

PEMBUATAN ELEKTRODA SELEKTIF ION Cr (VI) DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KITOSAN

Agus Kembaren¹⁾, Roita T.T Panggabean²⁾

¹⁾Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan

²⁾Alumni Prodi Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan

Abstract

This research was aimed to make and to determine analytical performance of Cr (VI) ISE. The electrodes has made by mixing Chitosan(as electroactive), PVC (as matrix), and DBP (as plasticizer) in THF. Composition of PVC and DBP maintane in fix ratio, 1: 2, while the chitosan varried, 4%, 7%, 10%, 13% and 16%. The composite membrans soak into 1M $K_2Cr_2O_7$ solution for the night, then tight on the tip of electrode body. Analytical performance of the electrodes were determined by nersnt factor and dynamic range, response time, selectifity coeficient, and life time. The results show that the electrodes with composition 4 % chitosan, 32 % DBP, and 64 % PVC have optimum performance. Dynamic range of this electrodes is between 10^{-5} M - 10^{-1} M , slope/nersnt factor 32.004 mv/decade, average response time 20.7 seconds. The electrodes are not interfered by Mn^{2+} , Zn^{2+} and Fe^{3+} . The electrodes can used with good performance in 3 days.

Kata kunci : Elektroda selektif ion, membran kitosan

Pendahuluan

Kromium merupakan logam baja berwarna abu-abu, tidak berbau dan mengkilat. Kromium adalah elemen yang secara alamiah ditemukan dalam konsentrasi yang rendah di batuan, hewan, manusia, tanaman, tanah, debu vulkanik dan gas. Kromium terdapat di alam dalam beberapa bentuk senyawa yang berbeda. Bentuk yang paling umum adalah kromium (III) dan kromium (VI). Kromium umumnya banyak dihasilkan dari proses industri seperti dalam industri pengolahan campuran logam, pengolahan kayu, elektroplating, industri penyamakan kulit dan sebagainya. Senyawa kromium masing-masing mempunyai peranan yang berbeda di lingkungan

dan efek yang berbeda pula terhadap kesehatan manusia sesuai bilangan oksidasinya (Agung, 2003). Dilaporkan bahwa Cr (VI) merupakan senyawa Cr yang paling berbahaya. Badan Kesehatan Dunia (WHO) memasukkan Cr (VI) dalam kategori 1 yaitu zat yang karsinogenik pada manusia (Picot & Grenouillet, 1995). Toksisitas kromium (VI) diakibatkan karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas yang tinggi di lingkungan sehingga apabila masuk ke dalam sel dapat menyebabkan kerusakan DNA yang mengakibatkan terjadinya mutasi. Selain itu kromium (VI) dapat mengakibatkan pembentukan bisul pada kulit, lubang-lubang kecil pada hidung dan kanker paru-paru. Sedangkan kromium dengan

valensi (III) berdaya larut rendah sehingga Cr(III) yang berada di lingkungan akan diendapkan di dasar perairan, sedangkan Cr(VI) akan tetap berada dalam perairan dan sangat beracun bagi binatang dan tanaman laut. Sebaliknya sangat sedikit bukti bahwa Cr (III) berbahaya bagi manusia, bahkan seringkali menjadi suplemen makanan (Higdon, 2004). Dalam situasi yang demikian itu maka dibutuhkan sebuah metode analisis yang mampu membedakan keduanya.

Metode yang pernah digunakan untuk penentuan kadar logam kromium adalah dengan menggunakan metode penukar ion, penyerapan dengan karbon aktif dan spektroskopi serapan atom (SSA), namun metode ini membutuhkan waktu analisis yang lama dan hanya dapat menentukan jumlah kromium total. Mengingat keberadaan kromium hanya ada dalam konsentrasi rendah dalam air maka perlu dikembangkan suatu metode analisis kromium yang mempunyai beberapa kelebihan. Dewasa ini para peneliti menggalakkan penelitian tentang analisa pencemaran ion-ion logam berat dengan cara elektrokimia yaitu menggunakan metode elektroda selektif ion (ESI).

Penggunaan elektroda selektif ion (ESI) dalam analisis kimia sangat luas mulai dari analisis ion-ion anorganik yang sederhana bermolekul kecil, asam amino sampai pada molekul organik yang kompleks, dalam bidang kimia analisis, pengukuran biomedis, mengontrol polusi, geologi, oseonografi dan kontrol industri (Atikah, 1997). Beberapa kelebihan yang dimiliki ESI antara lain selektifitas dan sensitifitas relatif cukup tinggi sehingga umumnya tidak

memerlukan pemisahan terlebih dahulu (Kembaren, 2002).

Perkembangan ESI yang menggunakan membran cukup pesat karena kelebihan-kelebihan yang dimilikinya. ESI terdiri atas membran yang memberikan respon secara selektif terhadap spesi ion tertentu dan bagian luarnya mengadakan kontak dengan ion yang akan ditentukan. Penelitian tentang membran dengan menggunakan kitosan telah banyak dilakukan. Manalu dalam penelitiannya menggunakan kitosan sebagai bahan utama untuk membuat membran dicampur dengan polivinilklorida (PVC) sebagai matriks yang terlebih dahulu telah dilarutkan dalam pelarut tetrahidrofuran (THF) dengan perbandingan 57%: 33%. Membran kitosan tersebut kemudian direndam dalam larutan CuSO_4 , memberikan konduktivitas optimum pada konsentrasi 0,5 M (Manalu, 1999). Pemanfaatan kitosan sebagai bahan aktif ESI Kromat juga telah dilakukan oleh Dedeh Kurniasih, yaitu dengan membuat elektrode tipe kawat terlapis dari membran yang dibuat dengan campuran kitosan, aliquid 336-kromat, PVC, dan DOP. Hasil penelitian ini menunjukkan komposisi membran 4:0.5:35:60.5 (% b/b) memiliki slope 29.77 ± 0.03 mV/dekade pada daerah konsentrasi 10^{-6} to 10^{-1} M, waktu tanggap 20-40 detik, dan dapat digunakan selama 49 hari (Kurniasih, 2012). Beberapa peneliti lain menggunakan sebagai bahan aktif elektroda diantaranya, Gea dan kawan-kawan menggunakan campuran kitosan dan polietilena untuk menganalisis Cu^{2+} (Gea, 2005), Jiang dan kawan-kawan menggunakan elektroda kitosan yang dimodifikasi untuk menganalisis

dopamin dan asam askorbat (Jiang, 2004)

Khitin merupakan polisakarida linier yang mengandung *N*-asetil-D-glukosamina dengan ikatan β (1-4) yang disebut juga poli[β -(1 \rightarrow 4)-2-asetamino-2-deoksi-Dglukopiranososa] . Sumber khitin yang sangat potensial adalah cangkang udang atau kepiting (crustace). Khitin dapat dirubah menjadi khitosan yaitu poli[β -(1 \rightarrow 4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranososa melalui proses deasetilasi. Struktur khitosan mempunyai kemampuan dalam menyerap ion-ion logam dan mampu membentuk kompleks dengan ion-ion logam, terutama logam transisi dan transisi dalam. Hal ini dikarenakan gugus amina yang terdapat pada khitosan mampu membentuk khelat dengan ion-ion logam. Fitri Susanti telah memanfaatkan limbah udang menjadi kitin dan kitosan. Kitosan yang diperoleh digunakan untuk menyerap logam Cr (VI) dengan memvariasikan waktu kontak dan pH larutan logam. Data hasil penelitian memperlihatkan bahwa serapan optimum terjadi pada pH = 1 dengan daya serap sebesar 98.70% dan serapan maksimum terjadi pada waktu kontak 75 menit dengan daya serap sebesar 69.29% (Fitri Susanti, 2005). Rahmi dan Julinawati telah memodifikasi khitosan dengan glutaraldehid untuk digunakan sebagai

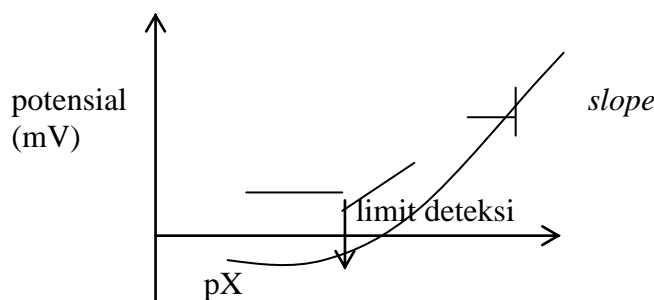
adsorben untuk ion Cu^{+2} (Rahmi dan Julinawati, 2009)

Kinerja ESI, ditentukan oleh beberapa parameter yaitu : faktor *nersnt* dan daerah konsentrasi, waktu tanggap, usia pemakaian, dan *selektifitas*.

a. Faktor *Nersnt* dan Daerah Konsentrasi

Pada analisis dengan menggunakan ESI biasanya dibuat kurva antara minus logaritma aktifitas analit, pX, dengan potensial yang terukur, E. Pada suatu rentang nilai pX kurva yang dihasilkan berupa garis lurus yang merupakan daerah konsentrasi atau sering juga disebut daerah kerja atau daerah linier. Nilai faktor *nersnt* ditunjukkan oleh besarnya kemiringan kurva seperti terlihat pada gambar 1. Faktor *nersnt* suatu ESI digunakan sebagai ukuran dari *sensistifitasnya*.

Untuk mengetahui apakah suatu ESI yang dibuat cukup peka atau tidak maka faktor *nersnt* harus ditentukan. Pada suhu 25 °C ion-ion bervalensi satu seperti sianida, nitrat, hidrogen, dan klorida memiliki faktor *nersnt* 59,2 mV/dekade dengan toleransi 5 mV. Nilai yang agak menyimpang dari nilai di atas masih dapat diterima bila ESI memiliki reproduibilitas yang cukup baik.



Gambar 1 Kurva pX terhadap potensial

b. Waktu Tanggap

Waktu tanggap ESI adalah waktu yang diperlukan ESI untuk memberikan tanggapan potensial yang tetap. Makin cepat elektroda memberikan tanggapan potensial yang tetap makin baik kinerja elektroda. Waktu tanggap dipengaruhi oleh konsentrasi analit dan pengadukan. Jika pengukuran dilakukan pada konsentrasi kecil ke konsentrasi yang lebih besar, maka waktu tanggap dari pada jika dilakukan sebaliknya. Pengadukan dapat mempercepat tercapainya kesetimbangan pada permukaan elektroda. Pengadukan yang terlalu kuat sebaliknya dapat mengakibatkan potensial yang tetap sulit dicapai.

c. Usia Pemakaian

Usia pemakaian suatu elektroda menunjukkan berapa lama elektroda tersebut masih dapat dipakai, artinya masih memiliki karakteristik yang hampir sama pada saat elektroda itu dinyatakan baik. Usia pemakaian ditentukan dengan mengukur potensial elektroda dan kemudian menentukan faktor *nersnt*, pada selang waktu tertentu. Apabila faktor *nersnt* telah menyimpang jauh dari nilai karakteristik elektroda, maka elektroda kemudian dinyatakan tidak layak lagi untuk digunakan. Usia pemakaian ESI sangat bergantung sifat mekanik membran ESI. Sifat mekanik ini dipengaruhi oleh kelenturan membran. Sifat lain yang menentukan adalah daya tahan membran terhadap senyawa organik, zat oksidator, pH, dan tingkat kelarutan membran.

d. Koefisien Selektifitas, K_{ij}

Untuk menyatakan gangguan pada pengukuran oleh adanya ion lain umumnya digunakan koefisien selektifitas, yang diturunkan dari persamaan Nikolsky-Eisenman (Pungor, 1998):

$$E = E^0 + \frac{2,303RT}{nF} \log [a_i + \sum K_{ij} (a_j)^{z_i/z_j}]$$

Di mana a_i dan a_j masing-masing adalah keaktifan ion utama dan ion pengganggu, z_i dan z_j masing-masing adalah muatan ion utama dan ion pengganggu, K_{ij} adalah koefisien selektifitas. Jika $K_{ij} < 1$ maka elektroda sangat selektif terhadap ion utama i dengan kata lain tidak diganggu oleh ion pengganggu j .

ESI dewasa ini dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar, yaitu : elektroda dasar yang sesuai untuk pengukuran ion dan elektroda yang sesuai untuk pengukuran molekul. Menurut Pungor (Pungor, 1998) elektroda dasar dapat dibagi menjadi dua golongan :

1. elektroda berdasarkan *chemisorption*, terdiri dari :
 - a. elektroda berdasarkan reaksi asam-basa
 - b. elektroda berdasarkan reaksi pengendapan
 - c. elektroda berdasarkan reaksi pembentukan kompleks
2. elektroda yang bekerja berdasarkan deret *lyotropic*, dimana hubungan persamaan Nersnt yang ideal tidak selalu diperoleh.

Pada penelitian ini telah dibuat suatu elektroda selektif ion Cr(VI) dengan menggunakan campuran kitosan sebagai bahan aktif, PVC sebagai metrik dan Dibutyl phtalat (DBP) sebagai plastisiser. Campuran dilarutkan dalam THF dan dibuat menjadi membran dengan komposisi yang telah ditentukan antara DBP: PVC yaitu 1 : 2 dan bahan aktif yang divariasikan dan kemudian kitosan di dop (direndam) dalam larutan $K_2Cr_2O_7$ 1M. Perendaman membran di dalam larutan $K_2Cr_2O_7$ bertujuan untuk

menyerap ion Cr bervalensi (VI) ke dalam membran kitosan sehingga dapat dihasilkan suatu elektroda yang selektif terhadap ion Cr(VI). Elektroda yang dihasilkan kemudian akan ditentukan kinerja analisisnya yaitu faktor Nernst dan daerah kerja, waktu tanggap, koefisien selektifitas dan waktu hidup.

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah berapakah komposisi campuran kitosan, PVC dan DBP untuk pembuatan ESI Cr(VI) yang memiliki kinerja analitis yang baik.

Metode

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UNIMED Jl. Williem Iskandar Psr V Medan Estate, Medan. Penelitian ini berlangsung selama 5 bulan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : kabel koaksial dan BNC konektor, badan elektroda elektroda dari plastik (diameter dalam 4,5 mm, diameter luar 9,5 mm, panjang 50,0 mm), Kitosan, Tetrahidrofuran (THF), Polivinilklorida (PVC), Dibutil Phatalat (DBP), larutan $K_2Cr_2O_7$, KNO_3 , $ZnSO_4$, $MnSO_4$ $FeCl_3$, dan air bebas mineral. Semua bahan kimia yang digunakan memiliki kemurnian yang tinggi (pa).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : pH meter , elektroda standar kalomel Ag/AgCl, pengaduk magnet, pencatat waktu, dan alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium kimia.

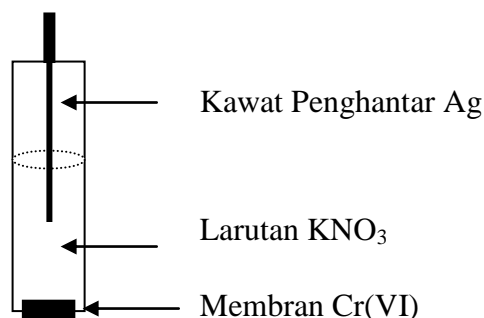
Prosedur Kerja

1. Pembuatan elektroda

Kitosan, PVC, DBP dicampurkan hingga berat total 1000 mg, dengan perbandingan komposisinya ditunjukkan pada tabel 1. Tiap- tiap campuran dilarutkan dalam 8 ml THF. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan magnetic stirer kaca hingga homogen. Kemudian larutan dituangkan ke dalam cetakan plat kaca, diratakan dan dibiarkan hingga kering selama 12 jam sehingga akan diperoleh lapisan tipis (film). Film yang diperoleh di dopp (di rendam) ke dalam larutan $K_2Cr_2O_7$ 1 M selama satu malam. Membran Cr(VI) kitosan sudah terbentuk dipotong sedemikian rupa sesuai dengan badan elektroda yang sudah disiapkan, kemudian ditempelkan pada ujung badan elektroda, kedalam badan elektroda dimasukkan larutan KNO_3 dan kawat Ag. Skema dari elektroda yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 1. Komposisi Campuran Pada Membran

Membran	Berat Kitosan	Berat DBP	Berat PVC
A	4 %	32 %	64 %
B	7 %	31 %	62 %
C	10 %	30 %	60%
D	13 %	29 %	58 %
E	16 %	28 %	56 %



Gambar 2. Skema elektroda selektif ion Cr(VI)

2. Pengukuran Potensial Sel

Pengukuran potensial dilakukan dengan menggunakan potensiometer dengan elektroda pembanding Ag/AgCl. Pengukuran potensial dilakukan terhadap larutan standar $K_2Cr_2O_7$ pada berbagai konsentrasi (10^{-1} M, 10^{-2} M, 10^{-3} M, 10^{-4} M, 10^{-5} M) dengan menggunakan elektroda Cr. Nilai potensial yang telah diperoleh dipakai untuk membuat kurva kalibrasi yaitu dengan memplot antara potensial yang terukur terhadap konsentrasi standar. Dari kurva ini kemudian diperoleh faktor nersnt (mv/dekade konsentrasi). Koefisien selektifitas dari elektroda ditentukan terhadap ion Zn^{2+} , Mn^{2+} dan Fe^{3+} dengan metode larutan bercampur menggunakan persamaan Nikolsky-Eisenman. Waktu tanggap ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan hingga pengukuran menunjukkan nilai potensial yang stabil. Usia pemakaian dari elektroda diperoleh dengan melakukan pengukuran pada hari ke 1, 3, 5, 7, 9, 11 dan 13. Dalam interval waktu pengukuran elektroda disimpan dalam keadaan terendam di dalam larutan $K_2Cr_2O_7$ 1 M.

3. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran potensial dengan

menggunakan elektroda Cr pada larutan standar $K_2Cr_2O_7$ diolah dengan menggunakan persamaan regresi linier dengan menetapkan potensial sebagai variabel Y dan pH sebagai variabel X dalam bentuk persamaan umum $Y = a + bX$. Dari hasil pengolahan data ini akan diperoleh faktor nersnt yaitu dari nilai konstanta b, tetapan sel, E^0 , diperoleh dari nilai konstanta a persamaan regresi liniernya.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran potensial untuk penentuan koefisien selektifitas kemudian diolah dengan menggunakan persamaan Nikolsky-Eisenman.

Hasil dan Pembahasan

1. Penentuan Komposisi Membran Elektroda Yang Paling Optimum

Dilakukan pembuatan beberapa buah membran dengan perbandingan komposisi bahan-bahan penyusunnya berbeda-beda. Kemudian dibuat elektroda dengan menggunakan masing-masing membran, dan ditentukan faktor Nernst dan daerah kerjanya masing-masing. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 2.

Membran yang paling optimum adalah membran yang harga faktor Nersntnya lebih baik, memiliki daerah kerja yang cukup besar dan koefisien

korelasi R^2 yang cukup baik. Membran yang paling optimum adalah membran A yang terdiri dari 4 % kitosan, 32 % DBP dan 64 % PVC karena membran dengan komposisi tersebut memberikan parameter elektroda yang baik seperti faktor Nersnt 32.004 mV/dekade konsentrasi pada daerah kerja 10^{-5} - 10^1 M serta koefisien korelasi (R^2) 0.9959.

Nilai faktor Nersnt tersebut ternyata tidak seperti dugaan nilai teoritis untuk ion bervalensi 6 (9,867

mV/dekade konsentrasi). Hal ini menunjukkan bahwa elektroda selektif ion Cr^{+6} yang dihasilkan bekerja bukan semata-mata berdasarkan persamaan Nernst, tetapi berdasarkan potensial membran (*junction potential*). Elektroda ini termasuk kelompok elektroda yang disebut Pungor (Pungor, 1998) sebagai elektroda yang bekerja berdasarkan deret *lyotropic*. Elektroda seperti ini tidak selalu mengikuti hukum Nersnt secara ideal.

Tabel 2 Penentuan Komposisi Optimum Membran

Membran	Komposisi Membran			FaktorNersnt (mV/dekade)	Daerah Kerja (M)	R^2
	BahanAktif (Kitosan)	Plastisizer (DBP)	Matriks (PVC)			
A	4 %	32%	64%	32.004	10^{-5} - 10^1	0.9959
B	7 %	31%	62%	23.173	10^{-5} - 10^1	0,9842
C	10%	30%	60%	29.516	10^{-5} - 10^1	0,9306
D	13%	29%	58%	13.180	10^{-5} - 10^1	0,9478
E	16%	28%	56%	19.525	10^{-5} - 10^1	0,6878

2. Penentuan Waktu Tanggap Elektroda

Waktu tanggap ESI adalah waktu yang diperlukan ESI untuk memberikan tanggapan potensial yang tetap. Waktu tanggap ESI Cr^{+6} diperoleh dengan cara mengukur potensial dari larutan standar Cr^{+6} pada daerah kerja elektroda. Dari data yang diperoleh bahwa membran A memiliki waktu tanggap yang paling cepat untuk mencapai harga potensial yang stabil yaitu sebesar 20,7 detik sebagaimana terlihat pada tabel 3.

3. Penentuan Koefisien Selektivitas Elektroda

Koefisien selektifitas elektroda ditentukan dengan menggunakan elektroda yang paling optimum yaitu

elektroda A (komposisi : 4 % kitosan, 32 % DBP dan 64 % PVC). Penentuan dilakukan dengan metode larutan bercampur dimana konsentrasi ion utama sebesar 10^{-3} M dan ion pengganggu sebesar 10^{-2} M, 10^{-3} M, 10^{-4} M. Ion pengganggu yang digunakan adalah Zn^{+2} , Mn^{+2} . dan Fe^{+3} Perhitungan menggunakan persamaan Nikolsky-Eisnman

$$E = E_0 + 2,303 \frac{RT}{nF} \log \left[a_i + \sum K_{ij} (a_j)^{z_i/z_j} \right]$$

Apabila harga $K_{ij} < 1$ maka ion tersebut tidak mengganggu terhadap pengukuran, tetapi apabila harga $K_{ij} > 1$ maka ion tersebut mengganggu terhadap pengukuran.

Tabel 3. Data Pengukuran Waktu Tanggap ESI Cr(VI)

C	Waktu Tanggap Masing- Masing Elektroda Membran (Detik)				
	A	B	C	D	E
10^{-5}	16,3	19,4	22,5	19,6	32,2
10^{-4}	15,4	46,1	07,4	27,7	48,3
10^{-3}	16,1	16,8	04,2	21,9	30,0
10^{-2}	36,5	30,9	56,4	23,7	16,8
10^{-1}	19,5	23,0	19,1	17,0	13,3
Rata-rata	20,7	27,2	21,9	21,9	28,1

Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4. Hasil pada tabel 4 menunjukkan bahwa $K_{ij} \text{Mn}^{+2} < K_{ij} \text{Zn}^{+2} < K_{ij} \text{Fe}^{+3}$. Ketiga ion tersebut memiliki nilai $K_{ij} < 1$, sehingga reaktif tidak mengganggu pada pengukuran menggunakan elektroda selektif ion Cr^{+6} yang dihasilkan.

Tabel 4. Data Koefisien Selektifitas Ion Asing

Ion Asing	Koefisien Selektifitas (K_{ij})
Zn^{2+}	0.1195
Mn^{2+}	0.0015
Fe^{3+}	0.1399

4. Penentuan Usia Pemakaian Elektroda

Usia pemakaian suatu elektroda menunjukkan berapa lama elektroda tersebut masih dapat dipakai, artinya masih memiliki karakteristik yang hampir sama pada saat elektroda itu dinyatakan baik. Usia pemakaian ditentukan dengan mengukur potensial

elektroda dan kemudian menentukan faktor *nersnt*, pada selang waktu tertentu. Usia pemakaian elektroda Cr^{+6} ditentukan dengan menggunakan elektroda yang paling optimum yaitu elektroda A yang terdiri dari 5 % kitosan, 32 % DBP dan 64 % PVC. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Faktor Nersnt elektroda A (komposisi : A yang terdiri dari 4 % kitosan, 32 % DBP dan 64 % PVC) dalam jangka waktu 13 hari

Hari ke	Faktor Nernst, mv/dekade konsentrasi
1	30.694
3	27.070
5	15,069
7	8,602
9	3,952
11	-21,253
13	-53,207

Faktor Nersnt turun dalam jangka waktu 13 hari , hal mana menunjukkan adanya penurunan kinerja analitis dari elektroda yaitu sensitivitas. Penurunan ini diakibatkan terjadinya perubahan pada permukaan elektroda yaitu pelarutan sebagian zat aktif.

Faktor Nersnt pada hari ke-5 terlihat turun sangat signifikan (menjadi hanya setengahnya), penurunan terus terjadi pada hari-hari berikutnya. Keadaan ini menunjukkan telah terjadi perubahan pada permukaan elektroda. Perubahan ini semakin jelas terlihat pada pengukuran pada hari ke-11, pada mana faktor Nersnt menjadi -21,253/dekade. Merujuk kepada usia pemakaian elektroda maka elektroda yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan sampai hari ke-3. Perubahan pada hari ke-11 dan 13 (faktor Nersnt menjadi negatif) mengindikasikan terbentuknya sistem tanggap yang lain.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Komposisi membran elektroda selektif ion Cr(VI) yang paling optimum adalah 4 % bahan aktif (kitosan-Cr), 32 % plastisiser (DBP) dan 64 % matriks (PVC). Dengan harga faktor Nersnt sebesar 32.004 mV/dekade konsentrasi dan daerah kerja $10^{-5} - 10^{-1}$ M.
2. Ion- ion asing seperti Fe^{3+} , Zn^{2+} dan Mn^{2+} tidak mengganggu terhadap pengukuran dengan elektroda selektif ion dengan bahan aktif kitosan-Cr.
3. Elektroda selektif ion Cr(VI) dengan bahan aktif kitosan-Cr

memiliki waktu tanggap 20.7 detik.

4. Elektroda selektif ion Cr(VI) dengan bahan aktif kitosan hanya dapat dipakai dalam jangka waktu 3 hari.

Daftar Pustaka

- Agung, (2002), Chromium, <http://bappedal.jawatengah.go.id/V3/artikel/chromium.php>.
- Atikah, Mulyasuryani, A., Lugman, M., Retnowati, R., dan Wijayanto, E., (1997), Rekayasa Pembuatan Elektroda Selektif Iodida Tipe Kawat Terlapis_yang Sederhana Untuk Monitoring Kadar Iodium Dalam Urine pada_Gangguan Akibat Kekurangan Iodium, *Jurnal Penelitian Ilmu- ilmu Teknik (engineering)*, volume 9 No 2.
- Fitri, Susanti, (2005), *Adsorbsi Cr(VI) Oleh Kitosan yang Berasal dari Kulit Udang*, skripsi, FMIPA UNIMED, Medan.
- Gea, Saharman., Andriyani dan Lenny., Sovia, (2005), Pembuatan Elektroda, *Selektif Ion Cu(II) Kitosan Polietilen Oksida.*, USU Repository 2005, Universitas Sumatera Utara.
- Higdon, J., 2004, A Proposed Model For The Enhancing Effects Of Chromium On Insulin Activity, Linus Pauling Institute, Oregon State University
- Jiang, L., et.al, (2004), A Chitosan-Multiwall Carbon Nanotube Modified Electrode for Simultaneous Detection of Dopamine and Ascorbic Acid, *Analytical Sciences*, Vol. 20

- Kurniasih, D., Atikah, Sulistiarti, H., (2012), The Coated-Wire Ion Selective Electrode (CWISE) of Chromate Using PVC-Membrane Based on Chitosan as A Carrier, *J. Pure App. Chem. Res.*, 1 (1),
- Kembaren, A., (2002), *Potensiometri*, Makalah pada Pelatihan Penggunaan Alat-alat Laboratorium Kimia, FMIPA UNIMED, Medan.
- Manalu, Kalnora., (1999), *Pembuatan Membran Cu²⁺ Kitosn Untuk Ion Selektif Elektroda Cu dengan Metoda Perendaman*, skripsi, FMIPA USU, Medan.
- Picot, A. & Grenouillet, P., 1995, *Safety in The Chemistry and Biochemistry Laboratory*, VCH Publishers, New York, (66)
- Pungor, E. , (1998), *The Theory of Ion Selective Electrodes*, The Japan Society for Analytical Chemistry, Japan,
- Rahmi dan Julinawati, (2009), Aplication of Modified Chitosan for Adsorben Ionic Cu²⁺ Metal in Diesel Oil, *Jurnal Natural*, Vol 9, No. 2