

MINI REVIEW: PENERAPAN BERBAGAI IONOFOR DALAM PEMBUATAN ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI) Pb^{2+} SECARA POTENSIOMETRI

A MINI REVIEW: THE APPLICATION OF VARIOUS IONOPHORES IN THE FABRICATION OF Pb^{2+} ION-SELECTIVE ELECTRODES (ISE) USING POTENTIOMETRY

Dea Angelina Tiku Padang, Bohari Yusuf, Moh Syaiful Arif*

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Mulawarman University,
Samarinda 75123, Indonesia

*Corresponding author: mohsyaiful@fmipa.unmul.ac.id

Diterbitkan: 31 Oktober 2024

ABSTRACT

This mini review provides a brief overview of the application of various types of ionophores in the fabrication of ion-selective electrodes (ISE) for detecting Pb^{2+} ions using the potentiometric method. Ionophores are key components in ISEs that determine the selectivity and sensitivity of the electrode toward the target ion. The purpose of this review is to provide insights into selecting effective ionophores for potentiometric applications in detecting Pb^{2+} contamination in the environment. The method used in this review involves screening articles on google scholar, research gate, and garuda published between 2015 and 2022. In this review, five types of ionophores were identified as active membrane materials for the fabrication of Pb^{2+} ISEs, including chitosan; 1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6 with anionic site KTCPB; dithizone; 1,10-diaza-18-crown-6 with anionic site KTCPB; and pt-butylcalix[4]arena with anionic site KTCPB. These ionophores were found to have Nernst values of 29.1, 29.64, 29.5, 27.61, 26.15, and 27.61 mV/decade, respectively. Dithizone was identified as the most effective ionophore for detecting Pb^{2+} due to its Nernst value being closest to the theoretical Nernst value of 29.57 mV/decade.

Keywords: Ion-Selective Electrode (ISEs), ionophores, potentiometry, Pb^{2+} ions, Nernst factor

PENDAHULUAN

Logam berat memiliki kepadatan, nomor atom dan berat yang tinggi. Beberapa diantaranya sangat beracun dan berbahaya bagi manusia serta dapat mengganggu ekosistem. Logam berat cenderung terakumulasi dalam sedimen, bakau, ikan, udang, cangkang kepiting dan lingkungan lainnya yang akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia melalui rantai makanan [1]. Timbal adalah salah satu logam berat yang dapat meracuni sistem pernapasan, sistem saraf dan darah. Keracunan timbal bisa terjadi melalui penapasan, pencernaan atau penyerapan melalui kulit. Timbal berasal dari kegiatan industri, penambangan dan kendaraan yang berbahaya bagi lingkungan [2]. Oleh karena itu, diperlukan analisis Pb secara rutin untuk memantau tingkat pencemaran. Metode analisis yang cepat, murah, sensitif dan akurat sangat dibutuhkan. Salah satunya adalah metode elektroda selektif ion (ESI), yang memiliki sensitivitas yang tinggi dan mampu mengukur kadar Pb hingga konsentrasi 10^{-10} M [3].

Elektroda selektif ion (ESI) merupakan komponen penting dari metode potensiometri [4]. Potensiometri adalah metode kuantitatif yang digunakan untuk mengukur ion dalam larutan berdasarkan prinsip elektrokimia. Teknik ini digunakan untuk mengukur potensial sel, pH serta konsentrasi ion logam dan non logam dalam larutan elektrolit [5].

ESI menawarkan banyak keunggulan yaitu proses analisis yang sederhana menggunakan alat sederhana seperti ph atau potensiometer, tidak terganggunya pengukuran oleh intensitas warna larutan tertentu, serta waktu pengukuran yang singkat [6]. Selain itu, ESI adalah elektroda indikator yang dapat dibuat dengan melapisi garam yang tidak larut dalam air (ionofor) pada suatu membran untuk menghasilkan elektroda yang selektif [2]. ESI sangat penting sebagai sensor elektrokimia karena pada bagian ujungnya mengandung bahan aktif yang

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



memungkinkan terjadinya proses termodinamik dan kinetik [7]. Tujuan penelitian tentang pembuatan ESI adalah untuk menghasilkan profil kerja ESI yang selektif, akurat, sensitif dan memiliki trayek pengukuran yang luas dengan batas deteksi yang paling rendah. Kinerja ESI terhadap ion Pb^{2+} dipengaruhi oleh lingkungan yang menyebabkan adanya perubahan nilai faktor Nernst [4].

Berdasarkan pemaparan di atas, mini *review* ini dibuat karena ketertarikan penulis terhadap pembuatan elektroda selektif ion menggunakan berbagai ionofor sebagai sensor Pb^{2+} secara potensiometri karena ESI merupakan suatu metode yang menggunakan analisis yang cepat, biaya yang digunakan murah, memiliki selektivitas dan sensitivitas yang tinggi untuk mendeteksi analit sehingga dapat mengurangi pencemaran timbal dilingkungan. Selain itu penulis berharap artikel ini dapat menjadi acuan bagi peneliti selanjutnya untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada *review* ini yaitu studi literatur dengan melakukan penapisan pada artikel yang membahas mengenai penerapan berbagai ionofor dalam pembuatan elektroda selektif ion (ESI) Pb^{2+} secara potensiometri. Penapisan artikel dilakukan pada situs *google scholar*, *research gate* dan *garuda* yang dipublikasi pada rentang tahun 2014-2022. Kemudian data-data yang diperoleh dilakukan perbandingan dan dijadikan satu kesatuan untuk mendapatkan data yang diharapkan pada *review* ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembuatan membran elektroda selektif ion (ESI) diperlukan ionofor yang selektif, memiliki sifat lipofil sehingga dapat larut dalam membran serta mampu bereaksi secara reversibel dengan ion target. Terdapat dua jenis metode elektroda selektif ion yang digunakan untuk mengukur timbal secara potensiometri yaitu jenis tabung dengan membran polimer yang menggunakan larutan pembanding dalam dan jenis kawat yang dilapisi dengan membran [8].

Berdasarkan muatan dan potensial listrik, membran dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu membran tidak bermuatan (membran netral) dan membran bermuatan (membran polielektrolit) [4]. ESI banyak digunakan untuk mendeteksi logam berat karena batas deteksi yang rendah, selektivitas yang tinggi, rentang dinamis luas, biaya yang digunakan rendah dan portabilitas yang memungkinkan pengukuran secara insitu [9]. Setiap jenis logam memiliki kespesifikan atau selektivitas yang berbeda-beda tergantung pada komposisi membrannya. Membran ESI yang berkualitas harus mengandung bahan-bahan aktif yang mampu berikatan dengan analit di permukaan membran dan larutan sampel melalui reaksi yang cepat, reversibel dan selektif. [10].

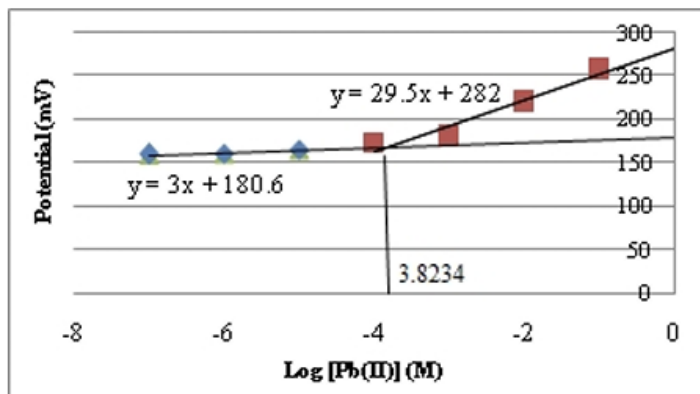
Untuk mengetahui kondisi optimum dari suatu membran, maka dapat dilakukan optimasi komposisi membran. Dalam melakukan optimasi komposisi membran yang baik, maka dapat ditentukan nilai Nernst. Nernst merupakan suatu persamaan yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka potensial sel yang dihasilkan akan semakin tinggi [12]. Pada ion Pb^{2+} , ESI dikatakan baik jika menunjukkan hubungan linier antara potensial dan log konsentrasi Pb^{2+} serta mendekati nilai faktor Nernst teoritis yakni sebesar 29,57 mV/dekade [7]. Beberapa literatur mengenai komposisi membran optimum ESI Pb^{2+} dengan ionofor yang berbeda untuk menghasilkan nilai Nernst dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Membran Optimum ESI Pb^{2+} dengan Berbagai Ionofor

No.	Komposisi Membran			Nilai Nernst (mV/dekade)	Literatur
	Ionofor	Polimer	Plastizer		
1.	Kitosan 10%	PVC 40%	DOP 50%	29,1	[4]
2.	1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6 5 mg dan <i>anionic site</i> KTCPB 10 mg	PVC 45 mg	NPOE 90 mg	29,64	[8]
3.	Dithizone 0,6 g	PVC 0,3 g	DOP 0,1 g	29,5	[9]
4.	Pt-butylkaliks[4]arena 3% dan <i>anionic site</i> KTCPB 2%	PVC 35%	DOS 60%	27,61	[10]
5.	1,10-diaza, 18-crown-6 8% dan <i>anionic site</i> KTCPB 4%	PVC 30%	NPOE 58%	26,15 & 27,61	[11]

Berdasarkan **Tabel 1**, dithizone merupakan ionofor yang paling baik dibandingkan dengan ionofor lainnya karena memiliki nilai Nernst yang paling mendekati secara teoritis. Kinerja ESI Pb^{2+} menggunakan dithizone sebagai ionofor dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Pada **Gambar 1** dapat diketahui bahwa dithizone menghasilkan nilai Nernst sebesar 29,5 mV/dekade dengan rentang konsentrasi linier berkisar antara 1×10^4 – 1×10^{-1} M. Nilai tersebut menandakan bahwa ESI dengan ionofor dithizone dapat digunakan untuk analisis dalam mendeteksi ion Pb^{2+} .



Gambar 1. Kurva potensial (mV) terhadap log [Pb(II)] M

Selain itu, Panggabean *et al* [9] menyatakan bahwa dithizone merupakan agen pengkelat organik yang digunakan untuk menganalisis ion logam. Dithizone dapat bereaksi dengan beberapa ion logam membentuk senyawa kompleks logam dithizoneate. Sebagai ionofor, dithizone dapat dibuat menjadi membran menggunakan matriks PVC sebagai polimer dan menambahkan sejumlah plasticizer DOP. Konduktivitas membran yang mengandung dithizone dapat ditingkatkan dengan melakukan pendopanan ke dalam logam sehingga dithizone memiliki selektivitas dan sensitivitas yang tinggi untuk mendeteksi ion Pb.

KESIMPULAN

Berdasarkan *review* yang telah dilakukan, diketahui bahwa ESI Pb^{2+} menggunakan ionofor kitosan; 1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6 dan *anionic site* KTCPB; dithizone, 1,10-diaza, 18-crown-6 dan *anionic site* KTCPB; pt-butylkaliks[4]arena dan *anionic site* KTCPB memiliki nilai Nernst secara berturut-turut sebesar 29,1; 29,64; 29,5; 27,61; 26,15; dan 27,61 mV/dekade. Dithizone merupakan ionofor yang paling baik dalam mendeteksi Pb^{2+} karena nilai Nernst mendekati nilai Nernst teoritis yaitu 29,57 mV/dekade.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen-dosen Kimia FMIPA Universitas Mulawarman terkhusus kepada dosen pembimbing I, dosen pembimbing II serta semua pihak yang membantu dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariri, A., Alva, S., Khaerudini, D. S., and Aziz, A. S. A. (2022). Fabrication of Lead Ion Selective Electrodes (Pb-ISE) based on Poly Methyl-Methacrylate-Co-Butyl Acrylate (MB28) Thin Film Photo-polymers and Pencil Graphite Electrodes (PGEs). *Portugaliae Electrochimica Acta*. 40(4), 305-323.
- [2] Novitasari, E., Anggraeni, A. R., Muhiroh., Dahlan, M. W., dan Mulyasuryani, A. (2016). Sensor Timbal Berbasis Potensiometri Untuk Mendeteksi Kadar Timbal Dalam Darah. *Jurnal Penelitian Saintek*. 21(1), 47-54.
- [3] Nisah, K., Rahmi, R., Ramli, M., Idroes R., Alva, S., Iqhrammullah., and Safitri, E. (2022). Optimization of Castor Oil-Based Ion Selective Electrode (ISE) with Active Agent 1,10-Phenanthroline for Aqueous Pb^{2+} Analysis. *Membranes*. 12(10), 1-15.

- [4] Kusuna, W. R. (2016). Pengaruh pH dan Temperatur Terhadap Kinerja Sensor ESI Pb²⁺ Tipe Kawat Terlapis Bermembran Kitosan. *Jurnal Entropi*.11(2), 235-239.
- [5] Suheryanto, Fanani, Z., dan Meilina, L. (2019). Validasi Metode Potensiometri Untuk Penentuan Logam Timbal (Pb) Pada Sampel Lidi. *Prosiding PPIS 2019*, 229-234.
- [6] Rismiarti, Z., Atikah, Bisri, C., dan Irnawati, Y. (2015). Elektroda Selektif Ion (ESI) Tetraborat Tipe Kawat Terlapis Berbasis Zeolit. *Chem. Prog.* 8(1), 6-11.
- [7] Noviana, L., Fardiyah, Q., dan Atikah. (2014). Pembuatan Elektroda Selektif Ion Timbal (II) Berbasis S-Methyl-N(Methylcarbamoxyloxy) Thioacetimide. *Kimia Student Journal*. 2(1), 448-454.
- [8] Yuntarso, A., Harsini, M., Herawati, D., dan Ngibad, K. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Selektif Ion Pb²⁺ Jenis Kawat Perak Terlapis Dengan Ionofor 1,10-Dibenzyl-1,10-Diaza-18-Crown-6. *Jurnal SainHealth*. 2(1), 21-30.
- [9] Panggabean, A. S., Gripaldi, F., and Pasaribu, S. P. (2021). Preparation and Characterization of Pb (II) Ion Selective Electrode based on Dithizone as Chemical Sensor. *Analytical & Bioanalytical Electrochemistry*. 13(3), 383-392.
- [10] Awaluddin I. P., Wahab, A. W., dan Maming. (2015). Desain Elektroda Selektif Ion Untuk Logam Timbal (II) (ESI-Pb (II)) Menggunakan Ionofor p-t-ButilKaliks[4]Aren. *Al-Kimia*. 3(1), 24-33.
- [11] Aziz, A., Yasser, M., Wahab, A. W., dan Taba, P. (2017). Pengaruh Komposisi Membran Berbasis PVC Menggunakan Ionofor 1,10-Diaza, 18-Crown-6 Terhadap Kinerja Elektroda Selektif Ion (ESI)-Pb (II). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2017*, 61-64.
- [12] Kusuma, R. A., Rahmanto, W. H., dan Suyati, L. (2018). Effect of Lactose Concentration as *Lactobacillus bulgaricus* Substrate on Potential Cells Produced in Microbial Fuel Cell Systems. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 21(3), 144-148.