

REVIEW ARTIKEL: PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN SELEKTIF ION TIPE KAWAT TERLAPIS

REVIEW ARTICLE: PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF COATED WIRE TYPE SELECTIVE MEMBRANES

Tentriati Cahaya, Aman Sentosa Panggabean, Moh. Syaiful Arif*

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

Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123

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

ABSTRACT

Industry in Indonesia is growing rapidly, causing an increase in waste including heavy metals and dyes that pollute waters. A method that can be used to detect these contaminants is the Coated Wire Type Ion Selective Electrode (ISE). ISE is an electrochemical sensor that is sensitive to ion activity, characterized by reversible potential changes. This method has the advantages of low cost, simple tools, and high selectivity. This study aims to compare membrane compositions to obtain optimal analytical results and examine electrode characteristics such as the price of the Nernst factor, linear concentration range, detection limit, response time, and life time. The results showed that variations in membrane composition affected electrode sensitivity and stability. This research is important for developing more efficient ISE for detecting heavy metals and dyes in polluted environments.

Keywords : Ion Selective Electrode, Wire Coated, Potentiometry

ABSTRAK

Industri di Indonesia berkembang pesat, menyebabkan peningkatan limbah termasuk logam berat dan zat warna yang mencemari perairan. Metodes yang dapat digunakan untuk mendeteksi kontaminan ini adalah Elektroda Selektif Ion (ESI) Tipe Kawat Terlapis. ESI merupakan sensor elektrokimia yang sensitif terhadap aktivitas ion, ditandai dengan perubahan potensial yang bersifat reversibel. Metode ini memiliki keuntungan berupa biaya rendah, alat sederhana, dan selektivitas tinggi. Penelitian ini bertujuan membandingkan komposisi membran untuk memperoleh hasil analisis optimal serta mengkaji karakteristik elektroda seperti harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi membran memengaruhi sensitivitas dan stabilitas elektroda. Penelitian ini penting untuk mengembangkan ESI yang lebih efisien dalam mendeteksi logam berat dan zat warna di lingkungan yang tercemar.

Kata kunci : Elettroda Selektif Ion, Kawat Terlapis, Potensiometri

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri ialah sektor kegiatan yang memiliki tujuan dalam meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Perkembangan sektor industri memberikan dampak buruk yaitu pencemaran lingkungan akibat adanya kenaikan jumlah dan kualitas proses pembuangan limbah (baik dalam

bentuk padat, gas, maupun cair). Limbah yang diperoleh dari kegiatan industri sebagian bersifat berbahaya dan beracun atau limbah B3 [1]. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri umumnya mengandung zat warna dan logam berat. Dimana bila limbah tersebut tidak dikelola dengan baik maka dapat mencemari air, tanah, udara, serta kerusakan ekosistem. Sehingga perlu

dilakukan metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kandungan logam berat dan zat warna tersebut.

Metode yang dapat digunakan untuk menganalisis logam dan zat warna tersebut yaitu, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer serapan atom (AAS), *inductive coupled plasma-mass spectrophotometer* (ICP-MS), *inductive coupled plasma-atomic emission spectrophotometer* (ICP-AES), kromatografi lapis tipis (KLT), *gas chromatography* (GC). Metode ini digunakan secara luas untuk menganalisis kandungan dari limbah tersebut. Namun, metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan proses preparasi yang rumit dan tidak dapat digunakan dalam analisa yang dilakukan secara langsung di lapangan. Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan metode potensiometri yaitu Elektroda Selektif Ion (ESI) yang umum digunakan karena penggunaannya sederhana, serta selektivitas dan sensitivitas tinggi [2].

ESI merupakan suatu sensor elektrokimia yang dapat mengukur aktivitas suatu spesies ion tertentu secara selektif. Potensial yang terukur oleh ESI akan berubah secara reversibel oleh kereaktifan ion yang dianalisis. Kelebihan dari ESI ialah memiliki sensitivitas dan selektivitas yang besar. Oleh karena itu, tidak perlu dilakukan proses pemisahan terlebih dahulu. Selain itu, pada ESI operasional analisisnya mudah dan cepat, serta peralatan yang digunakan sederhana sehingga dapat digunakan pada analisis di lapangan [2].

ESI memiliki 2 tipe, tipe kawat terlapis dan tipe tabung. Elektroda tipe tabung mempunyai kekurangan, seperti rawan terjadi kebocoran dan membutuhkan larutan pembanding dalam dengan pembuatan cukup rumit. Dengan kelemahan pada ESI tipe tabung menciptakan suatu usaha untuk mempermudah konstruksi ESI dengan cara mengubah sistem pembanding dalam menggunakan kawat logam sebagai konduktor elektronik [3].

Elektroda dengan tipe kawat terlapis ialah sebuah tipe pada ESI dimana bahan elektroaktif digabungkan dengan membran polimer tipis yang berperan sebagai pendukung yang secara langsung dilapiskan dengan konduktor logam. Substrat pada elektrode tipe kawat terlapis umumnya berupa logam bersifat inert seperti tembaga, kawat, perak, grafit, dan platina [4]. Keunggulan dari ESI dengan tipe kawat terlapis ialah tidak memerlukan perawatan yang khusus, penyimpanannya mudah tanpa perlu risiko kehilangan larutan pembanding dalam, serta mudah dioperasikan dengan berbagai posisi (posisi tabung hanya dalam posisi tegak) [5].

Membran ialah lapisan yang dapat memisahkan kandungan bahan semipermeabel dengan permeabilitas terkontrol yang terdapat pada dua fasa [4]. Sifat kelistrikan dan hidrofobik dari bahan pembuatan membran akan berpengaruh pada karakter sensor potensiometri. Walaupun membran yang digunakan berukuran kecil tetaplah harus bersifat sebagai penghantar listrik yang baik, serta tidak larut dalam air. Bahan dari pembuatan membran dalam elektroda selektif ion harus memiliki sifat yang lipofil, selektif, serta reaksinya harus bersifat reversibel dengan analit dalam larutan [6].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur yang merupakan metode penelitian yang menggunakan metode pengumpulan data dari berbagai pustaka kemudian dianalisis untuk memberi pemahaman tentang penggunaan Elektroda Selektif Ion yang digunakan untuk menganalisis spesi ion. Database yang digunakan untuk mencari artikel ini yaitu Google Scholar. Penelusuran literatur dimulai dari tahun 2014 hingga 2024 untuk dianalisis.

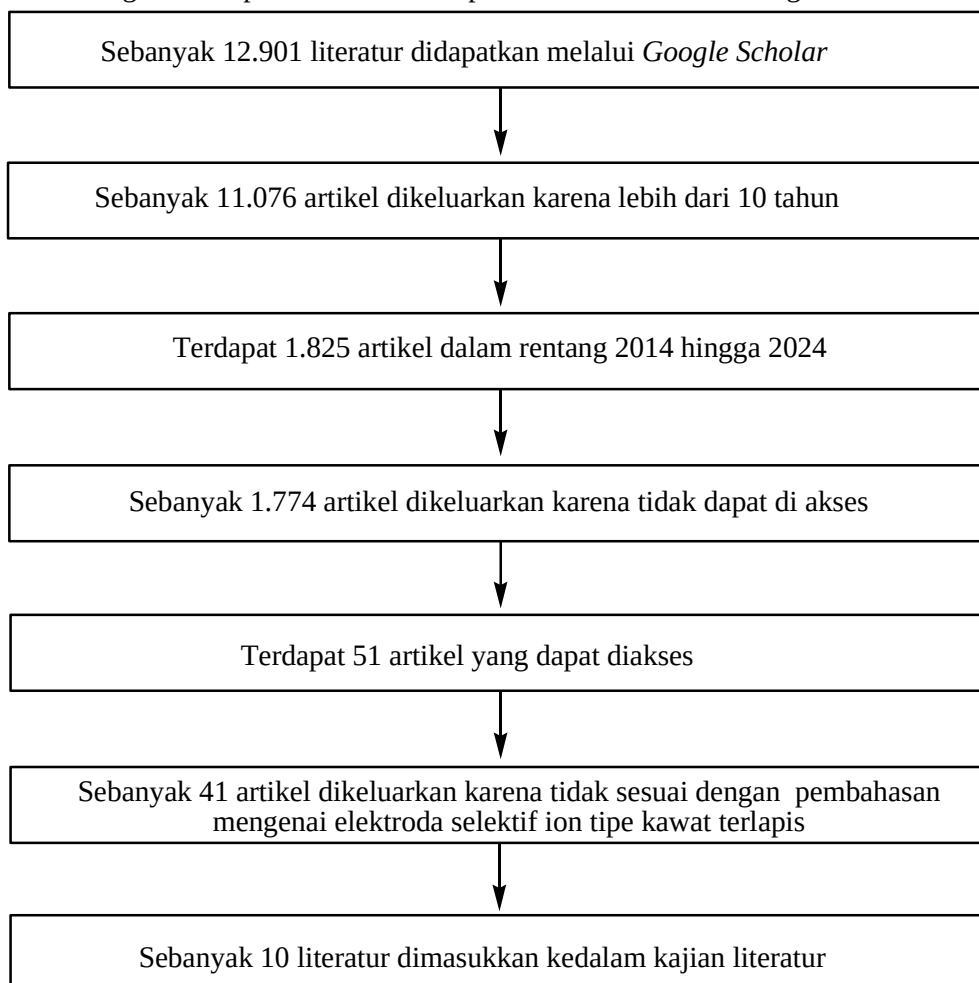
Penelusuran artikel pada penelitian ini menggunakan dua bahasa, yaitu Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia dengan kata kunci yang digunakan meliputi “Elektroda Selektif Ion tipe kawat terlapis”, “potensiometri elektroda selektif ion”, “elektroda membran elektroda selektif ion”, “karakterisasi membran elektroda selektif ion”. Artikel yang dikaji dalam literatur ini mencakup jurnal ilmiah dan skripsi, dengan tujuan memperoleh informasi yang relevan dan mendalam terkait topik penelitian.

Kriteria kelayakan artikel dalam proses pencarian artikel melalui beberapa tahapan berikut ini :

1. Artikel mempunyai variabel terikat dengan kata kunci didapatkan melalui database Google Scholar. Dari tahap ini diperoleh sebanyak 12.901 literatur.
2. Tahun penerbitan artikel dalam rentang tahun 2014-2024. Dari tahap ini diperoleh 1.825 literatur.
3. Dapat diakses baik dalam bentuk abstrak maupun fulltext. Dari tahap ini diperoleh 51 literatur dapat diakses.
4. Uji kelayakan tahap akhir terhadap 51 artikel dilakukan dengan menyaring artikel yang topiknya fokus dan spesifik pada pembahasan mengenai elektroda selektif ion tipe kawat terlapis. Dari proses tahap

akhir ini diperoleh sebanyak 10 artikel yang layak untuk dikaji

Diagram alur pemilihan literatur pada artikel ini adalah sebagai berikut.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil skrining artikel yang dianalisis dengan metode kajian literatur sebanyak sepuluh artikel. Hasil analisis artikel ditampilkan dalam bentuk tabel di bawah ini:

Tabel 1. Rekap Hasil Pencarian Jurnal

No	Peneliti, Tahun	Judul	Jurnal dan Volume	Hasil
1.	Anton Yuntarso, Muji Harsini, Dheasy Herawati, Khoirul Ngibad (2018)	Pembuatan Dan Karakterisasi Elektroda Selektif Ion Pb^{2+} Jenis Kawat Perak Terlapis Dengan Ionofor 1,10-Dibenzyl-1,10-Diaza-18-Crown-6	Jurnal SainHealth, 2(1): hal 21-30	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum pada pembuatan membran ESI Pb^{2+} jenis kawat perak terlapis yaitu 45 mg PVC, 90 mg NPOE, 10 mg KTCPB, 5 mg 1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6 dengan pelarut 0,5 ml THF. Diperoleh rentang pH optimum pada ESI Pb^{2+} yaitu pH 3-7.
2.	D. Umaningrum, R. Nurmasari, K. Wardhani, S.	Pembuatan Sensor Metanil Yellow Tipe Kawat Terlapis	Jurnal Akta Kimia Indonesia, 6(1): hal 1-11.	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum membran

	Qalby, dan T.E. Tampubulon (2021)	Berbasis Kitosan menggunakan Dioktil Sebakat (DOS) sebagai Plasticizer		ESI Metanil Yellow jenis kawat platina terlapis yaitu, kitosan, PVC, DOS dengan perbandingan 4:34:62 (%b/b) digunakan pelarut THF sebanyak 6 mL. Diperoleh waktu perendaman optimum ESI Metanil Yellow yaitu 30 menit.
3.	Dewi Umaningruma, Radna Nurmasari, Siti Hasnah, Maria Dewi Astuti, Kiki Amalia, dan Shofia Qalby (2021)	The Coated-Wire Ion-Selective Electrode (CWISE) of Tartrazine Using Chitosan as an Ionophore	Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, 24 (6): hal 206–212	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum membran Tartrazine jenis kawat platina terlapis yaitu, kitosan, PVC, DOP dengan perbandingan 3:34:63 (%b/b) digunakan pelarut THF sebanyak 3 mL. Diperoleh waktu perendaman optimum ESI Tartazine yaitu 20 menit.
4.	Jawed Mustafa1, M. Ayaz Ahmad, Priyanka Gupta, M. M. Abdullah, Md Tanwir Athar, dan Mohammad Luqman (2024).	Coated Wire Cobalt (II) Selective Potentiometric Sensor Based on (2,4-Dinitrophenyl)-2-(Diphenylmethylene) Hydrazine	Journal Science of Advanced Material, 16(2): hal 209–216	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum membran ESI Co^{2+} jenis kawat grafit terlapis yaitu, (2,4-Dinitrophenyl) - 2-(Diphenylmethylene) Hydrazine, PVC, NaTPB, DBP dengan perbandingan 5:50:5:40 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut berupa THF. Diperoleh rentang pH optimum pada ESI Co^{2+} yaitu pH 4-11.
5.	Zuri Rismiarti, Atikah, dan Hermin Sulistyarti (2014)	Construction and Characterization of Coated Wire Oxalate Ion Selective Electrode Based on Chitosan	Journal Pure App. Chem. Res., 3 (1): hal 19-26	Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil komposisi optimum membran ion Oksalat jenis kawat platina terlapis yaitu, kitosan, aqualit 336, PVC, DBP, dengan perbandingan 4:1:33:62 (%b/b). Diperoleh rentang pH optimum pada ESI Co^{2+} yaitu pH 5-7.
6.	Zuri Rismiarti, Atikah, Chasan Bisri, dan Yuyun Irnawati (2015)	Elektroda Selektif Ion (Esi) Tetraborat Tipe Kawat Terlapis Berbasis Zeolit	Journal Chem. Prog. (8)1: hal 6-11.	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum membran Tetraborate jenis kawat platina terlapis yaitu, zeolit, PVC, karbon aktif (E. Merck), DOP dengan perbandingan 32,2:16,1:3,2:48,4 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF. Diperoleh rentang pH optimum pada ESI Tentraborate yaitu pH 7-10.
7.	Awaluddin, Abd.Wahid Wahab, dan Maming (2015).	Desain Elektroda Selektif Ion Untuk Logam Timbal (II) (ESI-Pb (II))	Jurnal Kimia, 3(1): hal 24-33.	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum membran ESI Pb^{2+} jenis kawat tembaga

		Menggunakan Ionofor p-t-Butilkaliks [4] Arena		terlapis yaitu, p-t-butilkaliks[4]arena, KTCPB, DOS, PVC dengan perbandingan 3:2:60:35 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF.
8.	Silzha Eka Prasetya Irawan, Qonitah Fardiyah, Atikah (2014).	Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (Esi) Timbal (II) Tipe Kawat Terlapis Berbasis S-Methyl N-(Methylcarbamoyloxy) Thioacetimidate	Kimia Student Journal, 2(2): hal 520-526.	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi membran ESI Pb ²⁺ jenis kawat platina terlapis mempunyai komposisi yaitu i S-methyl N-(methylcarbamoyloxy) thioacetimidate sebagai bahan aktif, polivinilklorida (PVC) sebagai matriks polimer dan dioktilftalat (DOP) sebagai pemlastis dengan perbandingan 17 : 17 : 66 (% b/b) yang dilarutkan dalam pelarut tetrahidrofuran (THF) dengan perbandingan 1 : 1,5 (b /v).
9.	Nasriadi Dali, Armadi Chairunnas, Hilda Ayu Melvi Amalia (2024)	Highly Selective and Sensitive Determination of Pb(II) Ions sUsing Ion Selective Electrodes (ISE) Coated with the BEC6ND1 Ionophore as Membranes	Journal Biointerface Research in Applied Chemistry, 14(3): hal 1-13	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum membran tetraborate jenis kawat platina terlapis yaitu, BEC6ND1, PTCBP, DOS, PVC dengan perbandingan 3:2:60:35 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF.
10.	Sinar Desi Pratiwi (2019)	Desain Elektroda Selektif Ion Co(Ii) Menggunakan Ionofor 1,4,10,13-Tetraoksa-7,16-Diazasiklo-Oktadekana Untuk Analisis Logam Co(II) Pada Sedimen Laut Di Pelabuhan Kota Parepare	Skripsi	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil komposisi optimum membran ESI Co ²⁺ tipe kawat terlapis yaitu, NPOE, PVC, 1,4,10,13-Tetraoksa-7,16-diazasiklo-oktadekan, KTCPB dengan perbandingan 58:30:8:4 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF. Diperoleh rentang pH optimum pada ESI Co ²⁺ yaitu pH 6.

Tabel 2. Hasil Analisis Metode Penelitian

No.	Peneliti, Tahun	Jenis Ion	Ionofor	Faktor Nernst	Rentang konsentrasi linear	Batas deteksi	Waktu Respon	Usia Pematangan
1.	Anton Yuntarso, Muji Harsini, Dheasy	Pb ²⁺	Ionofor 1,10-Dibenzyl-	29,64 mV/dekade	1×10 ⁻¹ - 1×10 ⁻⁶ M	1,28× 10 ⁻⁶ M	-	-

	Herawati, Khoirul Ngibad (2018)		1,10-Diaza- 18-Crown-6					
2.	D. Umaningrum, R. Nurmasari, K. Wardhani, S. Qalby, T.E. Tampubulon (2021)	Meta nil Yell ow	Kitosan	58,9 mV/dekade	1×10^{-1} - 1×10^{-8} M	-	-	-
3.	Dewi Umaningruma, Radna Nurmasari, Siti Hasnah, Maria Dewi Astuti, Kiki Amalia, Shofia Qalby (2021)	Tartr azine	kitosan	20.976 mV/dekade	1×10^{-7} - 1×10^{-2} M	2.749× 10^{-7} M	40 detik	-
4.	Jawed Mustafa1, M. Ayaz Ahmad, Priyanka Gupta, M. M. Abdullah, Md Tanwir Athar, and Mohammad Luqman (2024).	Co ²⁺	(2,4- Dinitropheny l)- 2- (Diphenylme thylene) Hydrazine	29,8 ± 0,02 mV/dekade	$5,4 \times 10^{-8}$ - 1×10^{-1}	$3,4 \times 10^{-8}$ M	9 detik	75 hari
5.	Zuri Rismiarti, Atikah, Hermin Sulistiyarti (2014)	Oksa lat	Kitosan	29.90 mV/dekade	1×10^{-5} - 1×10^{-1} M	2.56 × 10^{-6} M	30 detik	42 hari
6.	Zuri Rismiarti, Atikah, Chasan Bisri, Yuyun Irnawati (2015)	Tetra borat	Zeolit	29,30 ± 0,28 mV/dekade	1×10^{-5} - 1×10^{-1} M	$3,24 \times 10^{-6}$ M	50 detik	64 hari
7.	Awaluddin, Abd.Wahid Wahab, dan Maming (2015).	Pb ²⁺	pt- butilKaliks[4]arena	30,77 mV/dekade	-	-	-	-
8.	Silzha Eka Prasetya Irawan, Qonitah Fardiyah, Atikah (2014).	Pb ²⁺	S-methyl n- (methylcarba moyloxy) thioacetimid ate	29,2 mV/dekade	1×10^{-1} – 1×10^{-5} M	$1,185 \times 10^{-5}$ M	60 detik	73 Hari
9.	Nasriadi Dali, Armadi Chairunnas, Hilda Ayu Melvi Amalia (2024)	Pb ²⁺	BEC6ND1	29.395 mV/decade	1×10^{-9} - 1×10^{-1} M	1×10^{-7} M	4-8 menit	-
10.	Sinar Desi Pratiwi (2019)	Co ²⁺	1,4,10,13- Tetraoksa- 7,16-	29,25 mV/dekade	1×10^{-4} M - 1×10^{-1} M	0,22 ppm	60,39 – 219,93 detik	-

diazasiklo-
oktadekana

Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa artikel yang dikaji dalam kajian literatur terpublikasi dari tahun 2014 sampai 2024 dengan total sepuluh artikel yang akan dikaji. Terdapat sembilan jurnal yang dapat diakses fulltext. Dan untuk yang abstrak saja dapat diakses yaitu, dalam bentuk skripsi ada satu yaitu Sinar Desi Pratiwi (2019).

Pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa artikel yang dikaji diperoleh hasil analisis karakteristik membran ESI yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Menunjukkan karakteristik membran ESI dengan berbagai jenis ionofor yang digunakan untuk menganalisis ion-ion spesifik seperti Pb^{2+} , Co^{2+} , Oksalat, Tetroborat, Metanil Yellow dan Tartazine.

Karakteristik dari membran ESI yang diperoleh mencakup:

Faktor Nernst yang diperoleh bervariasi dari 20,976 mV/dekade hingga 58,9 mV/dekade, tergantung pada jenis ion dan ionofor. Rentang konsentrasi linear yang dicapai berada di kisaran $5,4 \times 10^{-8}$ M hingga 1×10^{-1} M. Dengan batas deteksi mencapai $1,185 \times 10^{-6}$ hingga $2,749 \times 10^{-7}$ M. Waktu respon ESI yang diperoleh bervariasi dari 9 detik hingga 8 menit, tergantung komposisi membran, sedangkan usia pakai tertinggi mencapai 75 hari dan terendah mencapai 42 hari. Penelitian menunjukkan bahwa optimasi komposisi dan ionofor berperan penting dalam meningkatkan sensitivitas dan selektivitas ESI untuk aplikasi analisis ion.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis dari sepuluh artikel yang dikaji, diketahui bahwa artikel tersebut membahas mengenai pembuatan membran Elektroda Selektif Ion (ESI) dengan tipe kawat terlapis. Fokus utama penelitian dalam artikel-artikel ini adalah pembuatan membran dengan komposisi yang optimal agar memiliki kemampuan yang baik dalam menganalisis ion-ion tertentu. Dalam penelitian ini mengkaji berbagai aspek penting dari elektroda, termasuk nilai faktor Nernst yang menunjukkan sensitivitas elektroda, rentang konsentrasi linier yang menggambarkan kisaran konsentrasi ion yang dapat dideteksi dengan akurasi, batas deteksi untuk menentukan konsentrasi ion terendah yang masih bisa terukur, waktu respon elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion, serta usia pakai yang berkaitan

dengan durabilitas dan stabilitas elektroda selama penggunaan.

Pada penelitian Anton dkk, (2018) dilakukan pembuatan membran ESI Pb^{2+} tipe kawat perak terlapis dengan menggunakan ionofor 1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6. Komposisi optimum membran yang digunakan yaitu 45 mg PVC, 90 mg NPOE, 10 mg KTCPB, 5 mg 1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6 dengan pelarut 0,5 ml THF. Pada penelitian ini digunakan variasi pH 1-7 dimana diperoleh rentang pH optimum yaitu pH 3-7. Dilakukan analisis karakteristik membran ESI Pb^{2+} untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 29,64 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari 1×10^{-1} hingga 1×10^{-6} M, dengan batas deteksi minimum mencapai $1,28 \times 10^{-6}$ M. Namun, penelitian ini tidak memberikan data spesifik mengenai waktu respon elektroda dan usia pakai membran yang telah dibuat. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan membran ESI Pb^{2+} tipe kawat perak terlapis ini sangat efektif dalam menganalisis ion Pb^{2+} dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

Pada penelitian Umaningrum dkk, (2021) dilakukan pembuatan membran ESI Metanil Yellow tipe kawat platina terlapis dengan menggunakan ionofor berupa kitosan. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kitosan, PVC, dan DOS dengan perbandingan 4:34:62 (% b/b). Digunakan pelarut THF sebanyak 6 mL, dan waktu perendaman optimum membran yaitu selama 30 menit. Pada penelitian ini tidak dijelaskan mengenai rentang pH optimum yang diperlukan untuk menjaga stabilitas dan performa ESI Metanil Yellow. Dilakukan analisis karakteristik membran ESI Metanil Yellow untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 58,9 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari 1×10^{-1} hingga 1×10^{-8} M. Namun, dalam penelitian ini tidak diuraikan secara rinci mengenai batas deteksi

minimum ion yang dapat diukur, waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial, serta usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan membran ESI Metanil Yellow tipe kawat platina terlapis ini sangat efektif dalam menganalisis Metanil Yellow dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

Pada penelitian Dewi dkk, (2021) dilakukan pembuatan membran ESI Tartrazine tipe kawat platina terlapis dengan menggunakan ionofor berupa kitosan. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kitosan, PVC, DOP dengan perbandingan 3:34:63 (%b/b) digunakan pelarut THF sebanyak 3 mL, dan waktu perendaman membran optimum pada 20 menit. Pada penelitian ini tidak dijelaskan mengenai rentang pH optimum yang diperlukan untuk menjaga stabilitas dan performa ESI Tartrazine. Dilakukan analisis karakteristik membran ESI Tartrazine untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 58,9 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari 1×10^{-1} hingga 1×10^{-8} M, dengan batas deteksi minimum mencapai 2.749×10^{-7} M. Diperoleh waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial yaitu 40 detik. Namun, dalam penelitian ini tidak diuraikan mengenai usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang.

Pada penelitian Jawed dkk, (2024) dilakukan pembuatan membran ESI Co^{2+} tipe kawat grafit terlapis dengan menggunakan ionofor berupa (2,4-Dinitrophenyl)-2-(Diphenylmethylene) Hydrazine. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari (2,4-Dinitrophenyl) - 2-(Diphenylmethylene) Hydrazine, PVC, NaTPB, DBP dengan perbandingan 5:50:5:40 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut berupa THF. Pada penelitian ini digunakan variasi pH 1-14 dimana diperoleh rentang pH optimum yaitu pH 4-11. Dilakukan analisis karakteristik membran ESI Co^{2+} untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar $29,8 \pm 0,02$ mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan

konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari $5,4 \times 10^{-8}$ hingga 1×10^{-1} M, dengan batas deteksi minimum mencapai $3,4 \times 10^{-8}$ M. Diperoleh waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial yaitu 9 detik. Diperoleh usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang yaitu 75 hari. Penggunaan membran ESI Co^{2+} tipe kawat grafit terlapis ini sangat efektif dalam menganalisis Co^{2+} dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

Pada penelitian Zuri dkk, (2014) dilakukan pembuatan membran ESI Oksalat tipe kawat platina terlapis dengan menggunakan ionofor kitosan. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kitosan, aqualit 336, PVC, DBP, dengan perbandingan 4:1:33:62 (%b/b). Pada penelitian ini digunakan variasi pH 3-8 dimana diperoleh rentang pH optimum yaitu pH 5-7. Dilakukan analisis karakteristik membran ESI Oksalat untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 29.90 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari 1×10^{-5} hingga 1×10^{-1} M, dengan batas deteksi minimum mencapai 2.56×10^{-6} M. Diperoleh waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial yaitu 30 detik. Diperoleh usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang yaitu 42 hari. Penggunaan membran Oksalat tipe kawat platina terlapis ini sangat efektif dalam menganalisis Oksalat dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

Pada penelitian Zuri dkk, (2015) dilakukan pembuatan membran ESI Tetraborat tipe kawat platina terlapis dengan menggunakan ionofor zeolit. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri zeolit, PVC, karbon aktif (E. Merck), DOP dengan perbandingan 32,2:16,1:3,2:48,4 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF. Pada penelitian ini digunakan variasi pH 5-11 dimana diperoleh rentang pH optimum yaitu pH 7-10. Dilakukan analisis karakteristik membran ESI Oksalat untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar $29,30 \pm 0,28$ mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi

adalah dari 1×10^{-5} hingga 1×10^{-1} M, dengan batas deteksi minimum mencapai $3,24 \times 10^{-6}$ M. Diperoleh waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial yaitu 50 detik. Diperoleh usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang yaitu 64 hari. Penggunaan membran Tetraborat tipe kawat platina terlapis ini sangat efektif dalam menganalisis Tetraborat dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

Pada penelitian Awaluddin dkk, (2015) dilakukan pembuatan membran ESI Pb^{2+} tipe kawat tembaga terlapis dengan menggunakan ionofor berupa pt-butilKaliks[4]arena. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari , p-t-butilkaliks[4]arena, KTCPB, DOS, PVC dengan perbandingan 3:2:60:35 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF. Pada penelitian ini tidak dijelaskan mengenai rentang pH optimum yang diperlukan untuk menjaga stabilitas dan performa ESI Pb^{2+} . Dilakukan analisis karakterisitik membran ESI Pb^{2+} untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 30,77 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Dalam penelitian ini tidak diuraikan secara rinci mengenai rentang konsentrasi linear yang dapat terdeteksi oleh ESI Pb^{2+} , batas deteksi minimum ion yang dapat diukur, waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial, serta usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang.

Pada penelitian Silzha dkk, (2014) dilakukan pembuatan membran ESI Pb^{2+} tipe kawat platina terlapis dengan menggunakan ionofor zeolit. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari S-methyl N-(methylcarbamoxyloxy) thioacetimidate sebagai bahan aktif, polivinilklorida (PVC) sebagai matriks polimer dan dioktilftalat (DOP) sebagai pemlastis dengan perbandingan 17 : 17 : 66 (% b/b) yang dilarutkan dalam pelarut tetrahidrofuran (THF) dengan perbandingan 1 : 1,5 (b /v). Pada penelitian ini tidak dijelaskan mengenai rentang pH optimum yang diperlukan untuk menjaga stabilitas dan performa ESI Pb^{2+} . Dilakukan analisis karakterisitik membran ESI Oksalat untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 29,2 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas

elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari 1×10^{-1} – 1×10^{-5} M, dengan batas deteksi minimum mencapai $1,185 \times 10^{-5}$ M. Diperoleh waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial yaitu 60 detik. Diperoleh usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang yaitu 73 hari. Penggunaan membran Pb^{2+} tipe kawat platina terlapis ini sangat efektif dalam menganalisis Pb^{2+} dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

Pada penelitian Nasriadi dkk, (2024) dilakukan pembuatan membran ESI Pb^{2+} tipe kawat platina terlapis dengan menggunakan ionofor berupa BEC6ND1. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari, BEC6ND1, KTCPB, DOS, PVC dengan perbandingan 3:2:60:35 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF. Pada penelitian ini tidak dijelaskan mengenai rentang pH optimum yang diperlukan untuk menjaga stabilitas dan performa ESI Pb^{2+} . Dilakukan analisis karakterisitik membran ESI Pb^{2+} untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 29.395 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari 1×10^{-9} hingga 1×10^{-1} M, dengan batas deteksi minimum mencapai 1×10^{-7} M. Diperoleh waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial yaitu 4-8 menit. Namun, dalam penelitian ini tidak diuraikan mengenai usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan membran ESI Pb^{2+} tipe kawat platina terlapis ini sangat efektif dalam menganalisis Pb^{2+} dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

Pada penelitian Sinar Desi Pratiwi, (2019) dilakukan pembuatan membran ESI Co^{2+} tipe kawat terlapis dengan menggunakan ionofor berupa 1,4,10,13-Tetraoksa-7,16-diazasiklo-oktadekana. Komposisi optimum membran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari NPOE, PVC, 1,4,10,13-Tetraoksa-7,16-diazasiklo-oktadekan, KTCPB dengan perbandingan 58:30:8:4 (%b/b) yang dilarutkan dengan pelarut THF. Pada penelitian ini diperoleh pH optimum ESI Co^{2+} yaitu 6. Dilakukan analisis karakterisitik membran ESI Co^{2+} untuk menentukan kualitas pada membran yang meliputi harga faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, waktu

respon, dan usia pakai. Diperoleh nilai faktor Nernst sebesar 29,25 mV/dekade, yang menunjukkan sensitivitas elektroda terhadap perubahan konsentrasi ion. Rentang konsentrasi linier yang dapat terdeteksi adalah dari 1×10^{-4} M – 1×10^{-1} M, dengan batas deteksi minimum mencapai 0,22 ppm. Diperoleh waktu respon elektroda dalam mencapai kestabilan sinyal potensial yaitu 60,39 – 219,93 detik. Namun, dalam penelitian ini tidak diuraikan mengenai usia pemakaian elektroda untuk penggunaan jangka panjang. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan membran ESI Co^{2+} tipe kawat berlapis ini sangat efektif dalam menganalisis Co^{2+} dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur diperoleh pembuatan membran Elektroda Selektif Ion (ESI) tipe kawat berlapis berfokus pada optimalisasi komposisi membran untuk menghasilkan elektroda yang mampu mendeteksi ion dengan sensitivitas dan selektivitas yang baik. Nilai faktor Nernst yang diperoleh berkisar antara 29 hingga 58,9 mV/dekade, tergantung pada jenis ion, komposisi membran, dan ionofor yang digunakan. Faktor Nernst tertinggi yaitu 58,9 mV/decade pada penelitian Umaningrum dkk. (2021). Faktor Nernst terendah yaitu 20,976 mV/decade pada penelitian Dewi dkk. (2021). Membran Elektroda Selektif Ion (ESI) yang menunjukkan komposisi yang paling baik dalam menganalisis suatu ion yaitu bila mendekati nilai Nernst teoritis yaitu 59,16 mV/dekade (ion monovalen ($n=1$)), 29,58 mV/dekade (ion divalen ($n=2$)). 19,72 mV/dekade ion trivalen ($n=3$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa sepuluh literatur yang dikaji menunjukkan komposisi optimum membrane ESI yang baik untuk menganalisis ion karena mendekati nilai Nernst teoritis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan dan terima kasih dari penulis kepada pengelola Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Samarinda yang telah memfasilitasi penulis selama proses penyusunan kajian literatur.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. H. Putri, F. Tri, and S. Syafira, "Pengelolaan Limbah Industri Kimia untuk Keberlanjutan Lingkungan di Indonesia," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 10, no. 12, pp. 290–295, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12522776>

[2] S. Irawan, "Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (ESI) Timbal (II) Tipe Kawat Terlapis Berbasis S-Methyl N-(Methylcarbamoxyloxy) Thioacetimidate," vol. 2, no. 2, pp. 520–526, 2014, [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/153955/>

[3] A. Yuntarso, M. Harsini, D. Herawati, and K. Ngibad, "PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA SELEKTIF ION Pb^{2+} JENIS KAWAT PERAK TERLAPIS DENGAN IONOFOR 1,10-DIBENZYL-1,10-DIAZA-18-CROWN-6," *J. SainHealth*, vol. 2, no. 1, p. 21, 2018, doi: 10.51804/jsh.v2i1.173.21-30.

[4] Q. Fardiyah, B. Berlianti, and I. Rosemiyani, "Pengaruh Ion Na^+ , Ion Hg^{2+} dan Ion Cr^{3+} Terhadap Kinerja Sensor Potensiometri Ion Timbal (II) Tipe Kawat Terlapis Berbasis Pirofilit," *J. Kim. Val.*, vol. 1, no. November, pp. 80–83, 2015, doi: 10.15408/jkv.v0i0.3144.

[5] Z. Rismiarti, C. Bisri, and Y. Irnawati, "Elektroda Selektif Ion (ESI) Tetraaborat Tipe Kawat Terlapis Berbasis Zeolit," *Chem. Prog.*, vol. 8, no. 6, pp. 6–11, 2015, [Online]. Available: <https://doi.org/10.35799/cp.8.1.2015.9397>

[6] D. Umaningrum, "Pembuatan Sensor Methanil Yellow Tipe Kawat Terlapis Berbasis Kitosan menggunakan Dioktil Sebakat (DOS) sebagai Plasticizer," *Akta Kim. Indones.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.12962/j25493736.v5i2.7829.