersebut yang cukup besar. Konsentrasi ini umumnya berada diatas konsentrasi yang biasa dimiliki oleh air permukaan.

Tabel 7. Batas Deteksi Konsentrasi Beberapa Ion Yang Tidak Memberikan Gangguan Terhadap Ekstraksi 4,475 x 10^{-4} mmol Deterjen.

Ion	Konsentrasi (ppm)
CNS^-	10
I^-	10
Mg^{2+}	25
Fe^{2+}	35
Mn^{2+}	40
Ca^{2+}	50
Fe^{3+}	70
NO_3^-	100
SO_4^{2-}	125
Cl^-	125

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kompleks feroin sebagai pereaksi pengikat deterjen anionik adalah cukup stabil. Feroin masih stabil setelah waktu penyimpanan lebih dari satu bulan.
2. Senyawa pasangan ion antara feroin dengan deterjen anionik adalah cukup stabil, serapannya tidak berubah setelah selang waktu tiga jam pengukuran.
3. Ekstraksi terhadap senyawa pasangan ion [Fe(1,10 fenantrolin)$_3$] [deterjen anionik]$_2$ oleh pelarut kloroform sangat kuantitatif, sehingga tidak perlu melakukan pengulangan ekstraksi. Kekuantitatifan ekstraksi juga tidak dipengaruhi volume contoh dalam perbandingan yang sewajarnya.
4. pH larutan contoh tidak mempengaruhi pembentukan senyawa pasangan ion antara feroin dengan deterjen serta kekuantitatifan ekstraksinya oleh kloroform.
5. Ekstraksi yang optimum diperoleh dengan feroin yang memiliki perbandingan molar 1 : 2,52 antara Fe^{2+} terhadap 1,10 fenantrolin, dan 15 : 1 antara feroin terhadap deterjen anionik.
6. Dengan volume contoh 75 ml, 10 ml feroin dan 10 ml kloroform, diperoleh batas deteksi 0,02 ppm dengan sensitivitas 0,023 ppm.
7. Kloroform sebagai larutan pengekstraksi cukup selektif didalam mengekstraksi senyawa pasangan ion [Fe(1,10 fenantrolin)$_3$[deterjen anionik]$_2$. Keselektifan masih terlihat untuk contoh yang mengandung ion-ion tertentu dalam konsentrasi yang cukup kompetitif.

Saran

Untuk memastikan bahwa kation besi (II)-1,10 fenantrolin benar-benar dapat dijadikan sebagai alternatif, masih perlu diuji lebih lanjut terhadap contoh langsung yang diambil dari perairan, sehingga penelitian ini masih perlu dilanjutkan.

DAFTAR PUSTAKA

APHA, AWWA and WPCF, 1985, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 16 th Ed, Washington DC.

Cotton. F.A and Wilkinson. G, 1972, Advanced Inorganic Chemisty, 3 rd Ed, Interscience, New York.

Cris. P.T., Eckert. J.M, and Gibson. N.A, 1976, The Determination of Anionic Detergents at ppb levels by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry, Anal. Chim. Acta. 87, 97 - 101.

Cris. P.T Eckert. J.M, and Gibson. N.A, 1975, The Determination of Anionic Detergents With The Bis (ethylenediamine) Copper(II) Ion, Anal. Chim. Acta. 78, 391 - 396.

Gibson. N.A and Weatherburn. D.C. 1972, The Distribution of Salts of large Cations between Water and Organic Solvents, Anal. Chim. Acta. 58, 159 - 165.

Rosen. J.M. and Goldsmith. H.A, 1960, Systematic Analysis of Surface Active Agents, Interscience, New York.

Taylor. C.G and Waters. J, 1972, Radiometric Determination of Trace Amounts of Anionic Surfactants in Ground Water and Potable Waters, Analyst, 97, 533 - 541.

Taylor. C.G and Fryer. B, 1969, The Determination of Anionic Detergents With Iron (II) Chelates : Application to Sewage and Sewage Effluents, Analysts, 94, 1106-1116.