

PEMBUATAN ESI Pb^{+2} MENGGUNAKAN MEMBRAN DARI CAMPURAN PbS, PVC, DAN DBP

Agus Kembaren

Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan

Abstract

This research was aimed to prepare Pb ion selective electrode by membrane composite of PbS as electroactive, PVC as matrix and DBP as plasticizer with composition in % = 0.50 :66.3 :33.2 ; 1 :66 :33 ; 2 :65.3 :32.7 ; 3 :64.5 :32.25 ; 5 :63.25 :31.75. Analytical performance of the electrodes were determined by nersnt factor rand dynamic range, response time, selectifity coefficient, and life time. The results show that the electrodes with composition 1 :66 :33 have best performance. Dynamic range of this electrodes is between 10^{-7} M - 10^{-1} M , slope/nersnt factor 31.142 mv/decade, average response time 12.1 second. The electrodes is interfered by +2 ions like Hg^{+2} , Cd^{+2} , and Zn^{+2} ($K_{ij} = 25.492$, 7.7837, and 5.5724), but not by +1 ions like Na^{+} and K^{+} ($K_{ij} = 0.0311$ and 0.0098). The electrodes can used with good performance in 12 – 15 day (23 times measuring), slopes/nersnt factor decreased in 53.37% after 27 days.

Pendahuluan

Timbal (nomor atom 82) dikenal sebagai logam tua tersebar luas di alam. Proses ekstraksi timbal tidak memerlukan tahapan yang sulit serta pengolahannya pun mudah. Selain dalam bentuk logam murni, timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa anorganik dan organik. Semua bentuk timbal tersebut berpengaruh sama terhadap toksinitas pada manusia. Bentuk organik seperti tetra metil-Pb (TEL dan TML), menyebabkan pengaruh toksinitas yang sama, tetapi agak berbeda dengan bentuk senyawa anorganik Pb (www.Compounds of Lead, Webselement.com). Walaupun pengaruh toksinitas akut agak jarang dijumpai, tetapi pengaruh toksinitas kronis paling sering ditemukan. Pengaruh toksinitas kronis ini paling sering ditemukan pada pekerja pertambangan dan pabrik pemurnian logam, pabrik mobil (proses pengecatan), penyimpanan baterai, percetakan, pelapisan logam, dan pengecatan sistem semprot.

Penelitian menunjukkan bahwa timbal yang terserap oleh anak, walaupun dalam jumlah yang kecil, dapat mengakibatkan gangguan pada fase awal pertumbuhan fisik dan mental yang kemudian berakibat pada fungsi kecerdasan

dan kemampuan akademik (Setyorini, 2004). Pada kadar rendah, keracunan timbal pada anak-anak dapat menyebabkan : penurunan IQ dan pemusatan perhatian, kesulitan membaca dan menulis, hiperaktif dan gangguan perilaku, gangguan pertumbuhan dan fungsi penglihatan dan pergerakan, dan gangguan pendengaran. Pada kadar tinggi, keracunan timbal pada anak dapat mengakibatkan anemia, kerusakan otak, liver, ginjal, syaraf, dan pencernaan, koma, kejang-kejang atau epilepsi dan kematian Dampak keracunan yang terjadi pada anak bersifat jangka panjang dan tidak dapat pulih, hal ini diperparah lagi oleh paparan timbal secara berulang-ulang dan akumulasi di dalam tubuh (Setyorini, 2004).Timbal, Pb, bersifat toksik bila terhirup atau tertelan oleh manusia, dan di dalam tubuh akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali di dalam ginjal dan otak, dan disimpan di dalam tulang dan gigi (Setyorini, 2004). Keracunan timbal dengan kadar tinggi pada anak dapat menyebabkan anemia, kerusakan otak, liver, ginjal dan kerusakan pencernaan, koma, kejang-kejang, atau epilepsy, bahkan menimbulkan kematian. Menurut Departemen kesehatan RI nilai ambang Pb dalam air minum adalah maksimum 0,1 mg/L. Untuk menguji kualitas air sebagai sarana yang rentan terhadap kontaminasi timbal, dibutuhkan alat yang sensitif, selektif, cara kerjanya cepat, dan dengan biaya analisis yang relatif murah, untuk mencegah bahaya yang lebih fatal bagi keseimbangan tubuh yang memakainya.

Dewasa ini penentuan timbal yang banyak digunakan adalah dengan metode AAS. Sebagai alternatif penentuan dengan metode potensiometri juga telah dikembangkan. Metode potensiometri mampu menyediakan kebutuhan kimiawan akan analisis yang tepat, cepat, dan biaya murah (Kembaren, 2002). Ada beberapa peralatan yang sangat diperlukan dalam analisis potensiometri secara langsung yaitu suatu elektroda ion selektif (ESI), elektroda pembanding (*reference*), dan alat untuk mengukur potensial (Wang, 1994). Voltmeter konvensional tidak dapat digunakan. Elektroda pembanding adalah suatu elektroda yang memiliki potensial tetap, umumnya digunakan kalomel atau Ag/AgCl. Elektroda selektif ion adalah suatu elektroda kerja/penunjuk yang

mampu mengukur secara selektif aktifitas spesi ion tertentu. Ion yang hendak ditentukan sangat bergantung pada jenis membran serta senyawa penyusun membran tersebut. Membran dalam elektroda selektif adalah merupakan fasa aktif yang langsung berhubungan dengan sampel yang diukur.

Menurut Bailey, LP dan Laksminaraniah, membran merupakan suatu lapisan yang memisahkan dua fasa dan mengatur perpindahan massa dari kedua fasa yang dipisahkannya (Atikah, 1997). Perbedaan ini mengakibatkan gradien konsentrasi yang selanjutnya akan menimbulkan potensial membran. Potensial ini berubah-ubah secara reversible terhadap perubahan aktivitas (konsentrasi) ion yang ditentukan, dan besarnya dapat diukur dengan alat potensiometer menggunakan elektroda pembanding kalomel atau Ag/AgCl.

Velikanova dan kawan-kawan telah berhasil membuat suatu elektroda selektif ion Pb dengan campuran garam PbS dan senyawa TiS_2 sebagai fasa aktifnya (Velikanova, 2000). Elektroda ini telah digunakan sebagai indikator untuk penentuan titik akhir titrasi potensiometri serta penentuan Pb^{+2} secara langsung dalam satu sampel air. Pemanfaatan garam PbS juga telah dilakukan Kembaren (Kembaren, 2012) untuk bahan aktif dalam elektroda selektif ion S^{-2} , yaitu dengan mencampurnya dengan PVC dan DBP. Penelitian lain tentang pembuatan membran elektroda selektif ion untuk analisis ion Pb^{+2} adalah yang dilakukan oleh Yang dan kawan-kawan (Yang, 1998). Membran elektroda ini tersusun atas campuran 4,7,13,16- *Tetrathenoyl - 1,10 - dioxa - 4,7,13,16 - tetraazacyclooctadecane* sebagai bahan aktif, PVC sebagai matriks pendukung dan kalium tetrakis-p-kloropenil borat (KTPClPB) sebagai plastisiser.

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

a. Faktor *Nersnt* dan Daerah Konsentrasi

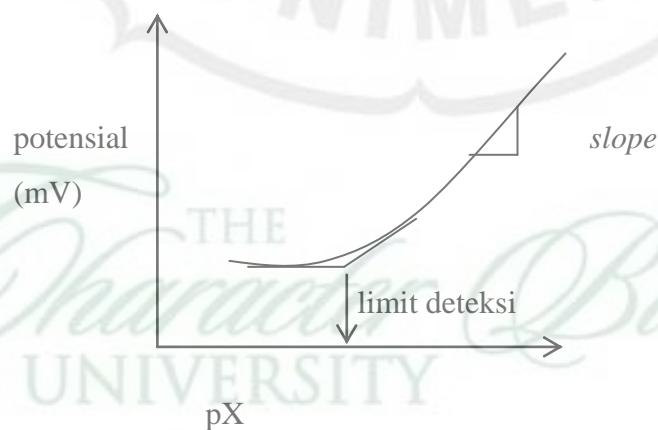
Pada analisis dengan menggunakan ESI biasanya dibuat kurva antara minus logaritma aktifitas analit, pX , dengan potensial yang terukur, E. Pada suatu rentang nilai pX kurva yang dihasilkan berupa garis lurus yang merupakan daerah konsentrasi atau sering juga disebut daerah kerja atau daerah linier. Nilai 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 reproduisibilitas yang cukup baik.

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.



Gambar 1. Kurva pX terhadap potensial

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):

$$E = E^0 + 2,303RT/nF \log [a_i + \sum K_{ij} (a_j)^{z_i/z_j}] \quad 1$$

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 .

Dalam penelitian ini dibuat suatu elektroda selektif ion Pb^{+2} dengan menggunakan membran dari campuran garam PbS sebagai bahan aktif, PVC sebagai matriks pendukung dan Dibutil Phtalat (DBP) sebagai plastisiser dengan komposisi tertentu. Elektroda yang dihasilkan kemudian akan ditentukan kinerja analitisnya yaitu : faktor *nersnt*, daerah konsentrasi, waktu tanggap, koefisien selektivitas, dan usia pemakaian (waktu hidup).

Dalam penelitian ini permasalahan yang akan dikaji adalah bagaimana membuat elektroda selektif ion Pb^{+2} dengan kinerja yang baik menggunakan membran dari campuran PbS, DBP, dan PVC.

Metode

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UNIMED Medan selama 10 bulan.

B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : kabel koaksial dan BNC konektor, kawat tembaga SPLN 42 (1,5 mm², pembungkus 2,80 mm), badan elektroda elektroda dari plastik (diameter dalam 4,10 mm, diameter luar 9,0 mm, panjang 40,0 mm), garam PbS, DBP, PVC berat molekul rendah, THF, Kawat Pt, larutan KNO₃ 0,01 M, larutan standar Pb(NO₃)₂, NaCl, KCl, HgCl₂, ZnCl₂, CdCl₂, dan air bebas mineral. Semua bahan kimia yang digunakan memiliki kemurnian yang tinggi (pa).

C. Peralatan

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

D. Prosedur Kerja

1. Pembuatan elektroda

Garam PbS, PVC, Plastisiser, dicampurkan hingga berat total 1000 mg dan dengan perbandingan pada tabel 1. Tiap-tiap campuran dilarutkan dalam 5 ml THF. Larutan tersebut diaduk hingga homogen, dan kemudian dituangkan kedalam cetakan. Lalu pelarut THF diuapkan dalam suhu kamar selama 12 jam.

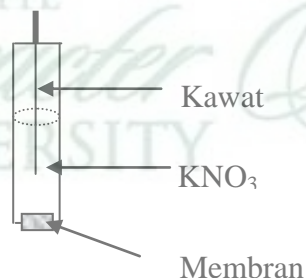
Tabel 1. Komposisi Campuran Pada Membran

No	Komposisi Membran		
	PbS	PVC	Plastisiser
1	0.50%	66,3%	33,2%
2	1%	66%	33%
3	2%	65,3%	32,7%
4	3%	64,5%	32,25%
5	5%	63,25%	31,75%

Membran PbS yang sudah terbentuk tersebut dipotong sedemikian rupa sesuai dengan ukuran badan elektroda, dan kemudian ditempelkan di ujung badan elektroda. Ke dalam badan elektroda dimasukkan larutan KNO_3 sebagai pembanding dalam. Setelah itu dimasukkan kawat tembaga dengan luas penampang $1,5 \text{ mm}^2$ (SPLN 42) seperti terlihat pada gambar 2. Elektroda yang telah terbentuk direndam dalam larutan standar $0,1 \text{ M Pb(NO}_3)_2$ selama satu malam.

2. Pengukuran Potensial Sel

Pengukuran potensial dilakukan dengan menggunakan potensiometer dengan elektroda pembanding Ag/AgCl. Pengukuran potensial dilakukan terhadap larutan standar $\text{Pb(NO}_3)_2$ pada berbagai konsentrasi (10^{-1} M , 10^{-2} M , 10^{-3} M , 10^{-4} M , 10^{-5} M , 10^{-6} M , 10^{-7} M dan 10^{-8} M) dengan menggunakan elektroda PbS. 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 Nernst (mv/dekade konsentrasi). Koefisien selektifitas dari elektroda ditentukan terhadap ion Na^+ , K^+ , Hg^{+2} , Zn^{+2} , dan Cd^{+2} 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, 7, 12, dan 27. Dalam interval waktu pengukuran elektroda disimpan dalam keadaan kering.



Gambar 2. Skema Elektroda

3. Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran potensial dengan menggunakan elektroda kuinhidron pada larutan bufer pH 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, sedangkan *reproduksibilitas* ditunjukkan oleh simpangan baku 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, koefisien korelasi R^2 yang cukup baik serta memiliki standar deviasi yang lebih kecil

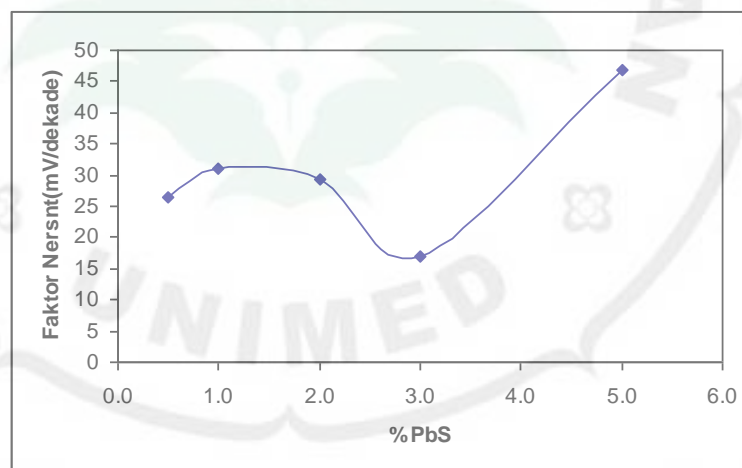
Tabel 2. Penentuan Komposisi Optimum Membran

N O	Komposisi Pb Dalam Membran			Faktor Nersnt	Daerah Kerja	R^2	SD	K
	PbS	PVC	Plastisier					
1	0.50%	66,3%	33,2%	26,574	$10^{-1} - 10^{-7}$	0,4178	88,81655	199,79
2	1%	66%	33%	31,142	$10^{-1} - 10^{-7}$	0,9702	68,29832	140,2
3	2%	65,3%	32,7%	29,407	$10^{-1} - 10^{-7}$	0,291	117,7582	22,879
4	3%	64,5%	32,25%	17,036	$10^{-1} - 10^{-7}$	0,4076	63,14304	10,749
5	5%	63,25%	31,75%	46,73	$10^{-1} - 10^{-7}$	0,7608	115,7332	21,957

Dari data di atas dapat dilihat bahwa ada 4 komposisi elektroda membran (1, 2, 3, dan 4) yang memiliki faktor nersnt yang mendekati nilai teoritis sebagai

ion bervalensi 2. Dari ke-4 komposisi itu komposisi elektroda membran paling optimum adalah 1% bahan aktif (PbS), 67% PVC, dan 32% plastisiser yang memiliki harga faktor Nersnt sebesar 31,142 mv/dekade konsentrasi dan daerah kerja $10^{-1}M - 10^{-7} M$. Pada daerah kerja yang sama terlihat juga bahwa nilai faktor korelasi R^2 juga paling optimum yaitu 0,9702. Hal ini dapat dilihat lebih jelas pada gambar 3 dan 4.

Lebih lanjut terlihat bahwa elektroda dengan komposisi membran 5% bahan aktif (PbS), 63,25% PVC, dan 31,75% plastisiser, memiliki harga faktor Nersnt sebesar 46,73 mv/dekade konsentrasi, pada daerah kerja $10^{-1}M - 10^{-7} M$ dengan faktor korelasi R^2 0,7608. Keadaan ini menunjukkan bahwa elektroda ini sudah mendekati sistem untuk ion bervalensi 1, artinya ada kemungkinan membran yang dibuat memberikan sistem kesetimbangan lain.



Gambar 3 Hubungan Komposisi Bahan Aktif Dengan Faktor Nersnt

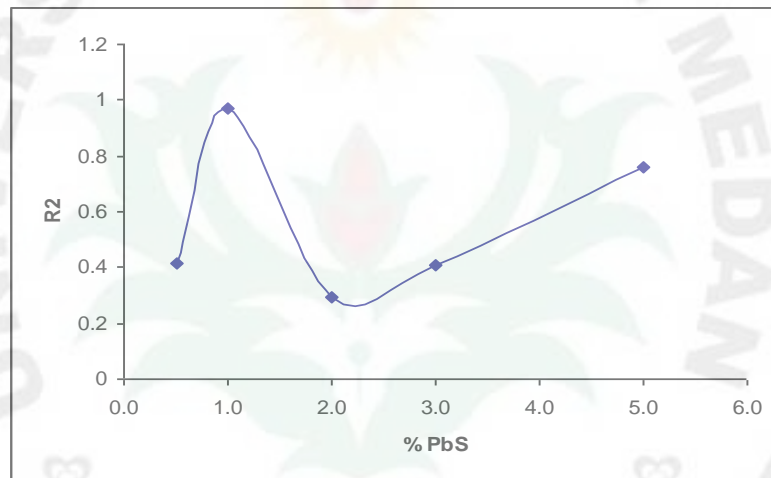
2. Penentuan Waktu Tanggap Elektroda

Penentuan waktu tanggap elektroda Pb^{+2} dilakukan dengan cara mengukur potensial dari beberapa buah larutan standar Pb^{+2} yang memiliki harga konsentrasi berada pada daerah kerja elektroda dengan menggunakan elektroda 2 (1% PbS, 67% PVC, dan 32% plastisiser). Kemudian diukur waktu yang diperlukan sampai potensial yang terbaca pada alat potensiometer menunjukkan harga yang cukup stabil. Rata-rata dari setiap pengukuran adalah merupakan waktu tanggap dari elektroda. Data hasil pengukuran waktu tanggap elektroda

Pb⁺² dapat dilihat pada tabel 3. Setelah diambil rata-ratanya diperoleh waktu tanggap elektroda sebesar 12,1 detik.

3. Penentuan Koefisien Selektivitas Elektroda Pb⁺²

Penentuan koefisien selektivitas elektroda dilakukan dengan metode bercampur dengan konsentrasi ion utama sebesar 10⁻³ M dan ion pengganggu sebesar 10⁻² M, 10⁻³ M, 10⁻⁴ M dengan menggunakan elektroda 2 (1% PbS, 67% PVC, dan 32% plastisiser).



Gambar 4. Hubungan Komposisi Bahan Aktif Dengan R²

Tabel 3 Pengukuran Waktu Tanggap Elektroda Selektif Ion Pb⁺²

Log C	Waktu (detik)
-8	13
-7	12
-6	12
-5	15
-4	12
-3	13
-2	10
-1	10
Rata-rata	12.125

Perhitungan menggunakan persamaan Nikolsky-Eisenman.

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

Apabila harga $K_{ij} < 1$ maka ion tersebut tidak mengganggu terhadap pengukuran. Tetapi apabila harga $K_{ij} \geq 1$ maka ion tersebut mengganggu terhadap pengukuran. Data yang diperoleh terdapat pada tabel 4.

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa ion-ion yang bermuatan +2 seperti ion Hg^{+2} , Cd^{+2} dan Zn^{+2} mengganggu terhadap pengukuran dengan menggunakan elektroda selektif ion dengan bahan aktif PbS. Oleh karena itu sangat disarankan bahwa sebelum mulai melakukan pengukuran dengan alat ini sebaiknya dipastikan dulu bahwa larutan yang akan kita ukur tidak mengandung ion-ion tersebut di atas.

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa ion-ion yang bermuatan +2 seperti ion Hg^{+2} , Cd^{+2} dan Zn^{+2} mengganggu terhadap pengukuran dengan menggunakan elektroda selektif ion dengan bahan aktif PbS. Oleh karena itu sangat disarankan bahwa sebelum mulai melakukan pengukuran dengan alat ini sebaiknya dipastikan dulu bahwa larutan yang akan kita ukur tidak mengandung ion-ion tersebut di atas.

Tabel 4 Koefisien Selektivitas Ion-Ion Asing

Ion Asing	Koefisien Selektivitas (K_{ij})
Na^{+1}	0,0311
K^{+1}	0,0098
Hg^{+2}	25,492
Cd^{+2}	7,7837
Zn^{+2}	5,5724

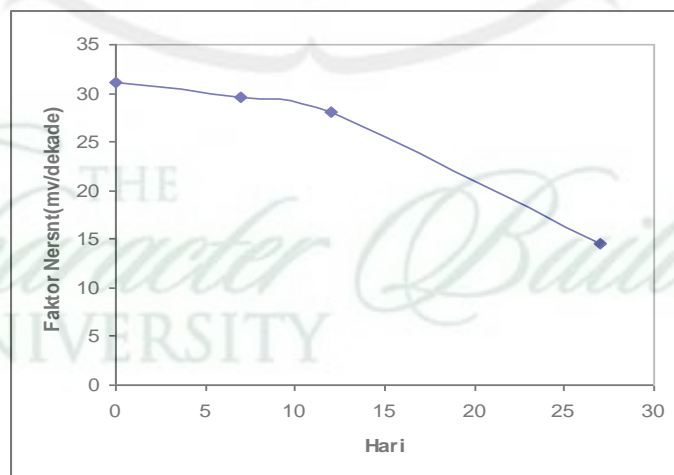
4 Penentuan Waktu Hidup Elektroda Pb^{+2}

Untuk menentukan stabilitas dari elektroda Pb^{+2} , dilakukan pengukuran faktor Nernst elektroda dengan menggunakan elektroda 2 (1% PbS, 67% PVC, dan 32% plastisiser) dalam waktu-waktu tertentu selama satu bulan. Dan diperoleh data pada tabel 5.

Tabel 5 Hubungan Faktor Nernst Dengan Waktu

Hari Ke	Faktor Nersnt	R ²	Banyak pengukuran
0	31,142	0,9702	9
7	29,525	0,9736	7
12	28,108	0,968	7
27	14,521	0,9056	7

Perubahan faktor nersnt dalam jangka waktu satu bulan dapat dilihat dalam gambar 5. Dari gambar tersebut dapat kita lihat perubahan faktor nersnt yang cukup drastis terdapat pada pengukuran hari ke 12 sampai 15 dengan jumlah pengukuran sebanyak 23 kali. Setelah 12 hari hasil pengukuran menunjukkan bahwa harga faktor Nersnt telah menjadi sebesar 28,108 mv/dekade konsentrasi, yaitu mengalami pengurangan sebesar 9,742%. Setelah hari ke 15 faktor nersnt mengalami penurunan yang cukup drastis, dan sampai hari ke 27 setelah mengalami pengukuran sebanyak 30 kali faktor nersnt telah menjadi 14,521 mv/dekade konsentrasi. Hal ini berarti Faktor Nersnt telah berkurang sebesar 53,372%, yang menandakan bahwa kualitas dari elektroda sudah jauh menurun dan pengukurannya sudah tidak akurat lagi ($R^2 = 0,9056$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa elektroda sudah tidak layak untuk digunakan.



Gambar 5 Hubungan Faktor Nersnt Dengan Waktu

Kesimpulan

1. Komposisi membran elektroda selektif ion Pb^{+2} yang paling optimum adalah 1% bahan aktif (PbS), 67% PVC, dan 32% plastisiser. Dengan harga faktor Nernst sebesar 31,142 mv/dekade konsentrasi dan daerah kerja 10^{-7} M sampai 10^{-1} M.
2. Ion-ion asing yang bermuatan +2 seperti ion Hg^{+2} , Cd^{+2} , dan Zn^{+2} mengganggu terhadap pengukuran dengan menggunakan elektroda selektif ion dengan bahan aktif PbS. Sedangkan ion-ion seperti Na^{+} dan K^{+} tidak mengganggu terhadap pengukuran.
3. Elektroda selektif ion Pb^{+2} dengan bahan aktif PbS memiliki waktu tanggap 12,1 detik. Ini berarti dengan pengukuran potensial selama 12,1 detik sudah dapat diperoleh harga potensial yang stabil.
4. Elektroda selektif ion Pb^{+2} dengan bahan aktif PbS dapat dipakai dan menunjukkan kualitas yang masih baik dalam jangka waktu 12 sampai 15 hari dengan 23 kali pengukuran, setelah 27 hari sudah mengalami penurunan faktor Nernst sebesar 53,372%.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang kemungkinan kesetimbangan lain ($n \neq 1$) yang terjadi pada membran dengan PbS ≥ 5 %.
2. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh antara perubahan suhu dan pH terhadap kinerja elektroda selektif ion Pb^{+2} dengan bahan aktif PbS.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Rektor, Dekan FMIPA dan Ketua Jurusan Kimia FMIPA, Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Unimed atas bantuan dan izinnya kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ditjen Dikti Depdiknas yang telah membantu penulis dalam penyediaan dana penelitian ini. Ucapan terima kasih yang sangat khusus juga penulis sampaikan kepada Sdr.

Charles P. Simangunsong yang telah sangat banyak membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atikah.; Ani Mulyasuryani.; M. Lugman.; Rurini Retnowati. dan Edi Wijajanto. , (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, Universitas Brawijaya, Semarang: 85-97.
- Kembaren, A. , (2002), Potensiometri, Makalah Pada Pelatihan Penggunaan Alat-alat Laboratorium Kimia, FMIPA UNIMED, Medan : 1-14.
- Kembaren, A., (2012), Pemanfaatan Garam Plumbum Sulfida (PbS) Sebagai Elektroda Selektif Ion Sulfida, Jurnal Pendidikan Kimia (Program Studi Magister Pendidikan Kimia, PPs Unimed), Medan, Volume 4, Nomor 2 : 11-18.
- Pungor, E. , (1998), The Theory of Ion Selective Electrodes, The Japan Society for Analytical Chemistry, Japan, : 249-255.
- Setyorini, Dayu. ,(2004), Beberapa Hal Penting Tentang Timbal dan Keracunan Timbal Gresik, Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah.
- Velikanova, T. V. ; Titov, A. N ; and Shismintseva, N. N. , (2000), Lead Selective Electrode Based on Misfit Compound (PbS)_(1.18) TiS₂, Journal of Analytical Chemistry : 1051-1054.
- Wang, J. , (1994), Analytical Electrochemistry , VCH Publisher, Inc, USA : 107.
- WWW. Compounds of Lead , Webselements.com.
- Xinhao Yang, Naresh Kumar, Brynn Hibbert, D dan Peter W. Alexander. , (1998), Lead (II)-Selective Membrane Electrodes Based on 4,7,13,16-tetrathenoyl-1,10-dioxo-4,7,13,16-terazacyclooctadecane, Electroanalysis, Nomor 12: 827 - 831.