

Pembuatan dan Optimasi Elektroda Selektif Ion Merkuri Berbasis Kitosan untuk Mengukur Kadar Merkuri dalam Sediaan Kosmetik

Imalia Nurrachma Ayuningtyas*, Atikah**, Ema Pristi Yunita***, Alvan Febrian S****

ABSTRAK

Kandungan logam merkuri dalam kosmetik sangat berbahaya bagi kesehatan. Merkuri ditambahkan ke dalam kosmetik supaya kulit tampak lebih cerah. Pengembangan metoda sensor potensiometri menggunakan elektroda selektif ion (ESI) merkuri tipe kawat berlapis diharapkan mampu mendeteksi ion logam merkuri. Penelitian ini bertujuan untuk membuat ESI ion merkuri (Hg^{2+}) tipe kawat berlapis bermembran kitosan yang memiliki karakter optimum untuk analisis. ESI dibuat dari kawat platina (Pt) yang dilapisi membran yang terbuat dari campuran bahan aktif kitosan, polimer polivinylchloride (PVC), dan pemlastis dioktilphtalat (DOP) dalam pelarut tetrahidrofuran (THF) dengan perbandingan 1:3 (b/v). Optimasi ESI Hg^{2+} yang dilakukan adalah optimasi perbandingan komposisi membran dan lama waktu perendaman membran dalam larutan HgCl_2 0,25 M pada waktu 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Selain itu, dilakukan karakterisasi sifat dasar ESI Hg^{2+} yang meliputi faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, dan waktu respon. Penelitian ini menunjukkan perbandingan komposisi optimum membran ESI Hg^{2+} adalah 3 % kitosan : 39 % PVC : 58 % DOP dengan waktu perendaman optimum selama 40 menit. ESI Hg^{2+} yang dibuat bersifat Nernstian dengan nilai faktor Nernst 29,35 mV/dekade konsentrasi dan $R_2 = 0,923$; rentang konsentrasi linier $1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-7}$ M; batas deteksi $7,99 \times 10^{-8}$ M atau 0,022 ppm; dan waktu respon 200 detik.

Kata kunci: Elektroda selektif ion tipe kawat berlapis, Kitosan, Membran sensor, Merkuri, Potensiometri.

Development of Mercury Ion Coated Wire Electrode (CWE) Base On Membranous Chitosan for Mercury Ions Detection in Cosmetics

ABSTRACT

Mercury metal in cosmetics is very harmful for human health. Mercury is added to cosmetics to make skin looks lighter. Improvement method in potentiometric sensor using a coated wire mercury ion selective electrode (mercury CWE) expected to be able to detect mercury ions. The purpose of this study is to develop mercury ion CWE base on membranous chitosan which has optimum character for analysis. Mercury (Hg^{2+}) CWE is made of platinum wire (Pt) coated by membranes which made from a mixture of the active ingredient chitosan, polyvinylchloride (PVC) polymer, and dioctylphtalate plasticizer (DOP) at various compositions were then dissolved in tetrahydrofuran (THF) solvent with a ratio of 1:3 (w/v). Comparison of membrane composition and soaking time in mercury chloride 0.25 M (10, 20, 30, 40, 50, and 60 minutes) was conducted to optimize Hg^{2+} CWE. Besides, main characters of Hg^{2+} CWE were analyzed including Nernst factor, range of linear concentration, detection limits, and response time. The result of this study showed that optimum composition of Hg^{2+} CWE membrane consist of chitosan:PVC:DOP = 3 %: 39 %: 58 %, soaking time was 40 minutes, has a Nernstian character (Nernst factor value was 29.35 mV/decade) and $R_2 = 0.923$. The linear concentration range from $1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-7}$ M. The detection limits was 7.99×10^{-8} M or 0.022 ppm and the response time was 200 second.

Keywords: Chitosan, Coated wire ion selective electrode (CWE), Membranes, Mercury, Potentiometry.

* Program Studi Farmasi, FKUB

** Lab Kimia Analitik, FKUB

*** Lab Farmasi Klinik, FKUB

**** Lab Kimia Farmasi, FKUB

PENDAHULUAN

Kosmetika adalah sediaan yang digunakan pada bagian luar tubuh manusia seperti epidermis, rambut, kuku, bibir, organ genital bagian luar, gigi, dan membran mukosa mulut.¹ Kosmetika terdiri dari dua jenis, yaitu kosmetik rias dan kosmetik pemeliharaan.² Contoh kosmetik pemeliharaan adalah produk pemutih kulit atau *skin whitening agent*. Produk ini banyak dipakai pada bidang kosmetik sebagai andalan dalam mencerahkan kulit, maupun bidang terapi klinis sebagai perawatan kulit yang mengalami hiperpigmentasi abnormal seperti melasma, bintik-bintik, dan *actinic lentiginos*.³

Pada akhir tahun 2012, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menemukan adanya 19 produk kosmetik yang mengandung bahan berbahaya merkuri, diantaranya terdapat 17 produk krim pemutih dan 2 produk sabun pemutih, yang mana sebanyak 15 produk tidak memiliki izin edar. Bahkan selain adanya merkuri juga terdapat kandungan hidrokuinon dan bahan pewarna yang dilarang.¹

Peraturan BPOM tentang batasan kandungan merkuri dalam kosmetik, mengatakan bahwa persyaratan cemaran logam berat merkuri dalam kosmetik tidak lebih dari 1 mg/kg atau 1 mg/L (1 ppm).⁴ Pada peraturan persyaratan teknis bahan kosmetik menyebutkan kadar maksimal merkuri adalah 0,007 % dalam berbagai campuran merkuri atau garam merkuri.⁵

Merkuri termasuk logam berat berbahaya yang dalam konsentrasi kecil bersifat toksik. Menurut *World Health Organization* (WHO) (2011), merkuri yang ditambahkan pada produk kosmetik berupa garam merkuri yang dapat terabsorpsi dalam jaringan.⁶ Absorpsi merkuri pada jaringan kulit dapat menghambat pembentukan melanin. Melanin merupakan pigmen warna yang terbentuk dari metabolisme asam amino tirosin. Ikatan merkuri dengan gugus

sulfhidril yang asam amino dapat mengganggu proses metabolisme asam amino tirosin sehingga melanin tidak terbentuk.⁷ Di dalam jaringan, garam merkuri dapat diubah menjadi ion merkuri yang memiliki efek toksik.⁸

Efek paparan merkuri jangka panjang dapat menimbulkan bintik-bintik hitam pada kulit, alergi, iritasi, kerusakan saraf, otak, ginjal dan gangguan perkembangan janin. Bahkan, paparan jangka pendek dalam dosis tinggi dapat menyebabkan muntah, diare, dan kerusakan ginjal. Selain itu merkuri juga merupakan zat karsinogenik sehingga dapat memicu terjadinya kanker.⁹

Potensiometri dengan membran polimer adalah metode yang banyak dipakai untuk analisis ion logam berat. Oleh karena itu, metode tersebut dapat dikembangkan untuk analisis kadar merkuri dalam kosmetik, sehingga dapat dijadikan alternatif dari metode analisis yang telah ada. Kelebihan potensiometer ESI adalah tahapan analisis yang sederhana, cepat, mudah dalam pengoperasian alat, dan biaya relatif murah, namun memiliki presisi dan akurasi yang cukup baik. Selain itu, ESI adalah sensor elektrokimia yang peka terhadap aktivitas ion larutan, sehingga mempunyai sensitifitas yang cukup tinggi.^{10,11}

Pada pembuatan ESI, bahan aktif membran yang digunakan adalah kitosan. Kitosan adalah suatu biopolimer yang mampu mendeteksi merkuri karena dapat membentuk kompleks dengan ion logam merkuri melalui mekanisme pembentukan kelat atau pertukaran ion.¹² Hal tersebut karena kitosan memiliki gugus amin (-NH₂) yang bersifat reaktif terhadap ion logam.¹³ Gugus amin kitosan akan cenderung mengikat kation logam pada pH mendekati netral.¹⁴

ESI yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik jika memenuhi karakter dasar ESI yaitu, sensitifitas dari harga faktor Nernst $29,5 \pm 5$ mv/ dekade konsentrasi untuk ion

bervalensi dua seperti Hg^{2+} , memiliki rentang konsentrasi yang lebar (10^{-1} – 10^{-6} M), memiliki batas deteksi yang rendah (10^{-6} M), waktu respon yang cepat (< 1 menit), *reproducible*, dan memiliki nilai akurasi yang tinggi.¹²

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh perbandingan bahan penyusun membran yang optimum, lama waktu perendaman ESI merkuri (Hg^{2+}) yang optimum, dan mengetahui karakteristik kinerja ESI Hg^{2+} sebagai metode potensiometri yang optimum menggunakan membran kitosan agar dapat digunakan sebagai metode analisis.

BAHAN DAN METODE

Rancangan penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Farmasi, Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya pada bulan April-Juni 2013.

Pembuatan Larutan

Larutan HgCl_2 0,25 M yang digunakan sebagai larutan induk dibuat dengan melarutkan 6,7875 g HgCl_2 dalam 100 ml akuades. Kemudian dari larutan induk dibuat larutan standart dengan konsentrasi 10^{-1} – 10^{-8} M dengan cara pengenceran dari larutan induk.

Pembuatan Kitosan Cair

Kitosan cair dibuat dengan cara melarutkan 1 g bubuk kitosan ke dalam 40 ml asam asetat 3%. Campuran tersebut diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 24 jam dengan kecepatan sedang. Setelah itu, pada larutan kitosan ditambahkan NaOH 0,1 M hingga mencapai pH 5 sambil *distirer* hingga homogen.

Tabel 1. Komposisi bahan pembentuk membran ESI merkuri

Komposisi Membran	% Komposisi bahan		
	Kitosan	PVC	DOP
1	2	40	58
2	3	39	58
3	4	40	56

Pembuatan ESI Merkuri Tipe Kawat Terlapis Berbasis Kitosan

Badan elektroda dibuat menggunakan kawat platina (Pt) panjang 5 cm dan diameter 0,5 mm. Ujung bawah kawat Pt ($\pm 1,5$ cm) dibiarkan terbuka, sedangkan bagian lain ditutup dengan plastik polietilen. Ujung atas kawat Pt disambungkan dengan kabel koaksial RG-58 sebagai penghubung ke potensiometer. Ujung bawah kawat yang terbuka dicuci dengan menggunakan HNO_3 65%, akuades, dan alkohol 96%. Untuk menghilangkan kotoran mekanik dan lemak. Lalu dikeringkan pada suhu ruang. Setelah itu, kawat Pt dicelupkan ke dalam larutan membran sampai diperoleh lapisan tipis yang merata. Kemudian dikeringkan pada suhu kamar dan dipanaskan dalam oven suhu 50 °C selama 12 jam.

Optimasi Komposisi Membran

Pada tahap optimasi komposisi membran menggunakan komposisi membran pada Tabel 1. Potensial Hg^{2+} diukur pada konsentrasi 10^{-8} – 10^{-1} M. Dari nilai potensial yang diperoleh, ditentukan harga faktor Nernst untuk kemudian dipilih salah satu komposisi optimum dengan faktor Nernst paling baik, yaitu mendekati $29,5 \pm 5$ mV/dekade konsentrasi.

Optimasi Waktu Perendaman Membran

Sebelum digunakan, ESI Hg^{2+} direndam dalam larutan induk Hg^{2+} 0,25 M dengan variasi waktu 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Potensial Hg^{2+} diukur pada konsentrasi 10^{-8} – 10^{-1} M. Dari nilai potensial yang diperoleh, ditentukan harga faktor

Nernst untuk kemudian dipilih salah satu waktu perendaman optimum dengan faktor Nernst yang paling baik, yaitu mendekati $29,5 \pm 5$ mV/dekade.

Karakterisasi ESI

Larutan Hg^{2+} konsentrasi 1×10^{-8} – 1×10^{-1} M diambil sebanyak 10 ml untuk pengukuran. Pengukuran potensial larutan Hg^{2+} dilakukan saat alat menunjukkan potensial yang konstan. Parameter karakterisasi ESI yang ditentukan adalah faktor Nernst, rentang konsentrasi linier, batas deteksi, dan waktu respon.

HASIL PENELITIAN

Pada Gambar 1 dapat dilihat hasil pembuatan ESI Hg^{2+} terdiri dari plastik polietilen untuk badan elektroda, bagian atas terdapat konektor penghubung ke

potensiometer sebagai alat pembacaan potensial digital, dan bagian bawah terdapat kawat platina (Pt) yang tidak tertutup badan elektroda untuk tempat pelapisan membran.



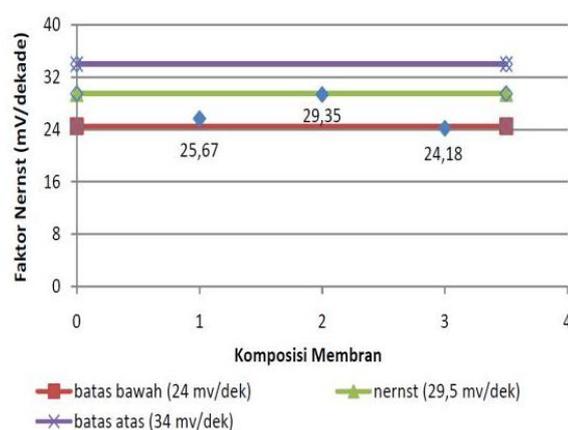
Gambar 1. ESI Hg^{2+}

Optimasi Komposisi Membran ESI Hg^{2+}

Kerja ESI Hg^{2+} dapat berlangsung optimal karena dipengaruhi oleh komposisi membran yang digunakan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Optimasi komposisi membrane

Komposisi Membran	Komposisi Bahan			Faktor Nernst	R^2
	Kitosan	PVC	DOP		
1	2	40	58	25,67	0,969
2	3	39	58	29,35	0,923
3	4	40	56	24,18	0,969



Gambar 2. Pengaruh komposisi membran terhadap faktor Nernst

Nilai faktor Nernst ketiga komposisi membran berada pada rentang yang

diperbolehkan, yaitu 24-34 mV/dekade konsentrasi. Akan tetapi, membran 2

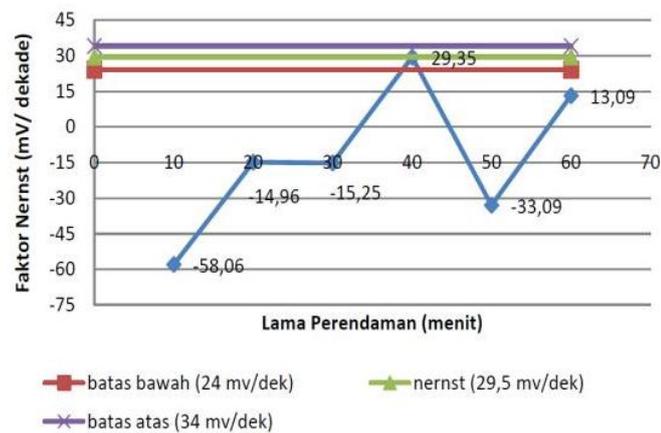
merupakan membran yang optimum, karena nilai faktor Nernst yang dihasilkan lebih mendekati nilai faktor Nernst teoritis 29,5 mv/dekade konsentrasi.

Optimasi Waktu Perendaman ESI Hg²⁺

Waktu perendaman merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kualitas karakter kinerja ESI Hg²⁺ yang digunakan. Hasil yang didapat terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Optimasi waktu perendaman

Waktu Perendaman (menit)	Faktor Nernst	R ²
10	-58,06	0,987
20	-14,96	0,869
30	-15,25	0,946
40	29,35	0,923
50	-33,09	0,919
60	13,09	0,997



Gambar 3. Pengaruh waktu perendaman terhadap faktor Nernst

Waktu perendaman 40 menit adalah waktu perendaman optimum karena memberikan harga faktor Nernst mendekati teoritis, dengan nilai Nernst yang dihasilkan sebesar 29,35 mV/dekade konsentrasi dan R² 0,923.

Faktor Nernst dan Rentang Kosentrasi Linier

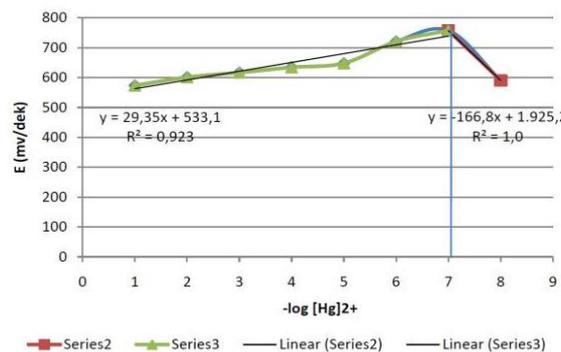
Karakterisasi ESI Hg²⁺ dilakukan dengan menggunakan komposisi membran dan waktu perendaman yang optimum. Hasil yang didapat terlihat pada Tabel 4 dan Gambar 4.

Tabel 4. Nilai potensial karakterisasi ESI Hg²⁺

[Hg] ²⁺ M	E (mV) ESI Hg ₂ ⁺			
	A	B	C	Rerata
10 ⁻⁸	599,7	596,5	576,1	590,8
10 ⁻⁷	760	754,8	757,9	757,6
10 ⁻⁶	719,7	720,9	722,5	721,0
10 ⁻⁵	643,7	650,5	650,6	648,3
10 ⁻⁴	629,6	636,4	637,8	634,6
10 ⁻³	617,1	616,3	617,6	617,0
10 ⁻²	595,5	608,5	600,5	601,5
10 ⁻¹	573,3	573,8	574	573,7
Faktor Nernst (<i>slope</i>)	29,82	28,64	29,59	29,35
R	0,911	0,924	0,932	0,923
Batas deteksi	7,99x10 ⁻⁸ M = 0,022 ppm			
Rentang konsentrasi linier	10 ⁻¹ - 10 ⁻⁷ M			
SD <i>slope</i>	0,63			
% KV	2,13			
% Presisi	97,87			
% Kesalahan Relatif	4,81			
% Akurasi	95,19			

Faktor Nernst dan rentang konsentrasi linier ditentukan dari grafik antara potensial E (mV) dan $-\log [\text{Hg}^{2+}]$. Dari ketiga kali pengulangan pengukuran (Tabel 4), ESI Hg²⁺ yang dipakai memiliki rata-rata nilai faktor Nernst sebesar 29,35 mV/dekade konsentrasi.

Rentang konsentrasi linier ditentukan dari grafik antara potensial E (mV) dan $-\log [\text{Hg}^{2+}]$ pada rentang konsentrasi tertentu yang berada pada garis lurus. Gambar 4 menunjukkan bahwa rentang konsentrasi linier yang dihasilkan cukup panjang yaitu mulai dari konsentrasi 10⁻⁷ M sampai 10⁻¹ M.

Gambar 4. Grafik nilai potensial karakterisasi ESI Hg²⁺

Batas Deteksi

Batas deteksi diperoleh dengan membuat garis singgung pada fungsi garis

lurus dan garis melengkung grafik potensial E (mV) dan $-\log [\text{Hg}^{2+}]$. Gambar 4 menunjukkan kedua garis tersebut saling

memotong pada satu titik, jika titik potong kedua garis singgung tersebut diekstrapolasikan ke sumbu x akan diperoleh konsentrasi batas deteksi ESI Hg^{2+} yang cukup rendah yaitu $7,99 \times 10^{-8}$ M atau sekitar 0,022 ppm.

Waktu Respon

Potensial larutan Hg^{2+} konsentrasi 10^{-7} M sampai 10^{-1} M diukur setiap selang waktu 10 detik selama 5 menit. Waktu respon ditentukan ketika potensial menunjukkan harga yang konstan (± 1 mv) dari konsentrasi terkecil larutan analit yang berada pada rentang linier. Berdasarkan tabel 5, didapatkan waktu respon ESI Hg^{2+} adalah 200 detik.

Tabel 5. Waktu respon ESI Hg^{2+}

$[\text{Hg}]^{2+}$ M	$\log [\text{Hg}^{2+}]$	Waktu respon (detik)
10^{-1}	1	90
10^{-2}	2	100
10^{-3}	3	100
10^{-4}	4	160
10^{-5}	5	170
10^{-6}	6	190
10^{-7}	7	200

PEMBAHASAN

Kawat Pt digunakan pada ESI Hg^{2+} tipe kawat terlapis karena sifatnya *inert*, tahan terhadap pengaruh fisika atau kimia, tidak mempengaruhi komposisi membran yang dilapiskan, dan merupakan penghantar listrik yang baik. Pembuatan membran sensor ESI Hg^{2+} menggunakan kitosan cair karena keefektifannya yang tinggi dalam pembentukan kompleks dengan ion logam yang dapat mempengaruhi selektifitas ESI terhadap ion Hg^{2+} yang disensor. Kitosan cair lebih memberikan homogenitas optimal pada campuran komposisi membran karena dapat terdistribusi merata pada polimer PVC.

Polimer PVC sebagai bahan tambahan dipakai untuk menghasilkan membran yang kuat. DOP berperan dalam menurunkan kekakuan akibat penambahan PVC, sehingga terbentuk membran yang lentur. Pergerakan rantai polimer yang lebih lentur dan fleksibel akan memudahkan pergerakan gugus aktif kitosan ($-\text{NH}_2$) dan masuknya ion Hg^{2+} larutan analit ke dalam membran untuk melakukan tukar menukar dengan ion Hg^{2+} membran pada antarmuka membran-larutan, sehingga meningkatkan konduktivitas dan respon potensial yang Nernstian.

Optimasi Komposisi Membran ESI Hg^{2+}

Agar menghasilkan ESI yang ideal, diperlukan pemilihan komposisi membran yang optimal. Pada optimasi membran faktor yang pertama dilihat adalah nilai faktor Nernst, karena sensitifitas membran terhadap ion yang disensor dapat dilihat dari harga Nernst. Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa sedikit saja komposisi bahan membran diubah maka akan diperoleh nilai *slope* Nernstian yang berbeda.

Membran 2 merupakan membran dengan komposisi optimum. Kitosan yang dipakai cukup untuk menghasilkan membran yang hidrofob dengan tetapan dielektrik yang tinggi. Hal ini memudahkan gugus aktif kitosan terdisosiasi pada antarmuka membran larutan analit sehingga dapat menyensor ion Hg^{2+} dengan baik dan dapat meningkatkan konduktivitas membran. Jumlah DOP yang dipakai dapat melarutkan PVC, sehingga menghasilkan membran yang homogen, hidrofob, dan lebih lentur.

Dibandingkan membran 2, membran 1 memiliki nilai Nernst dibawah teoritis. Hal ini karena penambahan kitosan yang lebih sedikit menghasilkan membran yang kurang polar dan homogen. Pembentuk anion Hg^{2+} dengan gugus aktif kitosan kecil dan terjadi penurunan konduktivitas. Membran juga kurang lentur dan kaku karena jumlah DOP kurang bisa mengimbangi jumlah PVC yang

lebih banyak.

Membran 3 dengan jumlah kitosan yang paling banyak menghasilkan membran yang terlalu polar sehingga menyebabkan *swelling* (penggembungan). Hal tersebut mengakibatkan konduktivitas membran menurun karena gugus aktif membran menyebar secara tidak merata pada permukaan membran dan tidak dapat menyensor ion Hg^{2+} dengan baik. Pada akhirnya respon potensial menjadi kurang Nernstian.

Optimasi Waktu Perendaman ESI Hg^{2+}

Optimasi waktu perendaman diperlukan untuk menghasilkan konduktivitas yang optimal ditandai dengan respon yang Nernstian. ESI direndam dalam larutan Hg^{2+} 0,25 M untuk meningkatkan konduktivitas membran, mengurangi sisa pengotor, dan menjenuhkan membran dengan ion Hg^{2+} yang akan disensor.

Waktu perendaman optimum ESI Hg^{2+} adalah 40 menit. Saat mencapai 40 menit membran telah jenuh dengan ion Hg^{2+} dari larutan Hg^{2+} 0,25 M dan kebutuhan air untuk proses disosiasi membran telah terpenuhi. Pertukaran ion Hg^{2+} membran dengan larutan analit telah setimbang. Ion Hg^{2+} larutan analit dapat terikat dengan gugus $-NH_2$ membran kitosan secara optimal. Hal ini akan meningkatkan sensitifitas membran sehingga respon potensialnya Nernstian. Waktu perendaman yang lama (> 40 menit) membuat membran mengalami *swelling*. Pada akhirnya sensitifitas respon potensial membran menurun dan menghasilkan nilai faktor Nernst yang jauh dari teoritis. Waktu perendaman yang singkat atau kurang dari 40 menit menyebabkan membran belum cukup jenuh dengan ion Hg^{2+} yang disensor dari larutan perendaman dan air yang diperlukan untuk disosiasi bahan aktif membran belum terpenuhi. Akibatnya pertukaran ion Hg^{2+} membran dengan Hg^{2+} larutan analit belum setimbang. Ion Hg^{2+}

yang masuk untuk berikatan dengan gugus $-NH_2$ membran kitosan sedikit sehingga respon potensial belum maksimal.

Faktor Nernst dan Rentang Konsentrasi Linier

Karakterisasi dilakukan untuk memperoleh ESI yang memiliki kualitas kinerja yang baik. Hasil karakterisasi memperlihatkan ESI Hg^{2+} yang dibuat memiliki kisaran konsentrasi linier yang cukup lebar, yaitu 10^{-1} – 10^{-7} M dengan rata-rata *slope* Nernstian sebesar 29,35 mv/dekade konsentrasi yang mendekati nilai teoritis. Faktor Nernst merupakan parameter penting untuk menentukan elektroda layak dan tepat digunakan dalam analisis, karena faktor Nernst menunjukkan ESI memiliki sensitifitas atau kepekaan yang baik terhadap ion Hg^{2+} . Respon Nernstian yang dihasilkan juga menunjukkan bahwa membran yang dibuat telah bersifat homogen dan hidrofob.

Batas Deteksi

Batas deteksi menunjukkan sensitifitas elektrode yang dihasilkan. Batas deteksi ESI Hg^{2+} cukup rendah, yaitu sebesar $7,99 \times 10^{-8}$ M atau sekitar 0,022 ppm yang menunjukkan konsentrasi terendah ion Hg^{2+} yang dapat terdeteksi dan masih memberikan respon yang signifikan.

Waktu Respon

Waktu respon merupakan waktu yang diperlukan elektrode untuk merespon suatu ion hingga mencapai potensial sel yang konstan. Hal tersebut terjadi ketika tercapai kesetimbangan reaksi pertukaran ion Hg^{2+} pada elektrode. Semakin cepat ESI memberikan respon potensial yang konstan, menunjukkan bahwa elektrode tersebut semakin baik.

ESI Hg^{2+} yang dihasilkan memiliki waktu respon yang stabil lebih dari 1 menit. Dari hasil juga diketahui setiap konsentrasi

larutan memiliki waktu respon berbeda. Semakin tinggi konsentrasi Hg^{2+} dalam larutan maka waktu responnya akan semakin cepat, begitu juga sebaliknya. Pada konsentrasi tinggi ion Hg^{2+} yang masuk antarmuka membran larutan lebih banyak, sehingga kesetimbangan cepat tercapai.

KESIMPULAN

1. Pemilihan bahan pembentuk membran dan komposisinya dapat mempengaruhi sifat Nernstian ESI.
2. Komposisi optimum membran yang didapat pada penelitian ini adalah 3 % kitosan : 39 % PVC : 58 % DOP yang menghasilkan karakter kinerja ESI yang optimal (Nernstian) ditunjukkan oleh nilai faktor Nernst 29,35 mV/dekade konsentrasi, rentang konsentrasi linier yang lebar (1×10^{-1} – 1×10^{-7} M), batas deteksi rendah ($7,99 \times 10^{-8}$ M atau 0,022 ppm), dan waktu respon 200 detik.
3. Waktu perendaman optimum yang diperlukan adalah 40 menit untuk menghasilkan karakter kinerja ESI yang optimal (Nernstian).

SARAN

1. Perlunya penggunaan stabilisator untuk membantu menstabilkan arus listrik selama pembacaan potensial.
2. Perlunya penelitian lanjutan tentang komposisi bahan penyusun membran ESI yang lain dengan memperhatikan faktor seperti temperatur, pH, dan ion asing agar dihasilkan karakter kinerja ESI yang lebih optimal.
3. Perlunya validasi metode ESI Hg^{2+} sehingga dapat diaplikasikan pada produk kosmetik di pasaran secara tepat dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. BPOM. Public Warning Nomor HM.03.03.1.43.14.12.8256: Kosmetik Mengandung Bahan Berbahaya Merkuri (Hg). Jakarta: Badan POM. 2012.
2. Fatmawaty A. Sosiyawati D. Analisis Logam Berat dalam Perona Kelopak Mata yang Beredar di Kota Makasar dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*. 2008. 12(2):31-36.
3. Zhai H, Maibach HI. *Handbook of Cosmetic Science and Technology: Skin Whitening Agents*. 3rd Edition. New York: Informa Healthcare USA, Inc. 2009.
4. BPOM. Peraturan Kepala Badan POM No. HK.03.1.23.07.11.6662 Tentang Persyaratan Cemaran Mikroba dan Logam Berat dalam Kosmetika. Jakarta: Badan POM. 2011.
5. BPOM. Peraturan Kepala Badan POM No. HK.03.1.23.07.11.6662 Tentang Persyaratan Cemaran Mikroba dan Logam Berat dalam Kosmetika. Jakarta: Badan POM. 2011.
6. [WHO] World Health Organization . Mercury in Skin Lightening Products. Public Health and Environment. Switzerland: WHO. 2011.
7. Bernhoff RA. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health*. 2012.
8. Broussard LA, Stabler CHA, Winecker RE, Miller JDR. The Toxicology of Mercury. *Laboratory Medicine*. 2002; 33(8).
9. [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. Public Warning Nomor KH.00.01.43.2503: Kosmetik Mengandung Bahan Berbahaya dan Dilarang. Jakarta: Badan POM. 2009.
10. Primaharinastiti, R. Pembuatan dan

- Karakterisasi Elektrode Selektif Ion (ESI) Salbutamol Berbasis Membran Tipe Kawat Terlapis. Artikel Ilmiah Farmasi. Volume 1. Surabaya: Fakultas Farmasi Universitas Airlangga. 2008.
11. Kurniati T. Sensor Zat Warna Rhodamin B Bermembran Polimer Campuran PVC (Polyvynylchloride) - Plasticizer (DOP) dengan Kitosan sebagai Carrier. Tesis. Malang: Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. 2011.
 12. Kunusa WR. Pembuatan dan Karakterisasi ESI Pb^{2+} Tipe Kawat Terlapis Bermembran Kitosan. Tesis. Malang: Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. 2011.
 13. Benavente M. Adsorption of Metallic Ions on to Chitosan: Equilibrium and Kinetic Studies. Thesis. Sweden: Department of Chemical Engineering and Technology, Royal Institute of Technology. 2008.
 14. Guibal E. Interactions of Metal Ions with Chitosan-Based Sorbents: A Review. (Abstract). *Separation and Purification Technology*. 2004; 38(1).