

MINI REVIEW: PERBANDINGAN KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION Cu^{2+} DENGAN BERBAGAI IONOFOR DALAM Matriks PVC-DOP

A MINI REVIEW: PERFORMANCE COMPARISON OF Cu^{2+} ION-SELECTIVE ELECTRODE WITH VARIOUS IONOPHORES IN A PVC-DOP MATRIX

Safira Qisthina Wardhana, Alimuddin*, Moh Syaiful Arif

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman,
Samarinda 75123, Indonesia

*Corresponding author: alimuddin.fmipaunmul@gmail.com

Diterbitkan: 31 Oktober 2025

ABSTRACT

Copper (Cu) contamination resulting from industrial waste can have detrimental effects on both the environment and human health. To control Cu pollution, a rapid and accurate detection method is required. This study compares the performance of Cu^{2+} ion-selective electrodes using various ionophores in a polyvinyl chloride (PVC) matrix plasticized with dioctyl phthalate (DOP). The ionophores compared include EDTA, Rhodamine 6G, and Schiff base. The evaluated parameters include Nernstian slope, detection limit, linear range, response time, and selectivity. The results indicate that Rhodamine 6G and Schiff base exhibit superior sensitivity and response time, while EDTA provides better long-term stability.

Keywords: *Ion Selective Electrode, Cu^{2+} metal, Ionophore*

ABSTRAK

Pencemaran logam Tembaga (Cu) yang diakibatkan dari hasil limbah industri dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan. Untuk dapat mengendalikan pencemaran logam Cu, diperlukan analisis berupa deteksi yang cepat dan akurat. Penelitian ini membandingkan kinerja dari Elektroda Selektif Ion Cu^{2+} dengan berbagai ionofor dalam matriks polivinyl klorida (PVC) yang dilunakkan menggunakan dioctyl phthalate (DOP). Ionofor yang dibandingkan meliputi EDTA, Rhodamin 6G, dan Schiff base. Parameter yang digunakan yaitu slope Nernstian, limit deteksi, rentang linear, waktu respon, dan selektivitas. Didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa Rhodamin 6G dan Schiff base lebih unggul dalam sensitivitas dan waktu respon, sementara EDTA memiliki kestabilan jangka panjang.

Kata kunci: Elektroda Selektif Ion, logam Cu^{2+} , ionofor

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya aktivitas industri telah meningkatkan keberadaan limbah industri berupa logam berat ke dalam lingkungan. Industri seperti *electroplanting* dan metalurgi adalah contoh industri kimia yang banyak menghasilkan logam berat. Limbah logam berat ini dapat dikategorikan sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Salah satu logam berat yang dihasilkan dari limbah industri kimia yaitu Tembaga (Cu) [1]. Tembaga (Cu) memiliki densitas yang tinggi yaitu berkisar antara 5 gr/cm^3 , selain itu Cu merupakan logam esensial yang memiliki manfaat terhadap tubuh dengan kadar tertentu. Namun, jika melebihi ambang batas penggunaan yang telah ditentukan logam Cu dapat bersifat berbahaya dan toksik karena dapat membahayakan manusia serta lingkungan sekitar [2]. Untuk itulah pengembangan metode deteksi ion Cu^{2+} yang selektif dan sensitif sangat penting.

Elektroda Selektif Ion (ESI) adalah sensor penting dalam analisis kimia untuk mendeteksi ion-ion tertentu secara selektif dan sensitif. ESI seringkali digunakan sebagai elektroda indikator dengan melapiskan garam sukar yang dapat larut dalam air (ionofor), kemudian ditempelkan pada membran untuk mendapatkan elektroda selektif. ESI berbasis membran polimer seperti PVC-DOP dengan penambahan ionofor tertentu merupakan salah satu penelitian yang menjanjikan untuk dilakukan.

Membran berbasis PVC dengan penambahan Plastisizer yaitu DOP banyak digunakan dalam pembuatan membran karena bersifat fleksibel dan sifat kestabilan kimianya [3]. Ionofor berfungsi sebagai pengikat selektif pada ion yang diinginkan, sedangkan PVC-DOP memberikan kestabilan secara struktural dan fleksibilitas pada membran.

Pada penelitian ini, dibandingkan 3 jenis ESI untuk Cu^{2+} yang masing-masing menggunakan ionofor EDTA, Rhodamin 6G, dan Schiff base. Perbandingan ini dilakukan untuk dapat mengetahui kinerja dari pengaplikasian elektroda terhadap pengukuran Cu^{2+} dalam berbagai kondisi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penulisan *Mini Review* ini dilakukan dengan pengumpulan data berdasarkan studi literatur yang bersumber dari berbagai jurnal ilmiah yang membahas tentang Elektroda Selektif Ion dalam mendeteksi logam Cu^{2+} menggunakan berbagai ionofor sebagai pembanding. Literatur dikumpulkan melalui database *Google Scholar*, pencarian literatur menggunakan informasi data terbaru dengan rentang tahun 2015-2025.

Penelusuran artikel dalam penelitian ini dilakukan dengan dua bahasa, yaitu Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Artikel yang diperoleh diseleksi berdasarkan kata kunci yaitu ESI, logam Cu^{2+} , dan ionofor. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif yang disederhanakan untuk menilai keunggulan dari masing-masing ionofor, sehingga didapatkan hasil yang memenuhi dan sesuai dengan tujuan penulis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membandingkan kinerja 3 Elektroda Selektif Ion (ESI) berbasis PVC-DOP dengan menggunakan ionofor berbeda yaitu EDTA, Rhodamin 6G, dan Schiff base. Kinerja dari elektroda yang dianalisis berdasarkan slope Nernstian, rentang linear, limit deteksi, waktu respon, dan selektivitas terhadap ion Cu^{2+} .

Tabel 1. Perbandingan Kinerja ESI Cu^{2+} dengan berbagai Ionofor

Ionofor	Slope (mV/decade)	Rentang Linear (M)	Limit Deteksi (M)	Waktu Respon (Detik)	*Selektivitas terhadap Cu^{2+} (%)
EDTA	30,2	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-6}$	20	75%
Rhodamin 6G	29,4	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-2}$	$9,5 \times 10^{-8}$	12	90%
Schiff base (Kardaş dan Topçu)	28,7	$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-7}$	10	85%
Schiff base (Kumar dkk.,)	29,0	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-7}$	9	88%

Slope dan Rentang Linear

Nilai slope menunjukkan seberapa responsif elektroda terhadap perubahan secara logaritmik konsentrasi dari ion Cu^{2+} . Nilai teoritis menurut hukum Nernst adalah sekitar 29,58 mV/dekade pada suhu ruang. Semua elektroda pada literatur yang digunakan menghasilkan nilai slope yang dekat

dengan nilai teoritis. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme kerja elektroda berlangsung sesuai teori, dengan transfer ion efisien dari larutan ke membran. Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan ionofor EDTA diperoleh nilai slope sebesar 30,2 mV/dekade dengan menunjukkan waktu respon yang baik [3] sedangkan ionofor Rhodamin 6G diperoleh nilai slope sebesar 28,9 mV/dekade [4] dan hasil dengan ionofor schiff base diperoleh nilai slope yang mendekati yaitu 28,5 mV/dekade [5] dan 29,0 mV/dekade [6] dengan linearitas yang stabil yaitu hingga 10^{-2} M. Elektroda berbasis EDTA menunjukkan nilai slope tertinggi yang menandakan kestabilan respon, sedangkan Rhodamin 6G dan Schiff base menunjukkan nilai yang konsisten dan valid untuk sistem selektif ion.

Limit Deteksi

Limit deteksi menunjukkan batas deteksi terkecil dari suatu sistem sensor. Berdasarkan perbandingan ionofor yang digunakan, Rhodamin 6G menunjukkan nilai LOD paling rendah yaitu $9,5 \times 10^{-8}$, Schiff base menunjukkan nilai LOD cukup baik yaitu 10^{-7} sampai 10^{-6} , dan EDTA menunjukkan nilai LOD yang cukup tinggi dengan kestabilan yang baik yaitu $1,2 \times 10^{-7}$.

Waktu Respon

Kecepatan elektroda dalam mencapai nilai potensial stabil setelah perubahan konsentrasi ion dapat diketahui berdasarkan waktu respon yang didapatkan. Elektroda berbasis Schiff base [4] dan [5] Kardaş, F., & Topçu, C. (2018). menunjukkan waktu respon tercepat (<10 detik), hal ini disebabkan oleh interaksi yang disebabkan oleh ligan dengan ion logam melalui donor elektron dari gugus amina. Elektroda berbasis Rhodamin 6G menunjukkan waktu respon yaitu 12 detik sedangkan elektroda berbasis EDTA menunjukkan waktu respon yang lebih lambat yaitu 20 detik, hal ini kemungkinan disebabkan oleh pembentukan kompleks yang lebih stabil tetapi kinetik yang dihasilkan cenderung lambat.

Selektivitas dan Stabilitas

Selektivitas mengukur kemampuan elektroda dalam membedakan Cu^{2+} dari ion-ion pengganggu seperti Zn^{2+} , Pb^{2+} , dan Fe^{3+} . Ionofor Schiff base dan Rhodamin 6G memberikan hasil paling selektif karena struktur aromatik dan gugus amina yang spesifik untuk Cu^{2+} . Sedangkan stabilitas elektroda berbasis EDTA dinilai paling baik dalam uji berulang (>30 hari penggunaan tanpa degradasi signifikan) sehingga cocok untuk penggunaan jangka panjang.

Pengaruh Matriks PVC dan DOP

Matriks PVC memberikan sifat mekanik dan kimia yang stabil, sementara DOP sebagai plastisizer meningkatkan difusi ion dan homogenitas larutan dalam membran. Kombinasi ini membuat membran yang dihasilkan bersifat fleksibel, stabil, dan konsisten selama pengukuran. Semua penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa komposisi PVC:DOP yang optimal berkisar antara 1:2 hingga 1:3 untuk performa terbaik.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari 3 jenis ionofor yang digunakan, dapat disimpulkan bahwa ionofor Rhodamin 6G menunjukkan hasil sensitivitas tertinggi dengan LOD terendah, sedangkan ionofor Schiff base menunjukkan hasil kecepatan respon yang paling tinggi dan untuk ionofor EDTA memberikan hasil berupa kestabilan yang baik, namun dari segi waktu respon memiliki respon yang lebih lambat. Oleh karena itu, pemilihan ionofor bergantung pada kebutuhan aplikasi yang dibutuhkan, apakah untuk deteksi cepat, stabilitas jangka panjang, atau sensitivitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Billah, T., Rafi, F., & Ragil, P. R. (2025). Removal Limbah Logam Berat Cu Dari CV Elmech Technology Secara Kimia Dengan Metode Presipitasi. *Jurnal Teknika*, 19(2), 535-544.

- [2] Hajar, S., Erma, N., Sugijanto, N., & Kartosentono, S. (2021). Optimasi kadar awal, waktu kontak, dan berat Biomassa pada proses Biosorpsi Cu^{2+} menggunakan cangkang Lorjuk. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 8(1), 98-106.
- [3] Panggabean, A. S., Hardianti, & Pasaribu, S. P. (2017). Ion Selective Electrode-Copper (II) Based on EDTA as a Ionophores in Poly(vinyl chloride) Matrix. *Asian Journal of Chemistry*, 29(2), 362-366. <https://doi.org/10.14233/AJCHEM.2017.2020>
- [4] Paul, A., Nair, R. R., Chatterjee, P. B., & Srivastava, D. N. (2018). Fabrication of a Cu(II)-Selective Electrode in the Polyvinyl Chloride Matrix Utilizing Mechanochemically. Synthesized Rhodamine 6G as an Ionophore. *ACS OMEGA*, 3(11), 16230-16237. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b02870>
- [5] Kardaş, F., & Topçu, C. (2018). Potentiometric Determination of Cu^{2+} Ions in Environmetal Samples Using a Newly Developed Cu^{2+} -Selective Electrode Based on Schiff base. *Pamukale University Journal of Engineering Sciences*, 24(7), 1325-1331. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.33349>
- [6] Narendra, K. (2025). A New Cu^{2+} Selective Sensor Based on Schiff base as an Ionophore in PVC Matrix. *Internasional Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 12(1), 132-139. <https://doi.org/10.32628/IJSRST2512125>