

Pengaruh karbon aktif terhadap harga faktor Nernst pada pembuatan sensor sulfat berbasis zeolit

(The effect of activated carbon towards the Nernst factor value in sulphate sensor based on zeolite)

Qonitah Fardiyah, Atikah, dan Hermin Sulistyarti

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya
email: fardiyah@ub.ac.id

diterima September 2014, disetujui Oktober 2014

Abstrak

Dalam penelitian ini telah dipelajari pengaruh karbon aktif terhadap harga Faktor Nernst sensor potensiometri ion sulfat berbasis zeolit. Harga Faktor Nernst dilihat dari perbandingan komposisi membran dengan dan tanpa penambahan karbon aktif. Komposisi membran adalah campuran bahan aktif (zeolit - karbon aktif), polyvinyl klorida (PVC) sebagai matriks polimer, dioctyl phtalat (DOP) sebagai pemlastis dalam pelarut tetrahidrofuran (THF). Larutan uji yang digunakan adalah larutan K_2SO_4 pada rentang konsentrasi 1×10^{-8} – 1×10^{-1} M. Hasil penelitian menunjukkan komposisi membran tanpa penambahan karbon aktif dengan zeolit : PVC : DOP sebesar 3 : 1 : 2 (b/b) dalam pelarut THF memiliki harga Faktor Nernst sebesar 27,65 mV/dekade konsentrasi. Komposisi membran dengan penambahan karbon aktif diperoleh zeolit : karbon aktif : PVC : DOP sebesar 3 : 0,2 : 1 : 2 (b/b) dalam pelarut THF memiliki harga Faktor Nernst sebesar 29,18 mV/dekade konsentrasi. Sensor potensiometri ion sulfat berbasis zeolit dengan penambahan karbon aktif memiliki karakteristik *Nernstian* dengan harga faktor Nernst sebesar $29,18 \pm 1,9$ mV/dekade konsentrasi, kisaran konsentrasi 10^{-5} – 10^{-1} M sulfat dan batas deteksi $4,27 \times 10^{-6}$ M atau setara dengan 0,410 ppm sulfat.

Kata kunci: komposisi membran, batas deteksi, Nernstian, kisaran konsentrasi

Abstract

This research aims to study the effect of adding activated carbon to sulfate ion potentiometric sensor performance in terms of Nernst factor value based on zeolite. Nernst factor value can be seen from a comparison of the composition of the membrane with and without the addition of activated carbon. Membrane composition includes a mixture of ionophore (zeolite - activated carbon), polyvinyl chloride (PVC) as a polymer matrix, dioctyl phtalat (DOP) as a plasticizer in the solvent tetrahydrofuran (THF). Test solution used was a solution of K_2SO_4 in the concentration range 1×10^{-8} - 1×10^{-1} M. The results showed the composition of the membrane without the addition of activated carbon is zeolite : PVC : DOP of 3: 1 : 2 (w / w) in THF solvent by the Nernst factor value 27.65 mV / decade of concentration. The optimum composition of the membrane by the addition of activated carbon is zeolites : active carbon : PVC : DOP of 3: 0.2 : 1 : 2 (w / w) in THF solvent by the Nernst factor value 29.18 mV / decade of concentration. Sulfate ion potentiometric sensor based on zeolite with the addition of activated carbon has Nernstian characteristics with Nernst factor of 29.18 ± 1.9 mV / decade of concentration, the concentration range of 10^{-5} - 10^{-1} M sulfate and the detection limit of 4.27×10^{-6} M or equal to 0.410 ppm sulfate.

Key words: membrane composition, detection limit, Nernstian, the range of concentrations

Pendahuluan

Konsentrasi sulfat yang cukup tinggi di lingkungan dapat bersifat kontaminan. Sulfat dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan air berasa pahit dan berasa obat, berpotensi mengakibatkan manusia maupun hewan mengalami diare dan dehidrasi [1,2]. Maka sangat diperlukan metode yang baik untuk menentukan kadar sulfat di perairan yang dapat bekerja cepat dan sederhana. Metode yang telah ada dan sering digunakan dalam penentuan sulfat yaitu metode potensiometri yang menggunakan sensor elektrokimia berupa Elektroda Selektif Ion (ESI). ESI merupakan suatu sensor elektrokimia potensiometrik yang banyak digunakan karena memiliki selektifitas, sensitivitas, ketepatan yang relatif tinggi, dan batas deteksinya yang cukup rendah [3]. Pada pelaksanaannya, proses analisis ini cepat, dapat diaplikasikan di lapangan, mudah dan memerlukan sedikit sampel serta peralatan yang cukup sederhana.

Secara prinsip karakter sensor potensiometri ini pada umumnya ditentukan oleh sifat hidrofobisitas dan kelistrikan bahan pembentuk membran. Membran yang digunakan dalam konstruksi sensor potensiometri harus mempunyai sifat penghantar listrik yang baik, meskipun kecil, dan harus mempunyai kelarutan dalam larutan analit yang umumnya air adalah nol [4,5].

Sensor ini bekerja mengikuti kaidah kesetimbangan elektrokimia untuk menghasilkan beda potensial pada antarmuka membran dengan larutan. Beda potensial yang timbul ditentukan oleh aktivitas ion target yang dinyatakan dengan Persamaan Nernst [6], yaitu:

$$E = E^0 - \frac{2,303 RT}{nF} \log \frac{a_{x-air}}{a_{x-membran}} \quad (1)$$

dengan E^0 adalah potensial standar dari elektroda, R = konstanta gas ($8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), T = suhu kamar ($25 \text{ }^\circ\text{C}$ atau 298 K), F = bilangan Faraday (96485 Cmol^{-1}), a_x = aktivitas ion x^- dan n = muatan analit.

Prinsip ini juga seperti pada pengukuran potensial sel elektrokimia menggunakan elektroda indikator ESI dan elektroda pembanding Ag/AgCl , maka potensial yang terukur merupakan beda potensial antara ESI dengan elektroda Ag/AgCl [7].

$$\begin{aligned} E_{sel} &= E_{ESI} - E_{\text{Ag}/\text{AgCl}} \\ E_{sel} &= E^0 \pm 2,302 \frac{RT}{nF} \log a_{\text{analit}} \end{aligned} \quad (2)$$

Pada penerapan untuk ion sulfat, yang merupakan ion bivalen, maka $n = 2$, sehingga persamaan Nernst untuk ion sulfat menjadi:

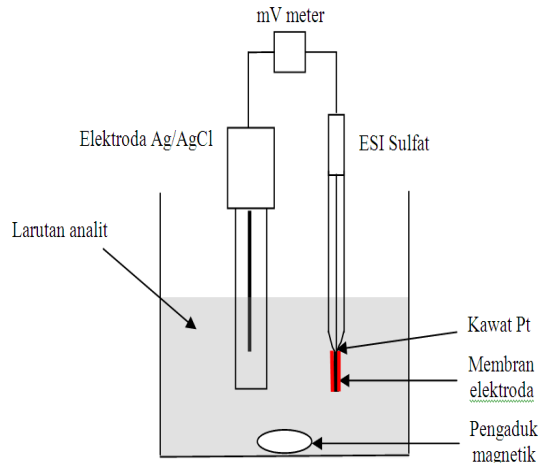
$$E_{sel} = E^0 - 29,6 \log a_{\text{sulfat}} \quad (3)$$

Aktifitas ion dalam larutan adalah nilai yang dapat terukur oleh ESI, bukan konsentrasi ion. Aktifitas ion (a_i) merupakan konsentrasi efektif ion. Aktifitas ion dipengaruhi oleh total kekuatan ion dalam larutan (γ) yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$a_i = \gamma C_i \quad (4)$$

dengan γ_i adalah koefisien aktivitas, a_i adalah aktifitas suatu ion i dalam larutan dan C_i adalah konsentrasi dari ion i . Dalam praktiknya, skematis pengukuran suatu larutan dengan menggunakan sensor elektrokimia (contoh untuk ion sulfat) dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

Beberapa penelitian terdahulu tentang ESI tipe ini dilakukan. Telah dikembangkan pengukuran ion sulfat menggunakan sensor potensiometri yang berupa Elektroda Selektif Ion (ESI) sulfat tipe kawat terlapis berbasis aliquot 336-sulfat dimana senyawa aliquot 336-sulfat ini merupakan material organik yang mampu memberikan respon potensial yang cukup baik. Sensor ion sulfat tersebut menunjukkan respon linier terhadap ion sulfat pada range 1.0×10^{-5} hingga 1.0×10^{-2} M dengan harga faktor Nernst sebesar $28,46 \text{ mV/decade}$ dan limit deteksi sebesar 10^{-5} M [8].



Gambar 1. Pengukuran suatu larutan dengan sensor potensiometri ion Sulfat [9].

Penelitian berikutnya, telah dikembangkan sensor potensiometri ion sulfat dengan mengganti bahan aktif membran menggunakan kitosan hasil isolasi dari udang jerbung (*Penaeus merguinsis*). Pemilihan kitosan sebagai bahan aktif membran sensor elektrokimia ion sulfat ini adalah bahwa kitosan memiliki konduktivitas yang cukup baik yaitu $278,93 \text{ Ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$, sehingga dapat digunakan sebagai bahan aktif membran [10]. Sensor potensiometri ion sulfat yang dihasilkan menunjukkan respon linier terhadap ion sulfat pada range 1.0×10^{-4} hingga $1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$ dengan harga faktor Nernst yang lebih mendekati nilai teoritis yaitu sebesar 29,03 mV/decade dan limit deteksi yang diperoleh sebesar $2,69 \times 10^{-5} \text{ M}$ [10,11].

Pada penelitian ini pembuatan sensor potensiometri ion sulfat dilakukan dengan menggunakan membran zeolit-karbon. Zeolit sebagai material anorganik memiliki hantaran listrik yang bersifat ionik. Namun sifat daya hantar listrik yang dimiliki zeolit cukup lemah, sehingga ditambahkan karbon untuk meningkatkan sifat daya hantar listriknya. Harga faktor Nernst merupakan parameter tak langsung dari sifat daya hantar listrik sensor sulfat berbasis zeolit, yang diuji sesuai variasi komposisi membran yaitu dengan penambahan karbon dan tanpa penambahan karbon.

Penggunaan karbon aktif dalam campuran membran elektrode karena karbon aktif memiliki struktur grafit dimana di dalam struktur ini atom-atom karbon membentuk orbital hibridisasi sp^2 yang menghubungkan satu atom karbon dengan atom karbon lainnya. Struktur ini memungkinkan

terjadinya pergerakan elektron sehingga dapat menghantarkan arus listrik [12].

Karbon juga digunakan sebagai bahan pendukung membran karena karbon aktif bersifat *inert* sehingga tidak mudah teroksidasi ataupun tereduksi yang dapat digunakan dalam campuran pada membran dan digunakan sebagai adsorben dan pendukung dalam katalis karena karbon aktif mempunyai luas permukaan yang tinggi. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh penambahan karbon terhadap harga faktor Nernst pada pembuatan sensor sulfat berbasis zeolit, komposisi optimum membran dengan jumlah penambahan karbon yang konstan, dan penentuan harga faktor Nernst dan kepekaan dari sensor sulfat menggunakan membran dengan penambahan karbon dan tanpa penambahan karbon.

Metodologi

Untuk mendapatkan hasil dalam penelitian, digunakan peralatan-peralatan yaitu: potensiometer Fisher model 955, elektroda pembanding Ag/AgCl, neraca analitik merek Adventurer model AR 2130, oven Fisher Scientific 655 F, tanur Nabertherm model N-31, pengaduk magnet, statif, botol semprot, botol sampel, sendok takar, kertas lilin, kertas Whatman No. 40. Bahan-bahan yang diperlukan mempunyai derajat analisis kecuali disebutkan khusus. Bahan tersebut antara lain: zeolit grade alamiah diambil dari daerah kecamatan Turen Kabupaten Malang, karbon aktif (E-Merck), pemlastis dioktilfat (DOP), polivinilklorida (PVC), tetrahidrofur (THF), kawat Pt (diameter 0,5 mm dan panjang 5 cm), kabel koaksial RG-58, HNO_3 65% (v/v) p.a, padatan NH_4Cl p.a, padatan BaCl_2 , padatan K_2SO_4 p.a, gliserol, padatan AgNO_3 , etanol 96 % (v/v) p.a (Brastachem), dan akuades.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan prinsip potensiometri dengan cara mengukur potensial larutan uji K_2SO_4 menggunakan sensor potensiometri ion sulfat berbasis zeolit dengan elektroda pembanding Ag/AgCl. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah preparasi larutan, aktivasi zeolit, dan pembuatan membran sensor potensiometri ion sulfat dengan mencampurkan zeolit teraktivasi,

karbon aktif, PVC, dan DOP dalam pelarut THF. Perbandingan bahan yang digunakan adalah :

Tabel 1. Variasi komposisi membran.

Komposisi Membran	Komposisi Bahan			
	Zeolit (%)	Karbon Aktif (%)	PVC (%)	DOP (%)
1	48,39	3,22	16,13	32,26
2	32,26	3,22	16,13	48,39
3	16,13	3,22	16,13	64,52

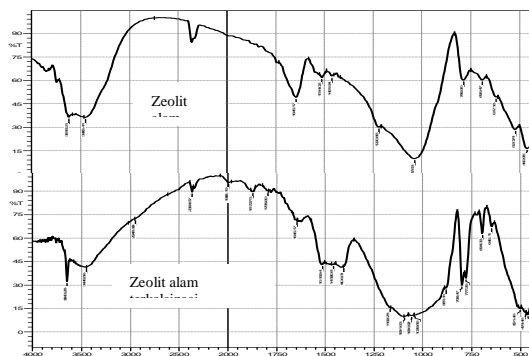
Perbandingan di atas dibuat dengan berat total campuran membran sebesar 3 g. Campuran tersebut diaduk dengan pengaduk magnet selama 2-3 jam sampai diperoleh campuran yang homogen dan bebas gelembung udara.

Tahap selanjutnya adalah membran dengan komposisi di atas, digunakan untuk mengukur potensial sederetan larutan uji K_2SO_4 10^{-8} , 10^{-7} , 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} dan 10^{-1} M. Dari nilai potensial yang diperoleh, kemudian ditentukan harga faktor Nernstnya. Komposisi membran sensor potensiometri ion sulfat yang menghasilkan harga faktor Nernst mendekati teoritis (29,6 mV/dekade konsentrasi) merupakan komposisi optimum membran. Data-data pengukuran ini kemudian diplot pada grafik hubungan antara E (mV) terhadap $-\log[SO_4^{2-}]$. Grafik yang diperoleh merupakan garis lurus pada selang konsentrasi tertentu dengan kemiringan sebesar $-2,303.RT/n.F$ yang merupakan harga faktor Nernst. Sedang grafik yang berupa garis lurus menunjukkan daerah trayek pengukuran. Kepekaan atau batas deteksi dari sensor didapatkan dari perpotongan garis singgung pada fungsi garis linier dengan garis non linier dari kurva hubungan antara E (mV) terhadap $-\log[SO_4^{2-}]$.

Hasil dan Pembahasan

Sifat *Nernstian* merupakan salah satu faktor yang menentukan karakteristik dasar suatu sensor elektrokimia (elektrode selektif ion). Pada penelitian ini, bahan penyusun yang digunakan terdiri dari zeolit sebagai bahan aktif, PVC sebagai matrik polimer, DOP sebagai pemlastis, karbon aktif sebagai pendukung membran dalam pelarut THF. Pada proses pembuatan sensor potensiometri ion sulfat, zeolit alam yang memiliki situs negatif diubah terlebih dahulu menjadi zeolit bersitus positif.

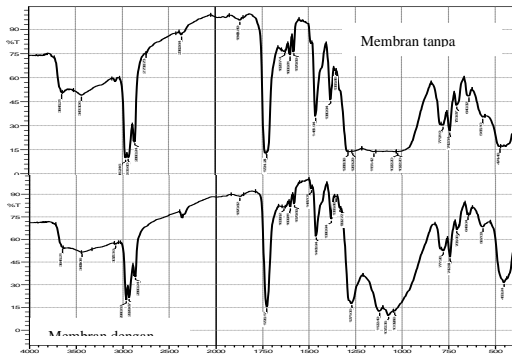
Zeolit alam direndam dengan larutan NH_4Cl 2M. Perendaman ini bertujuan menggantikan kation logam yang terikat pada situs negatif kerangka zeolit. Kemudian dilakukan kalsinasi zeolit pada suhu $550^\circ C$ selama 4 jam dilakukan agar zeolit membentuk situs positif, yaitu melalui pelepasan NH_3 dan molekul air. Zeolit yang semula bermuatan negatif setelah mengalami kalsinasi akan membentuk situs positif pada gugus Si. Anion sulfat yang berasal dari K_2SO_4 akan terikat pada ion Si^+ dari zeolit.



Gambar 2. Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit alam hasil kalsinasi.

Pada proses kalsinasi terjadi proses dealuminasi [13]. Terjadinya dealuminasi dapat diamati dari adanya pergeseran pada spektra vibrasi ulur internal ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi. Dari hasil penelitian diperoleh pergeseran pita pada daerah internal zeolit alam yaitu dari $1037,63\text{ cm}^{-1}$ menjadi 1091 cm^{-1} .

Pengaruh kalsinasi juga mengakibatkan struktur zeolit mengalami kerusakan dalam struktur zeolit itu sendiri. Dengan rusaknya struktur di dalam kristal zeolit akan mengakibatkan berkurangnya ruang-ruang hampa udara di dalam zeolit dan akhirnya akan mengurangi daya ikat zeolit tersebut [14]. Maka untuk meningkatkan mengembalikan struktur zeolit, dalam membran zeolit ini ditambahkan suatu bahan pendukung yaitu karbon aktif. Hasil spektra FTIR antara membran zeolit tanpa dan dengan karbon aktif, ditunjukkan Gambar 3 berikut:



Gambar 3 Spektra FTIR membran zeolit tanpa dan dengan penambahan karbon

Pada membran tanpa karbon aktif, daerah bilangan gelombang 1000 - 1200 cm^{-1} tidak memberikan puncak yang jelas (tumpang tindih) namun dengan adanya karbon aktif puncak-puncak ikatan Si-O terlihat jelas begitu juga dengan ikatan sulfat yang terjadi. Selain itu, penambahan karbon aktif dapat meningkatkan harga faktor Nernst.

Karbon aktif digunakan sebagai bahan pendukung membran karena karbon aktif memiliki struktur grafit dimana di dalam struktur ini atom-atom karbon membentuk orbital hibridisasi sp^2 yang menghubungkan satu atom karbon dengan atom karbon lainnya, sehingga dapat peningkat konduktivitas membran [15]. Membran sebelum ditambah karbon aktif memiliki konduktivitas sebesar $663,85 \text{ ohm}^{-1}\text{m}^{-1}$ sedangkan setelah ditambah dengan karbon aktif meningkat menjadi $706,21 \text{ ohm}^{-1}\text{m}^{-1}$. Hal ini membuktikan bahwa penambahan karbon aktif dalam membran zeolit dapat meningkatkan konduktivitas dari membran,

Hasil penentuan faktor Nernst dari penerapan membran di atas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Harga Nernst membrane (M) tanpa karbon aktif (TCA) dan dengan karbon aktif (CA).

M	Komposisi membran (b/b)			faktor Nernst TCA	faktor Nernst CA
	Zeolit (Z)	PVC	DOP	(mV/dek kons)	(0,2 b/b) (mV/dek kons)
1	3	1	2	27,65	29,30
2	2	1	2	25,55	28,67
3	1	1	2	22,55	26,97

Diperoleh bahwa komposisi membran 1 dengan perbandingan zeolit : PVC : DOP adalah 3 : 1 : 2 (b/b) mampu memberikan harga faktor Nernst mendekati harga faktor Nernst teoritis sebesar 29,6 mV/dekade konsentrasi untuk membran ESI sulfat tanpa karbon aktif. Juga untuk komposisi membran 1 dengan perbandingan zeolit : karbon aktif : PVC : DOP adalah 3 : 0,2 : 1 : 2 (b/b). Komposisi membran 1 diuji lanjut dengan variasi komposisi karbon aktif, dan diperoleh data seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan komposisi karbon aktif (KA) pada membran sensor sulfat.

M	Komposisi Bahan (% b/b)				harga faktor Nernst (mV/dek kons)
	Z	KA	PVC	DOP	
1	3	0,1	2	3	25,95
2	3	0,2	2	3	29,45
3	3	0,3	2	3	30,50
4	3	0,4	2	3	32,85

Diperoleh bahwa makin banyak karbon aktif yang ditambahkan maka harga faktor Nernst makin tinggi. Hal ini menunjukkan karbon aktif berikatan lebih efektif dengan sulfat, meningkatkan konduktivitas membran, dan sekaligus menahan air yang akan masuk ke dalam membran. Akibatnya proses pertukaran ion sulfat dari antar muka dan larutan lebih cepat mencapai kesetimbangan. Komposisi membran 2 (zeolit : karbon aktif : PVC : DOP sebesar 3 : 0,2 : 1 : 2 (b/b)) memberikan hasil paling dekat dengan harga faktor Nernst teoritis.

Penentuan harga Faktor Nernst tanpa penambahan karbon aktif

Komposisi membran optimum yang diperoleh pada Tabel 3 selanjutnya digunakan untuk menentukan harga Faktor Nerns, kisaran konsentrasi linier dan batas deteksi sensor potensiometri ion sulfat tanpa dan dengan karbon. Untuk langkah ini digunakan sederetan larutan uji K_2SO_4 10^{-8} , 10^{-7} , 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} dan 10^{-1} M, sebagai analit dalam pengukuran. Hasil pengukuran potensial tanpa penambahan karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa sensor potensiometri ion sulfat yang dihasilkan memiliki harga faktor Nernst yang

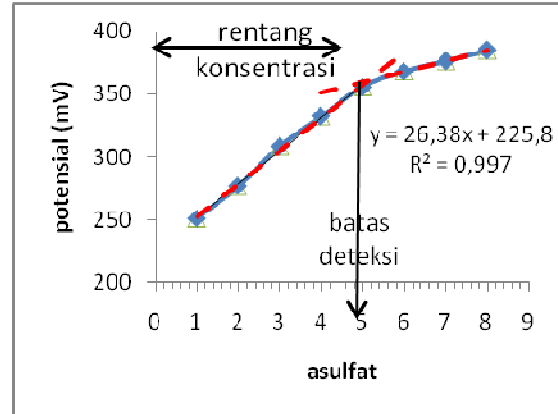
mendekati harga teoritis yaitu 26,38 mV/dekade konsentrasi, memiliki rentang konsentrasi yang lebar yaitu 1×10^{-5} - 1×10^{-1} M. Hasil ini menunjukkan sensor yang dibuat bersifat sensitif dan dapat dijadikan sebagai detektor dengan keakuratan deteksi yang tinggi. Batas deteksi sensor potensiometri ion sulfat merupakan konsentrasi terendah dari ion sulfat yang dapat memberikan sinyal yang signifikan terhadap perubahan konsentrasi.

Penentuan batas deteksi didasarkan pada perpotongan antara titik-titik linier yang mengikuti persamaan Nernst dan titik-titik non linier yang lainnya. Berdasarkan Gambar 4, batas deteksi pada sensor sulfat yang telah dibuat adalah $7,76 \times 10^{-6}$ M atau setara 0,745 ppm sulfat. Cara menentukan batas deteksi dan rentang konsentrasi linier ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 4. Harga potensial sensor sulfat tanpa karbon aktif.

a_{sulfat}	-log a_{sulfat}	Pengukuran ke-(E(mV) ESI sulfat)			
		1	2	3	rata-rata
10^{-8}	8	387,00	393,00	374.50	384,83
10^{-7}	7	380,00	385,00	364.50	376,50
10^{-6}	6	371,50	376,00	357.00	368,17
10^{-5}	5	365,00	355,50	346.50	355,67
10^{-4}	4	343,50	336,50	317.50	332,50
10^{-3}	3	318,00	303,50	303.00	308,17
10^{-2}	2	288,00	279,50	263.50	277,00
10^{-1}	1	254,50	255,00	245.00	251,50
FN		27,65	25,80	25,7	26,38
R ²		0,992	0,995	0,983	0,997
Kisaran C		$(10^{-5} - 10^{-1})$ M			
Limit deteksi		$7,76 \times 10^{-6}$ M atau 0,745 ppm			
SB		1,098			
% SB		4,16 %			

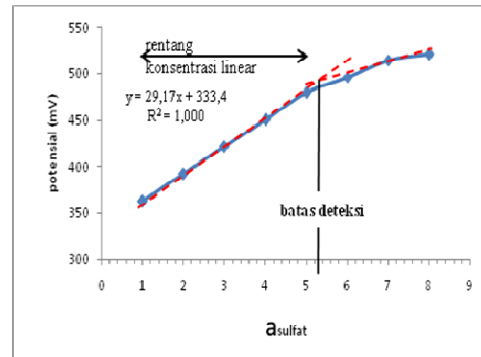
Catatan: FN = Faktor Nernst, C = konsentrasi, SB = Simpangan Baku



Gambar 4 Kurva penentuan harga Faktor Nernst tanpa penambahan karbon aktif.

Penentuan harga Faktor Nernst dengan penambahan karbon aktif

Hasil pengukuran sensor potensiometri ion sulfat yang menyatakan harga faktor Nernst, kisaran konsentrasi linier, dan batas deteksi ditunjukkan pada gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Kurva penentuan harga Faktor Nernst dengan penambahan karbon aktif.

Diketahui bahwa sensor potensiometri ion sulfat yang dihasilkan memiliki harga faktor Nernst yang mendekati harga teoritis yaitu 29,17 mV/dekade konsentrasi, memiliki rentang konsentrasi yang lebar yaitu 1×10^{-5} - 1×10^{-1} M, seperti hasil analisis pada Gambar 5. Hasil ini menunjukkan sensor yang dibuat bersifat sensitif dan dapat dijadikan sebagai detektor dengan keakuratan deteksi yang tinggi.

Harga pengukuran Nernst sensor sulfat dengan penambahan karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan tabel 5 batas deteksi pada sensor yang telah dibuat adalah $4,27 \times 10^{-6}$ M atau setara 0,410 ppm sulfat, sehingga

sensor sulfat dapat digunakan untuk melakukan pengukuran sulfat di alam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor potensiometri ion sulfat yang dibuat dengan penambahan karbon bersifat ternyata lebih sensitif ditunjukkan dengan harga Faktor Nernst yang lebih besar (29,17 mV/dekade) dari sensor potensiometri ion sulfat tanpa penambahan karbon aktif. Sehingga sensor potensiometri ion sulfat dengan penambahan karbon aktif dapat dijadikan sebagai detektor dengan keakuratan deteksi yang tinggi.

Tabel 5. Harga potensial sensor sulfat dengan penambahan karbon aktif.

C_{sulfat}	-log C_{sulfat}	Pengukuran ke- (E(mV) ESI sulfat)			
		1	2	3	rata-rata
10^{-8}	8	509,67	512,00	539,00	520,22
10^{-7}	7	507,00	507,00	529,00	514,33
10^{-6}	6	493,33	494,00	500,00	495,78
10^{-5}	5	471,67	481,00	485,50	479,39
10^{-4}	4	447,33	447,00	455,50	449,94
10^{-3}	3	417,33	418,33	427,50	421,05
10^{-2}	2	385,00	392,67	397,50	391,72
10^{-1}	1	356,33	363,00	368,50	362,61
FN		29,30	29,03	29,20	29,17
R^2		0,999	0,997	0,999	1,000
Kisaran C		(10 ⁻⁵ - 10 ⁻¹) M			
Limit deteksi		4,27 x 10 ⁻⁶ M atau 0,410 ppm			
SB		0,569			
% SB		1,94 %			

Catatan: FN = Faktor Nernst, C = konsentrasi, SB = Simpangan Baku

Kesimpulan

Komposisi optimum sensor potensiometri ion sulfat berbasis zeolit diperoleh 1) tanpa penambahan karbon aktif, dengan komposisi perbandingan (b/b) zeolit : PVC : DOP sebesar 3 : 1 : 2 dalam pelarut THF dengan perbandingan 1 : 2 (b/v) harga Faktor Nernst 27,65 mV/decade konsentrasi dan 2) dengan penambahan karbon aktif, dengan komposisi perbandingan (b/b) zeolit : karbon aktif : PVC : DOP sebesar 3 : 0,2 : 1 : 2 dalam pelarut THF dengan perbandingan 1 : 2 (b/v) harga Faktor Nernst 29,30 mV/decade konsentrasi. Pengujian

terhadap pengukuran larutan sulfat menunjukkan membran ESI mempunyai karakteristik *Nernstian* dengan harga faktor Nernst $29,17 \pm 1,94$ mV/dekade konsentrasi, kisaran konsentrasi $10^{-5} - 10^{-1}$ M, dengan batas deteksi $4,27 \times 10^{-6}$ M atau setara dengan 0,410 ppm sulfat.

Daftar Pustaka

- [1]. Minnesota Departement of Health, Sulfate In Well Water. <http://www.health.state.mn.us/divs/eh/well/waterquality/sulfate.html>, 2008, diakses tanggal 05 Desember 2009
- [2]. World Health Organization (WHO), Sulfate in Drinking Water, WHO/SDE/WSH/03.04/114 English only. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/chemicals/sulfate.pdf, 2004, diakses tanggal 05 Desember 2009.
- [3]. IUPAC, General Terms Relevant to Ion-Selective Electrode, IUPAC Compendium of Chemical Technology, www.iupac.org/publications/analytical_comp/compium, 2007, diakses 04 November 2009.
- [4]. Skoog, et al., Ion Exchange Membranes, Ellis Horwood Limited Publishers, Chichester, 2003.
- [5]. D. A. Skoog, F. J. Holler, and T. A. Nieman, Principles of Instrumental Analysis, Fifth edition, Saunders College Publishing, Philadelphia, 2004.
- [6]. W. Wroblewski, Ion Selective Electrode, <http://www.csr.gch.pw.edu.pl>, 2005, diakses tanggal 10 Oktober 2009.
- [7]. J. Wang, Analytical Electrochemistry, VCH Publishers.Inc., New York, 2002.
- [8]. Q. Fardiyah dan U. Andayani, Modifikasi Elektroda Selektif Ion Sulfat Berbasis Kawat Platina Terlapis Untuk Penentuan Secara Tak Langsung Gas SO_x, Penelitian DPP-SPP, FMIPA, Unibraw, Malang, 2005.
- [9]. M. Mulder, Basic Principles Of Membrane Technology, Kluwer Academic Publisher Dordrecht, 2001.
- [10]. Q. Fardiyah dan Atikah, Pembuatan dan Karakterisasi Sensor Potensiometri Sulfat Berbasis Kitosan dari Cangkang Udang

Jerbung (*Penaeus merguensis*),
Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan
Kimia, Universitas Brawijaya, Malang,
2010.

- [11] Q. Fardiyah, H. Sulystarti, dan A. Sabarudin, Kajian Awal Kemampuan Kitosan Hasil Isolasi Dari Cangkang Udang Jerbung (*Penaeus Merguensis*) Sebagai Ionofor Membran ESI, Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Brawijaya. Malang, 2010.
- [12]. N. I. Sax dan R. J. Lewis, Hawley's Condensed Chemical Dictionary 11th Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 2001.
- [13]. F. T. L. Edward dan L. V. C. Rees, Dealumination of Sodium Y Zeolit With Hydrochloric Acid, Physical Chemistry Laboratories, Imperial College of Science and Technology, London, 2001.
- [14]. H. W. Haynes Jr., Catalysis Review Science Engineering (2008) 17.
- [15]. L. Smart dan M. Moore, Solid State Chemistry an Introduction, Chapman and Hall, London, 2002.
- [16] M. Radojevic dan V. N. Bashkin, Practical Environmental Analysis, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2002

