



**Pembuatan Sensor Fenol Secara Potensiometri
Menggunakan Membran Selulosa Propionat dari Nata De
Coco Berbasis SPCE (*Screen-Printed Carbon Electrode*)**

SKRIPSI

oleh:

**OKI MANDALIA ANTASARI
135090201111033**



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2017**



**Pembuatan Sensor Fenol Secara Potensiometri
Menggunakan Membran Selulosa Propionat dari Nata De
Coco Berbasis SPCE (Screen-Printed Carbon Electrode)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

oleh:

OKI MANDALIA ANTASARI

135090201111033



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2017



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Pembuatan Sensor Fenol Secara Potensiometri Menggunakan Membran Selulosa Propionat dari *Nata De Coco* Berbasis SPCE (*Screen Printed Carbon Electrode*)

oleh:

OKI MANDALIA ANTASARI
135090201111033

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji

pada tanggal

dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ani Mulyasuryani, MS
NIP. 19630628 199103 2 001

Qonitah Fardiyah, S.Si., M.Si
NIP. 19770705 200312 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Edi Priyo Utomo, MS

NIP. 19571227 198603 1 003

**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Oki Mandalia Antasari

NIM : 135090201111033

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul:

Pembuatan Sensor Fenol Secara Potensiometri Menggunakan Membran Selulosa Propionat dari Nata De Coco Berbasis SPCE (Screen Printed Carbon Electrode)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam tugas akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Januari 2017

Yang menyatakan,

(Oki Mandalia Antasari)

NIM. 135090201111033



Pembuatan Sensor Fenol Secara Potensiometri Menggunakan Membran Selulosa Propionat dari *Nata De Coco* Berbasis SPCE (*Screen Printed Carbon Electrode*)

ABSTRAK

Ketebalan membran berpengaruh terhadap konduktivitas membran. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh ketebalan membran selulosa propionat terhadap kinerja sensor fenol. Sensor fenol dibuat dari membran selulosa propionat yang dilapiskan pada *Screen Printed Carbon Electrode* (SPCE) dengan bahan aktif fenol sebesar 10^{-1} M. Ketebalan membran selulosa propionat yang dipelajari adalah 56, 71, 86, 101, 116, dan 130 μm . Larutan fenol yang digunakan sebesar 10^{-8} hingga 10^{-1} M pH 11. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja sensor fenol tidak dipengaruhi oleh ketebalan membran. Kinerja sensor fenol terbaik adalah pada ketebalan membran 56 μm . Sensor fenol mempunyai bilangan Nernst 26,7 mV/dekade, waktu respon 100 detik, dan kisaran konsentrasi linier $3 \cdot 10^{-8}$ hingga 10^{-2} M.

Kata Kunci: ketebalan membran, bilangan Nernst, ion fenoksida



Manufacture of Potentiometric Phenol Sensor Using Propionate Cellulose Membrane from *Nata De Coco* Based on SPCE (*Screen Printed Carbon Electrode*)

ABSTRACT

The thickness of membrane affect the conductivity of the membrane. This research studies about the influence of propionate cellulose membrane thickness on the performance of phenol sensor. Phenol sensor was made from propionate cellulose membrane superimposed on *Screen Printed Carbon Electrode* (SPCE) with the active ingredient phenol of 10^{-1} M. The thickness of propionate cellulose membrane were 56, 71, 86, 101, 116, and 130 μm . Solution of phenol used at 10^{-8} – 10^{-1} M pH 11. Phenol sensor performance is not affected by the thickness of membrane. The best performance of phenol sensor is 56 μm of membrane thickness. Phenol sensor has a Nernstian factor of 26,7 mV/decade, the response time of 100 seconds, and the range of linear concentration of 3.10^{-8} to 10^{-2} M.

Keywords: membrane thickness, Nernst factor, ion phenoxide



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas nikmat, rahmat, hidayah, dan karunia-Nya diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan baik, yang berjudul **Pembuatan Sensor Fenol Secara Potensiometri Menggunakan Membran Selulosa Propionat dari *Nata-De-Coco* Berbasis SPCE (Screen Printed Carbon *Electrode*)**. Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan informasi serta menambah wawasan bagi para pembaca mengenai pembuatan sensor fenol secara potensiometri menggunakan membran selulosa propionat. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak menutup kemungkinan masih terdapat kesalahan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan kepada para pembaca.

Malang, Januari 2017

Penulis

**DAFTAR ISI****HALAMAN JUDUL****HALAMAN PENGESAHAN****HALAMAN PERNYATAAN****ABSTRAK****ABSTRACT****KATA PENGANTAR****DAFTAR ISI****DAFTAR GAMBAR****DAFTAR TABEL****DAFTAR LAMPIRAN****BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang

1.2 Rumusan Masalah

1.3 Batasan Masalah

1.4 Tujuan Penelitian

1.5 Manfaat Penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensiometri

2.2 Sensor Fenol

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

3.2.2 Bahan Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Elektroda Indikator

3.4.2 Pengaruh Ketebalan Membran Selulosa Propionat

3.4.3 Karakterisasi Sensor Fenol

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Ketebalan Membran terhadap Kinerja

Sensor Fenol

4.2 Karakterisasi Sensor Fenol

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 : Struktur selulosa bakterial 6
- Gambar 2.2 : Mekanisme reaksi esterifikasi secara enzimatis pada tahap asilasi 7
- Gambar 2.3 : Mekanisme reaksi esterifikasi secara enzimatis pada tahap deasilasi 8
- Gambar 2.4 : Struktur fenol 9
- Gambar 2.5 : Kesetimbangan fenol dalam air 10
- Gambar 2.6 : Kurva plot α antara fenol (C_6H_5OH) dan fenoksida ($C_6H_5O^-$) 11
- Gambar 3.1 : Elektroda *Screen Printed Carbon Electrode* 13
- Gambar 4.1 : Kurva hubungan $-\log[C_6H_5O^-]$ dengan potensial sel pada berbagai ketebalan membran 15
- Gambar 4.2 : Kurva hubungan ketebalan membran selulosa propionat terhadap bilangan Nernst 16
- Gambar 4.3 : Kurva hubungan waktu dengan potensial sel pada karakterisasi 18
- Gambar 4.4 : Kurva kisaran konsentrasi karakterisasi sensor fenol 19
- Gambar A.1 : Spektrum Infra Merah Selulosa *Nata de coco* dan Selulosa Propionat 28

**DAFTAR TABEL**

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1 : Nilai konduktivitas membran pada berbagai ketebalan membran | 17 |
| Tabel B.1 : Pengenceran larutan fenol $10^{-5} - 10^{-2}$ M | 29 |
| Tabel B.2 : Pengenceran larutan fenol $10^{-8} - 10^{-6}$ M | 29 |
| Tabel B.3 : Pengenceran larutan fenol $3 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-6}$ M | 30 |
| Tabel B.4 : Pengenceran larutan fenol $3 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-8}$ M | 30 |
| Tabel C.1 : Pengukuran ketebalan membran selulosa propionat | 31 |
| Tabel C.2 : Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 56 μ m | 31 |
| Tabel C.3 : Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 71 μ m | 32 |
| Tabel C.4 : Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 86 μ m | 32 |
| Tabel C.5 : Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 101 μ m | 33 |
| Tabel C.6 : Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 116 μ m | 33 |
| Tabel C.7 : Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 130 μ m | 34 |
| Tabel C.8 : Data potensial sel karakterisasi sensor fenol | 35 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Preparasi Selulosa Propionat 25
Lampiran A.1 Pembuatan larutan NaOH 2,5% dari padatan NaOH 25
Lampiran A.2 Pembuatan larutan NaOCl 0,5% 25
Lampiran A.3 Pembuatan larutan asam asetat 3% dari asam Asetat glasial 99,7% 25
Lampiran A.4 Pembuatan lalarutan natrium tripolifosfat 3% 26
Lampiran A.5 Preparasi serbuk selulosa 26
Lampiran A.6 Preparasi lipase amobil 26
Lampiran A.7 Esterifikasi selulosa *nata de coco* dengan asam propionat 27
Lampiran A.8 Perhitungan fenol dalam membran selulosa propionat 27
Lampiran B. Pembuatan Larutan Uji Fenol 29
Lampiran B.1 Pembuatan larutan fenol $1 \cdot 10^{-8}$ – $1 \cdot 10^{-1}$ M 29
Lampiran B.2 Pembuatan larutan fenol $3 \cdot 10^{-8}$ – $3 \cdot 10^{-2}$ M 29
Lampiran C. Data Hasil Penelitian 31
Lampiran C.1 Pengukuran ketebalan membran selulosa propionat 31
Lampiran C.2 Pengaruh ketebalan membran terhadap kinerja sensor fenol 31
Lampiran C.2.1 Data potensial sel ketebalan membran 56 μ m 31
Lampiran C.2.2 Data potensial sel ketebalan membran 71 μ m 32
Lampiran C.2.3 Data potensial sel ketebalan membran 86 μ m 32
Lampiran C.2.4 Data potensial sel ketebalan membran 101 μ m 33
Lampiran C.2.5 Data potensial sel ketebalan membran 116 μ m 33
Lampiran C.2.6 Data potensial sel ketebalan membran 130 μ m 34
Lampiran C.3 Karakterisasi sensor fenol 35



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenol merupakan salah satu senyawa organik yang banyak ditemukan dalam limbah cair industri seperti industri pewarna, industri kertas, dan industri perminyakan [1]. Menurut baku mutu air limbah bagi kawasan industri dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013, batas maksimum fenol dalam limbah cair industri adalah 1 mg/L [2]. Keberadaan fenol yang melebihi batas maksimum dapat menghambat aktivitas mikroorganisme sehingga diperlukan kegiatan monitoring kadar fenol secara berkala [3]. Metode standar untuk analisis fenol dalam air dan air limbah (SNI 06-6989.21-2004) adalah metode spektrofotometri. Prinsip kerja dari metode standar didasarkan atas pembentukan senyawa kompleks fenol dengan 4-aminoantipirin berwarna merah-kecoklatan [4]. Namun metode ini tidak efisien karena membutuhkan preparasi sampel yang berbeda tiap kisaran konsentrasi tertentu. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif untuk analisis kadar fenol yang cepat, akurat, dan tanpa adanya perbedaan preparasi sampel. Metode lain yang dapat digunakan untuk penentuan kadar fenol yaitu menggunakan sensor fenol secara potensiometri.

Sensor fenol secara potensiometri adalah elektroda selektif ion (ESI) yang mengukur beda potensial antara membran bagian dalam dengan permukaan membran bagian luar. Beda potensial tersebut dibandingkan dengan potensial elektroda pembanding [5]. Sensor fenol secara potensiometri telah dikembangkan oleh Chan, dkk (1989) yaitu elektroda selektif ion berbasis membran PVC (*Poli Vinyl Chloride*). Fenol diderivatisasi menggunakan asam kloroasetat menjadi fenoksiasetat sehingga pengukuran fenol dilakukan secara tidak langsung [6]. Perkembangan sensor fenol secara potensiometri lainnya dilakukan oleh Tyas, dkk (2015) yaitu sensor fenol potensiometri menggunakan ionofor Cethyltrimethylammonium Phenoxide (CTAph) yang telah diembankan dalam membran kitosan [5]. Membran kitosan yang digunakan memiliki gugus amina dan hidroksil yang dapat menarik air sehingga bersifat hidrofilik [7].



Dengan demikian membran kitosan tidak dapat tahan lama. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan membran selulosa *nata de coco* yang dimodifikasi menjadi selulosa propionat.

Membran pada sensor fenol merupakan suatu lapisan tipis yang memisahkan sampel dengan elektroda indikator. Membran yang dapat digunakan pada sensor fenol diantaranya bersifat *conducting material*, tidak larut dalam air, dan mempunyai kestabilan mekanik yang tinggi. Pada sensor fenol, membran berperan sebagai pengemban bahan aktif [8]. Pada penelitian ini digunakan membran selulosa propionat karena bersifat *conducting material* sehingga dapat menghantarkan listrik. Selain itu, membran selulosa propionat juga mempunyai kekuatan mekanik dan ukuran pori tinggi sehingga jumlah bahan aktif dalam membran lebih besar [9]. Bahan aktif yang digunakan pada penelitian ini yaitu senyawa fenol yang diimbangkan dalam membran selulosa propionat sehingga pada penelitian ini tidak digunakan ionofor. Hal tersebut karena bahan aktif fenol dapat berinteraksi secara selektif dengan ion analit [10].

Pada sensor fenol potensiometri, ion yang dideteksi adalah basa konjugat dari fenol yaitu ion fenoksida. Jumlah ion fenoksida dalam air dipengaruhi oleh pH larutan. Jika pH larutan lebih dari 9,9 maka lebih banyak jumlah ion fenoksida dalam larutan. Sedangkan jika pH larutan kurang dari 9,9 maka lebih banyak senyawa fenol dalam larutan [11]. Kinerja sensor potensiometri meliputi bilangan Nernst, kisaran konsentrasi linier, batas deteksi, dan waktu respon [12]. Ketebalan membran berpengaruh terhadap konduktivitas membran. Konduktivitas membran *berbanding* terbalik dengan ketebalan membran. Jika ketebalan membran meningkat maka konduktivitas membran menurun dan sebaliknya [13]. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dikembangkan sensor fenol potensiometri menggunakan membran selulosa propionat dari *nata de coco* dengan mempelajari pengaruh ketebalan membran terhadap kinerja sensor fenol.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh ketebalan membran terhadap kinerja Sensor Fenol Berbasis *Screen Printed Carbon Electrode*?

2.



2. Bagaimana kinerja sensor fenol pada ketebalan membran optimum yang ditunjukkan melalui bilangan Nernst, kisaran konsentrasi, batas deteksi, dan waktu respon?

1.3 Batasan Masalah

1. Elektroda pembanding yang digunakan adalah elektroda Ag/AgCl
2. pH larutan yang digunakan adalah pH 11
3. Konsentrasi fenol yang digunakan yaitu 0,1 M
4. Kinerja sensor fenol yang dipelajari meliputi bilangan Nernst, batas deteksi, kisaran konsentrasi, dan waktu respon terhadap ketebalan membran

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh ketebalan membran terhadap kinerja Sensor Fenol Berbasis *Screen Printed Carbon Electrode*
2. Menentukan kinerja sensor fenol pada ketebalan membran optimum yang ditunjukkan melalui bilangan Nernst, kisaran konsentrasi, batas deteksi, dan waktu respon

1.5 Manfaat Penelitian

Dapat memberikan informasi terkait pembuatan sensor fenol secara potensiometri tanpa menggunakan ionofor



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensiometri

Potensiometri adalah metoda penentuan konsentrasi analit yang diukur berdasarkan perbedaan potensial tanpa adanya arus. Metoda ini terdiri elektroda indikator dan elektroda pembanding. Elektroda indikator merupakan elektroda yang berhubungan langsung dengan analit secara langsung sehingga besarnya potensial sebanding dengan konsentrasi analit. Sedangkan elektroda pembanding adalah elektroda yang memiliki potensial tetap sehingga tidak berhubungan dengan konsentrasi analit. Potensial sel yang terukur dihasilkan dari beda potensial elektroda indikator dengan elektroda pembanding [14].

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{indikator}} - E_{\text{pembanding}} + E_{\text{ij}} \quad (2:1)$$

Macam – macam elektroda pembanding antara lain elektroda hidrogen standar, elektroda Ag/AgCl dan elektroda kalomel. Elektroda hidrogen standar terdiri dari logam platina yang dicelupkan dalam larutan HCl 1 M dengan dialiri gas hidrogen secara terus menerus. Elektroda Ag/AgCl terdiri dari kawat perak yang dicelupkan dalam larutan AgCl jenuh dalam larutan KCl. Elektroda kalomel terdiri dari logam merkuri yang terbuat dari campuran pasta dengan Hg_2Cl_2 yang dicelupkan dalam larutan KCl [14].

Elektroda indikator terdapat tiga jenis antara lain elektroda logam, elektroda sensor gas, dan elektroda membran. Elektroda logam terdiri dari dua jenis yaitu elektroda logam jenis pertama yang didasarkan dari reaksi ion logam menjadi logamnya dan elektroda logam jenis dua yang dibuat dari logam – logam yang dapat membentuk garam yang sukar larut. Elektroda sensor gas yaitu elektroda membran yang selektif terhadap molekul gas yang dianalisis. Sedangkan elektroda membran adalah elektroda yang digunakan untuk mendeteksi ion analit secara selektif yang didasarkan pada beda potensial membran [14].



Beda potensial membran merupakan perbedaan aktivitas ion pada membran bagian luar yang berhubungan dengan larutan analit dengan membran bagian dalam. Beda potensial tersebut dibandingkan dengan potensial elektroda pembanding Ag/AgCl sehingga menghasilkan potensial sel [4, 8]. Potensial sel yang terukur pada sensor fenol secara potensiometri adalah sebagai berikut [8]:

$$E_{\text{sel}} = K + \frac{0,0591}{z} \log a \quad (2.2)$$

Z adalah muatan ion, a adalah aktivitas ion analit, dan K adalah konstanta. Karena fenol adalah ion monovalen, maka $z = 1$.

Pada penelitian ini digunakan elektroda membran sehingga terjadi perbedaan aktivitas ion fenoksida di luar membran ($a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-}$)₁ dengan di dalam membran ($a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-}$)₂ [14].

$$E_{\text{indikator}} = E_b + E_{\text{asy}} \quad (2.3)$$

$$E_b = E_1 - E_2 \quad (2.4)$$

$$E_b = -0,0591 \log (a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-})_1 + 0,0591 \log (a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-})_2 \quad (2.5)$$

Dimana $0,0591 \log (a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-})_2$ adalah tetap, maka persamaan menjadi :

$$E_{\text{sel}} = K' - 0,0591 \log a_1 \quad (2.6)$$

$$E_{\text{sel}} = K' + 0,0591 \log a_1 \quad (2.7)$$

$K' = 0,0591 \log (a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-})_2 + E_{\text{asy}} - E_{\text{reff}} + E_{ij}$, karena $E_{ij} = 0$ maka

$$K' = 0,0591 \log (a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-})_2 + E_{\text{asy}} - E_{\text{reff}}$$

Karena konsentrasi fenol kecil, maka diasumsikan

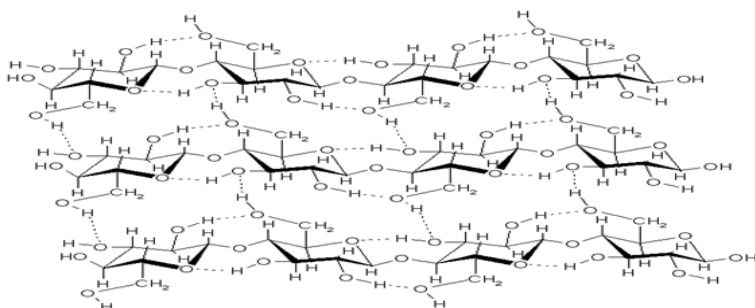
$$(a_{\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-}) = [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]$$

Sehingga persamaan menjadi

$$E_{\text{sel}} = K' - 0,0591 \log [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] \quad (2.8)$$

Membran merupakan suatu lapisan tipis yang memisahkan sampel dengan elektroda indikator. Syarat membran yang dapat digunakan pada elektroda selektif ion atau sensor potensiometri yaitu bersifat *conducting* material, tidak larut dalam air, dan mempunyai kestabilan mekanik [8]. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai membran adalah *nata de coco*. *Nata de coco* merupakan hasil fermentasi bakteri *Acetobacter xylinum* dalam media air kelapa. *Nata de coco* termasuk jenis selulosa bakterial yang tersusun dari monomer D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosidik seperti gambar 2.1 [15]. Selulosa bakterial ini memiliki kemurnian tinggi, derajat kristalisasi tinggi, mempunyai kerapatan antara 300-

dan 900 kg m^{-3} , kekuatan tarik tinggi, elastis dan terbiodegradasi [16].



Gambar 2.1 Struktur selulosa bakterial [17]

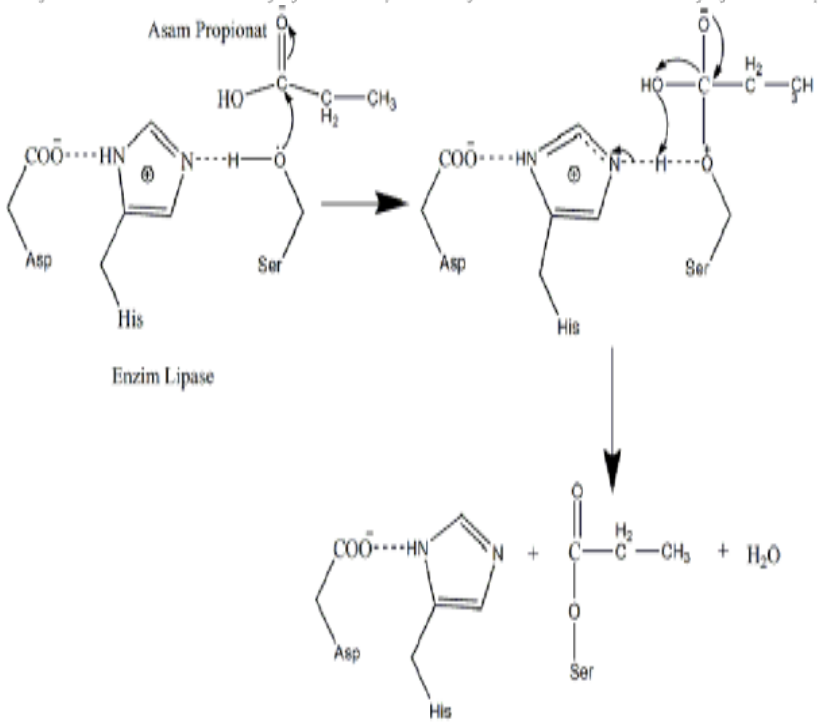
Salah satu cara untuk meningkatkan potensi selulosa yaitu dengan memodifikasi selulosa menjadi selulosa ester melalui proses esterifikasi. Esterifikasi merupakan reaksi pembentukan senyawa ester (RCOOR) dari gugus hidroksil (R-OH) dengan asam karboksilat yang ditambahkan katalis asam maupun basa [18]. Selulosa *nata de coco* dapat dimodifikasi membentuk selulosa ester menggunakan pereaksi asam karboksilat sehingga dihasilkan material dengan kekuatan mekanik dan porositas yang tinggi [9]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan modifikasi selulosa *nata de coco* menggunakan asam propionat dengan enzim lipase sebagai katalis membentuk selulosa propionat. Modifikasi ini dilakukan untuk menghasilkan membran yang berpori dengan kekuatan mekanik tinggi sehingga jumlah bahan aktif dalam membran lebih besar. Dengan demikian dapat meningkatkan kesetimbangan ion analit dengan bahan aktif.

Asam propionat merupakan senyawa asam karboksilat yang memiliki rumus kimia $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ dengan berat molekul sebesar $74,08 \text{ g/mol}$. Asam ini memiliki sifat fisik berupa cairan yang tidak berwarna, berbau tengik, dan memiliki densitas sebesar $0,9945 \text{ g/cm}^3$. Titik didih asam propionat sebesar $141,1^\circ\text{C}$ pada tekanan 760 mmHg dengan kemurnian lebih dari $99,5\%$. Asam propionat mudah larut dalam air dan bersifat volatil [19].



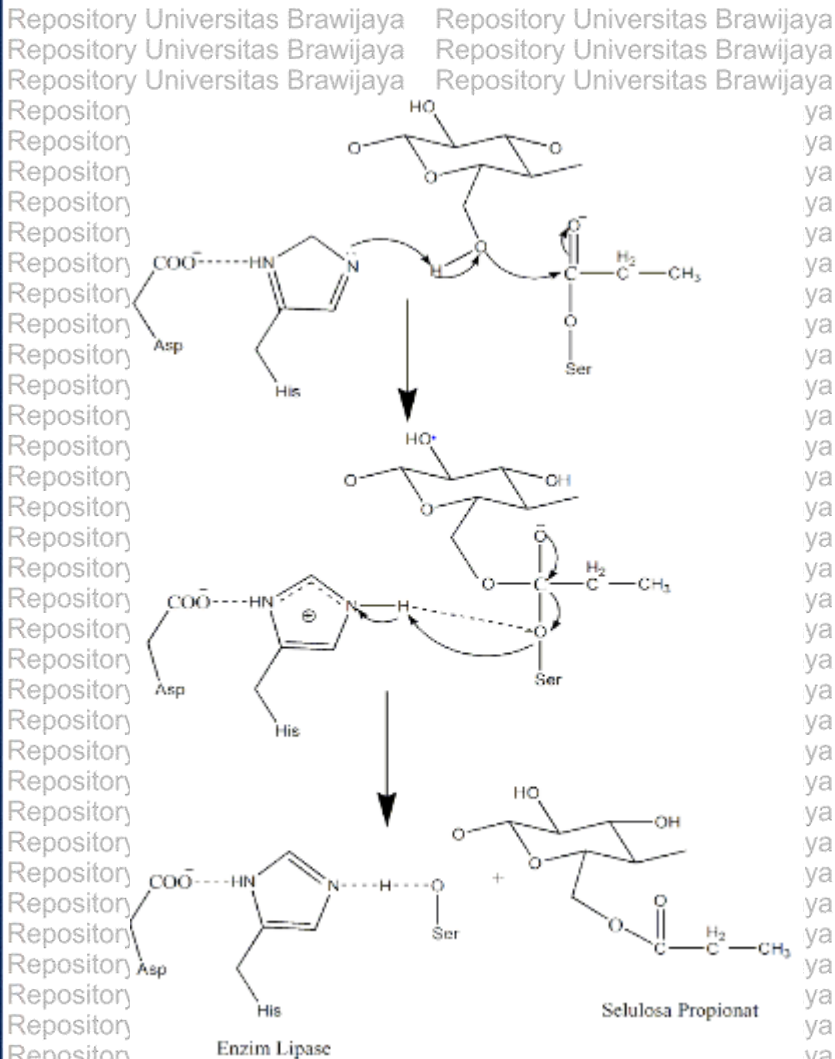
Pada penelitian ini dilakukan esterifikasi asam propionat secara enzimatis menggunakan enzim lipase sebagai katalis. Produk esterifikasi asam propionat menggunakan enzim lipase dipengaruhi oleh waktu reaksi, temperatur reaksi, pH, dan rasio reaktan. Mekanisme reaksi esterifikasi menggunakan enzim lipase adalah sebagai berikut [20] :

Tahap asilasi



Gambar 2.2 Mekanisme reaksi esterifikasi secara enzimatis pada tahap asilasi [20]

Tahap Deasilasi



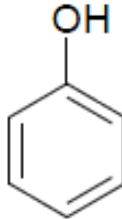
Gambar 2.3 Mekanisme reaksi esterifikasi secara enzimatis pada tahap deasilasi [20]

2.2 Sensor Fenol

Fenol merupakan senyawa organik yang terdiri dari atom karbon pada cincin benzena yang mengikat gugus hidroksil ($=\text{OH}$). Fenol memiliki rumus molekul $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ dengan struktur seperti



gambar 2.4. Kelarutan fenol dalam air sebesar 1 gr/15 mL air. Fenol juga larut dalam pelarut organik seperti etanol, metanol, eter, aseton, dan benzena. Senyawa ini berbentuk padatan tak berwarna hingga merah muda. Fenol memiliki konstanta disosiasi asam sebesar $1,3 \times 10^{-10}$ atau pKa sebesar 9,9 [21, 22].



Gambar 2.4 Struktur Fenol [21].

Fenol adalah senyawa organik yang banyak ditemukan di alam. Fenol dan turunannya digunakan sebagai pembuatan pewarna, plastik, obat-obatan, bahan peledak, deterjen, pabrik kertas, dan industri perminyakan. Limbah fenol yang dihasilkan dari berbagai industri tersebut berpotensi sebagai polutan dalam perairan karena fenol memiliki sifat beracun, karsinogenik, dan immunosupresif [1]. Menurut baku mutu air limbah bagi kawasan industri dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013, batas maksimum fenol dalam limbah cair industri adalah 1 mg/L [2]. Dengan demikian diperlukan metode analisis kadar fenol untuk monitoring kadar fenol secara berkala. Salah satu metode untuk analisis fenol yaitu sensor fenol secara potensiometri.

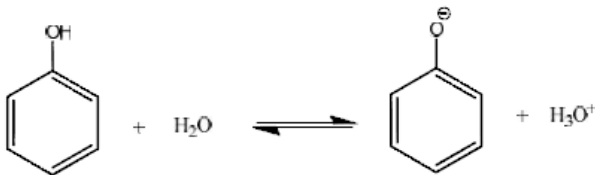
Sensor fenol secara potensiometri telah dikembangkan oleh Chan, dkk (1989) yaitu elektroda selektif ion berbasis membran PVC (poli vinyl chloride). Fenol diderivatisasi menggunakan asam kloroasetat menjadi fenoksiasetat sehingga pengukuran fenol dilakukan secara tidak langsung. Elektroda tersebut menghasilkan bilangan Nernst 68,9 mV/dekade, kisaran konsentrasi 10^{-1} sampai $3,2 \times 10^{-4}$ M, pH larutan 7,5 hingga 11, waktu respon kurang dari 1 menit, dan dapat digunakan hingga 1,5 bulan [6]. Pada tahun 2015 juga telah dikembangkan sensor fenol potensiometri menggunakan ionfor CTaph (Cethyltrimethylammoniumphenoxide) yang telah



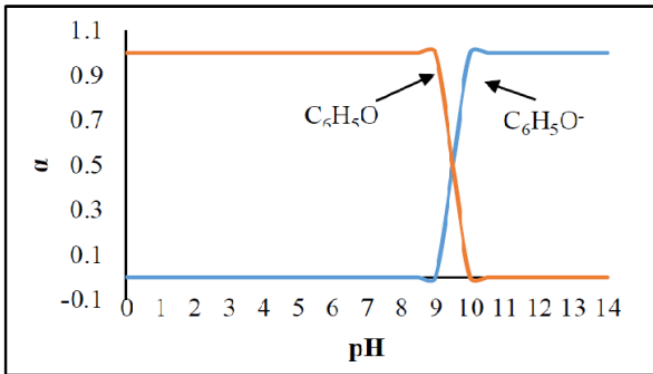
diembangkan dalam membran kitosan. Sensor fenol tersebut menghasilkan bilangan Nernst 54,437 mV/dekade, kisaran konsentrasi 10^{-8} sampai 10^{-5} (0,001-1 ppm), dan waktu respon 60 detik [5].

Pada penelitian ini dikembangkan sensor fenol secara potensiometri menggunakan elektroda karbon berbasis *Screen Printed Carbon Electrode* (SPCE). SPCE adalah elektroda karbon yang terdiri dari elektroda indikator dan elektroda pembanding Ag/AgCl. Penggunaan elektroda ini karena sederhana, mudah digunakan, dan memiliki ukuran yang kecil sehingga volume sampel yang digunakan juga lebih kecil [5]. Sensor fenol pada penelitian ini dibuat dari membran yang dilapiskan pada elektroda indikator SPCE. Membran yang digunakan yaitu membran selulosa propionat yang dicampurkan dengan senyawa fenol. Senyawa fenol tersebut berperan sebagai bahan aktif yang memiliki konsentrasi tetap dalam membran. Fenol dalam membran berkesetimbangan dengan ion analit secara langsung sehingga dalam penelitian ini tidak menggunakan ionofor. Ionofor merupakan ion pembawa yang mengandung gugus lipofilik dan dapat berikatan secara selektif dengan ion target [10]. Pada penelitian ini tidak digunakan ionofor sebagai bahan aktif karena untuk meningkatkan interaksi ion analit dengan bahan aktif sehingga sensitivitas dari sensor fenol lebih baik.

Pada sensor fenol secara potensiometri, ion yang dideteksi adalah basa konjugat dari fenol yaitu ion fenoksida. Kesetimbangan fenol dalam air ditunjukkan dalam gambar 2.5. Spesi ion fenoksida dalam air dapat ditentukan melalui harga derajat disosiasi (α) (gambar 2.6). Derajat disosiasi tersebut dipengaruhi oleh pH larutan. Jika pH larutan lebih dari 9,9 maka jumlah ion fenoksida dalam larutan lebih banyak. Sedangkan jika pH larutan kurang dari 9,9 maka lebih banyak molekul fenol dalam larutan [11].



Gambar 2.5 Kesetimbangan fenol dalam air [21].



Gambar 2.6 Kurva plot α antara fenol (C_6H_5OH) dan fenoksida ($C_6H_5O^-$) [11].



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya Malang pada bulan September hingga Desember tahun 2016.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah konektor elektroda Quasense, *Screen-Printed Carbon Electrode* (SPCE) Quasense B112011-T3, potensiometer SANWA CD800a, pH meter Senz TI-13MO597, pipet mikro Accumax 100 μL , mikrometer sekrup, magnetik stirer, Spektrofotometer inframerah 8400S Shimadzu, oven, kertas saring Whatmann no 41, neraca analitik, desikator, *hydraulic press*, blender, ayakan ukuran 80 mesh dan peralatan gelas.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fenol (Merck), *nata de coco*, NaOH 2,5% (m/v), NaClO 0,5% (m/v), enzim lipase, asam propionat (bj 0,993 g/mL), NaOH p.a., *n*-butanol p.a. (0,81 g/mL), natrium tripolifosfat p.a., asam asetat glasial 3% (v/v) (dari asam asetat glasial 99,7%), kitosan, aseton, dan akuades pH 7.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap kegiatan, antara lain:

1. Pembuatan Elektroda Selektif Ion

- Preparasi serbuk selulosa (terlampir)

- Preparasi lipase amobil (terlampir)
- Esterifikasi selulosa *nata de coco* dengan asam propionat (terlampir)
- Pembuatan elektroda selektif ion
- Pembuatan larutan uji fenol (terlampir)

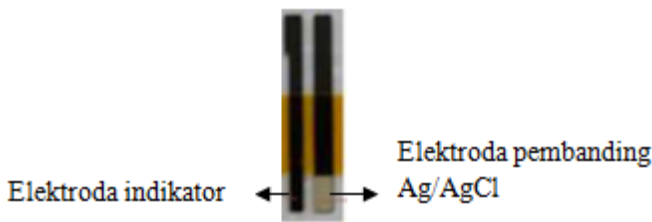
2. Pengaruh Ketebalan Membran Selulosa Propionat

3. Karakterisasi Sensor Fenol

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Elektroda Selektif Ion

Selulosa propionat ditimbang sebanyak 0,1 gram, kemudian ditambahkan campuran pelarut (aseton : air (2:1)) sebanyak 3 mL. Campuran selulosa propionat dengan aseton dan air ditambahkan fenol sebanyak 0,0282 gram. Campuran tersebut diaduk hingga homogen menggunakan magnetik stirrer. Membran selulosa propionat yang telah dibuat kemudian dilapiskan sebanyak 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; dan 15 μL secara sedikit demi sedikit pada permukaan elektroda indikator SPCE. Setelah pelapisan, elektroda dikeringkan dalam oven selama 5 menit pada temperatur 50°C. Pada akhir pelapisan, elektroda dipanaskan dalam oven pada temperatur 50°C selama 1 jam.



Gambar 3.1 Elektroda *Screen-Printed Carbon Electrode* (SPCE)

3.4.2 Pengaruh Ketebalan Membran Selulosa Propionat

Sensor fenol (elektroda indikator) dan elektroda pembanding Ag/AgCl dipasang pada konektor yang telah dihubungkan



dengan potensiometer. Larutan uji fenol dengan konsentrasi 10^{-8} M diteteskan sebanyak 50 μL pada kedua permukaan elektroda (elektroda indikator dan elektroda pembanding) dan dibaca potensial sel yang terukur. Kemudian dilakukan pengukuran potensial sel pada larutan uji fenol dengan konsentrasi fenol 10^{-7} , 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , dan 10^{-1} M pada pH 11 secara berurutan. Potensial sel dibaca setiap 10 detik selama 180 detik [23]. Pengukuran potensial sel dilakukan pada ketebalan membran 56; 71; 86; 101; 116; dan 130 μm .

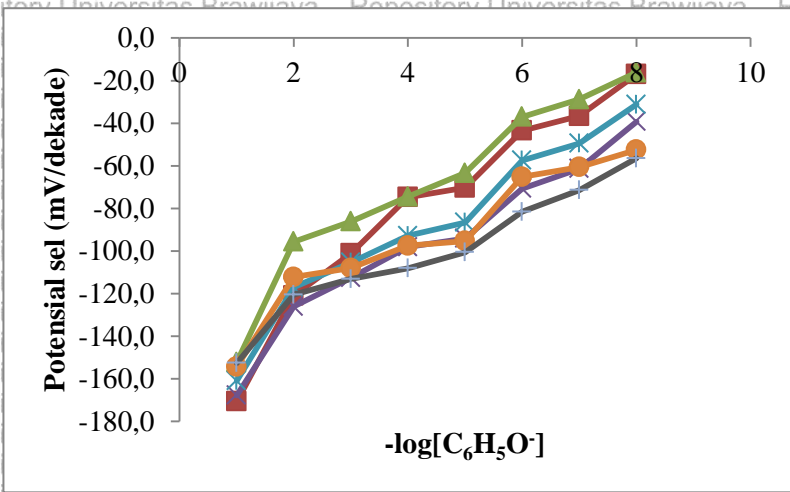
3.4.3 Karakterisasi Sensor Fenol

Prosedur karakterisasi sensor fenol sama dengan prosedur 3.4.2 menggunakan larutan fenol sebesar 10^{-2} , $3 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , $3 \cdot 10^{-4}$, 10^{-4} , $3 \cdot 10^{-5}$, 10^{-5} , $3 \cdot 10^{-6}$, 10^{-6} , $3 \cdot 10^{-7}$, 10^{-7} , $3 \cdot 10^{-8}$ M pada ketebalan membran 56 μm .

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Ketebalan Membran terhadap Kinerja Sensor Fenol

Sensor fenol pada penelitian ini menggunakan beberapa ketebalan membran selulosa propionat yaitu sebesar 56, 71, 86, 101, 116, dan 130 μm . Membran selulosa propionat yang digunakan mengandung bahan aktif fenol dengan konsentrasi 10^{-11} M. Sensor fenol yang telah dibuat diukur potensial sel pada larutan fenol dengan kisaran konsentrasi 10^{-7} hingga 10^{-8} M. Potensial sel yang terukur pada sensor fenol dibuat kurva hubungan $\log [C_6H_5O]$ terhadap potensial sel pada berbagai ketebalan membran.

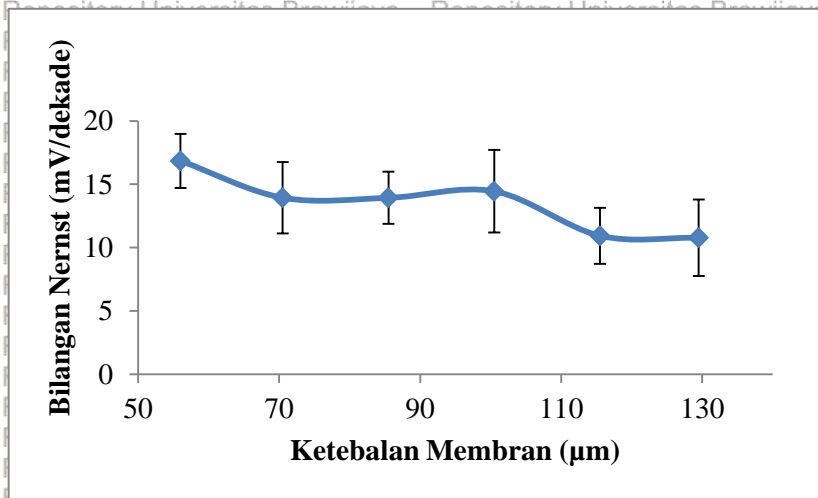


Gambar 4.1 Kurva hubungan $-\log[C_6H_5O]$ dengan potensial sel pada berbagai ketebalan membran

Keterangan: ■ 56 μm , ▲ 71 μm , × 86 μm , * 101 μm , ● 116 μm , ▮ 130 μm



Berdasarkan gambar 4.1 menunjukkan bahwa potensial sel berbanding terbalik dengan peningkatan konsentrasi larutan fenol. Peningkatan konsentrasi larutan fenol berbanding lurus dengan jumlah ion fenoksida dalam larutan fenol. Jumlah ion fenoksida yang meningkat menyebabkan terjadi perbedaan aktivitas ion fenoksida pada permukaan membran bagian luar juga meningkat sehingga beda potensial membran (E_0) yang dihasilkan menurun. Berdasarkan persamaan 2.6, jika nilai E_0 menurun, maka potensial sel menjadi menurun. Pada konsentrasi larutan fenol 10^{-8} hingga 10^{-2} M terjadi penurunan potensial secara linier. Namun pada konsentrasi 10^{-2} hingga 10^{-1} M mengalami penurunan potensial yang tajam. Pada konsentrasi 10^{-1} M jumlah ion fenoksida dalam larutan sangat banyak sehingga menyebabkan aktivitas ion pada permukaan membran bagian luar meningkat lebih besar daripada konsentrasi 10^{-2} M. Dengan demikian potensial sel yang dihasilkan menurun lebih tajam. Oleh karena itu, faktor Nernst pada berbagai ketebalan membran diukur pada konsentrasi 10^{-8} hingga 10^{-2} M.



Gambar 4.2 Kurya hubungan ketebalan membran selulosa propionat terhadap bilangan Nernst

Kinerja sensor fenol secara potensiometri dapat dilihat dari bilangan Nernst. Bilangan Nernst merupakan nilai kemiringan dari



kurva hubungan $-\log[C_6H_5O]$ dengan potensial sel. Dari kurva tersebut diperoleh persamaan linier $y = ax + b$. Berdasarkan persamaan $E_{sel} = K - 0,05916 \log a_2$, maka nilai y menunjukkan potensial sel, a menunjukkan bilangan Nernst, x adalah $-\log[C_6H_5O]_2$, dan b adalah konstanta. Ketebalan membran optimum diperoleh dari ketebalan membran dengan bilangan Nernst mendekati teoritis (59,16 mV/dekade).

Pada gambar 4.2, dapat diketahui bahwa bilangan Nernst berbanding terbalik dengan ketebalan membran. Penurunan bilangan Nernst terjadi karena peningkatan ketebalan membran menyebabkan jarak antara elektroda dengan permukaan bagian luar membran bertambah jauh. Jika jarak bertambah maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan antara ion fenoksida didalam membran dengan didalam larutan lebih lama. Dengan demikian waktu respon yang dihasilkan pada sensor fenol bertambah lama sehingga bilangan Nernst yang dihasilkan menurun [24]. Namun penurunan bilangan Nernst yang dihasilkan tidak berbeda secara signifikan pada berbagai ketebalan membran. Hal ini karena homogenitas bahan aktif dalam membran tidak merata sehingga jumlah bahan aktif tidak berbeda secara signifikan pada setiap peningkatan ketebalan membran. Oleh karena itu, ketebalan membran tidak berpengaruh terhadap kinerja sensor fenol.

Tabel 4.1 Nilai konduktivitas membran pada berbagai ketebalan membran

| Ketebalan Membran (μm) | Nilai konduktivitas membran ($\mu\text{S/cm}$) |
|-------------------------------------|--|
| 56 | 543 |
| 71 | 543 |
| 86 | 542 |
| 101 | 541 |
| 116 | 540 |
| 130 | 540 |

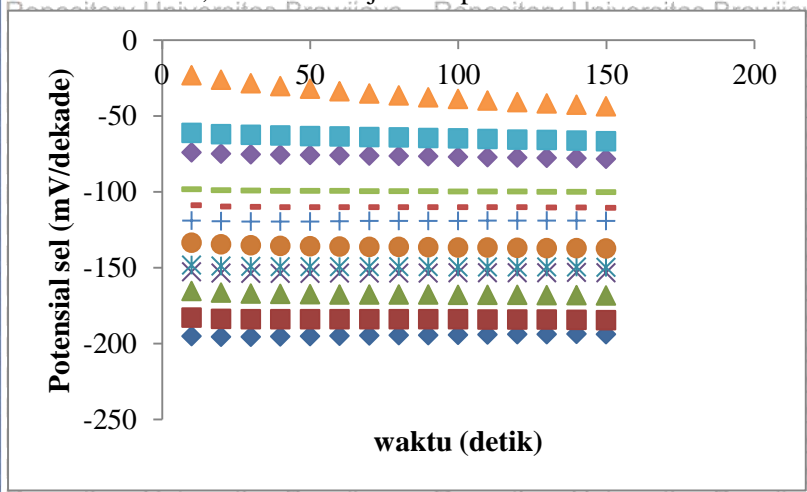
Pada tabel 4.1 dapat diketahui bahwa ketebalan membran berbanding terbalik dengan konduktivitas membran. Menurut Skoog



(2014), ketebalan membran berpengaruh terhadap konduktivitas membran. Jika ketebalan membran meningkat maka konduktivitas membran juga meningkat [13]. Berdasarkan nilai bilangan Nernst, ketebalan membran 56 μm menghasilkan bilangan Nernst terbesar yaitu 16,85 mV/dekade. Hal ini menunjukkan bahwa pada ketebalan membran 56 μm mempunyai kinerja sensor fenol terbaik.

4.2 Karakterisasi Sensor Fenol

Karakterisasi sensor fenol dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sensor fenol yang telah dibuat. Secara toritis, karakterisasi sensor potensiometri meliputi bilangan Nernst, selektifitas, kisaran konsentrasi linier, batas deteksi, waktu respon, lama waktu penggunaan, dan waktu *recovery* [12]. Pada penelitian ini kinerja sensor fenol ditunjukkan melalui bilangan Nernst, kisaran konsentrasi, batas deteksi, dan waktu respon. Karakterisasi dilakukan pada ketebalan membran optimum yaitu 56 μm , konsentrasi bahan aktif fenol 10^{-1} M, dan larutan uji fenol pH 11.



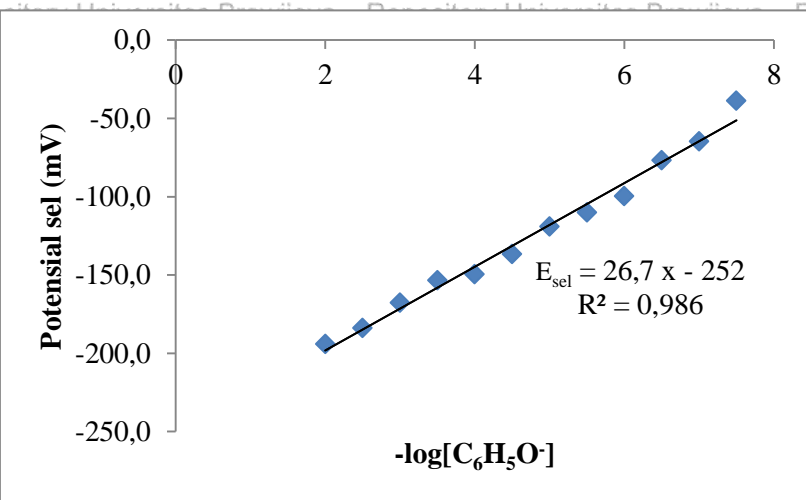
Gambar 4.3 Kurva hubungan waktu dengan potensial sel pada karakterisasi

Keterangan :

- ◆ 10^{-2} M, ■ $3 \cdot 10^{-3}$ M, ▲ 10^{-3} M, ✕ $3 \cdot 10^{-4}$ M, □ 10^{-4} M, ● 10^{-5} M,
- ⋆ 10^{-5} M, ■ $3 \cdot 10^{-6}$ M, ▲ 10^{-6} M, ◆ 10^{-7} M, □ 10^{-7} M, ● $3 \cdot 10^{-8}$ M



Waktu respon merupakan waktu yang dibutuhkan sensor untuk mencapai kesetimbangan [12]. Waktu respon dihasilkan dari waktu ketika potensial sel menunjukkan nilai yang tetap. Waktu respon ditentukan dari kurva hubungan waktu terhadap potensial sel. Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa waktu respon sensor dipengaruhi oleh konsentrasi larutan fenol. Peningkatan konsentrasi larutan fenol menyebabkan aktivitas ion fenoksida dalam larutan fenol bertambah sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan lebih cepat. Pada konsentrasi larutan fenol 10^{-7} hingga 10^{-2} M nilai potensial mulai tetap pada waktu 70 detik, sedangkan pada konsentrasi larutan fenol 3.10^{-8} M dihasilkan nilai potensial tetap pada waktu 100 detik. Oleh karena itu, nilai potensial sel mulai tetap pada waktu 100 detik. Pada waktu 100 detik mulai terjadi kesetimbangan antara ion fenoksida pada membran bagian luar dengan ion fenoksida dalam larutan fenol.



Gambar 4.4 Kurva kisaran konsentrasi karakterisasi sensor fenol

Kisaran konsentrasi merupakan daerah konsentrasi analit yang dapat direspon oleh sensor secara linier [12]. Kisaran konsentrasi diperoleh dari kurva hubungan antara $-\log [C_6H_5O]$ dengan potensial sel. Berdasarkan gambar 4.1, maka kisaran konsentrasi yang digunakan pada karakterisasi sensor fenol adalah 3.10^{-8} hingga



10^{-2} M karena pada kisaran konsentrasi tersebut dihasilkan penurunan potensial sel secara linier. Pada kisaran konsentrasi 3.10^{-8} hingga 10^{-2} M dihasilkan bilangan Nernst sebesar 26,7 mV/dekade. Bilangan Nernst yang dihasilkan masih jauh dari teoritis yaitu 59,162 mV/ dekade. Hal ini dimungkinkan karena selulosa propionat yang dibuat belum sempurna akibat gugus hidroksil dari nata de coco tidak semua bereaksi dengan gugus asil dari asam propionat. Selain itu, juga karena komposisi antara pelarut dengan selulosa propionat pada membran belum pada kondisi optimum sehingga dihasilkan sensor fenol yang memiliki sensitivitas rendah.

Batas deteksi merupakan batas terendah konsentrasi analit yang dapat direpson oleh sensor fenol. Pada penelitian ini belum dapat ditentukan batas deteksi sensor fenol karena pada pengukuran larutan uji 3.10^{-8} M potensial sel masih mengalami kenaikan.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Ketebalan membran tidak berpengaruh terhadap kinerja sensor fenol berbasis *Screen Printed Carbon Electrode*. Kinerja sensor fenol optimum diperoleh pada ketebalan membran 56 μm .
2. Pada ketebalan membran 56 μm , kinerja sensor fenol adalah bilangan Nernst 26,7 mV/dekade, kisaran konsentrasi $3 \cdot 10^{-8}$ hingga 10^{-2} M, dan waktu respon 100 detik.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kinerja sensor fenol secara potensiometri perlu dilakukan penelitian pada komposisi pelarut dengan selulosa propionat pada pembuatan membran.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Negash, Negussie., Hailemichael, A., Merid, T., 2014, **Flow Injection Amperometric Determination of Phenol and Chlorophenols at Single Wall Carbon Nanotube Modified Glassy Carbon Electrode**, *American Journal of Analytical Chemistry*, 5, 188-198
- [2] Gubernur Jawa Timur, 2013, **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha Lainnya. 16 Oktober 2013**, Lampiran IV Peraturan Gubernur Jawa Timur, Surabaya
- [3] Bismo, S., I. Kustiningsih., Jayanudin, F. Haryanto., H.J. Saptono., 2008, **Studi Awal Degradasi Fenol dengan Teknik Ozonasi Di Dalam Reaktor Annular**, Prosiding Seminar Nasional Rekamayasa Kimia dan Proses, ISSN: 1411-4216
- [4] Republik Indonesia, 2004, **Badan Standarisasi Nasional tentang Air dan Air Limbah-Bagian 21: Cara Uji Kadar Fenol secara Spektrofotometri**, BSN, Tangerang
- [5] Tyas, A.A., Z. Aini, W.S Wari, R.N. Huda, A. Mulyasuryani, 2015, **Penentuan Kadar Fenol Dalam Air Menggunakan Sensor Fenol**, *Jurnal Penelitian Saintek*, 20 (1), 53-60
- [6] Chan, W.H., A.W.M. Lee, M.S. Wong, 1989, **Some Observations on the Determination of Phenol using Ion Selective Electrode**, *Microchemical Journal*, 40, 322-327
- [7] Ito, A., M Sato, T. Anma, 1997, **Permeability of CO₂ through Chitosan Membrane Swollen by Water Vapor in Feed Gas**, *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*, 248, 85-94
- [8] Wang, J., 2006, **Analytical Electrochemistry**, Edisi Ketiga, John Wiley & Sons, New Jersey, 164-169
- [9] Syaifudin, A., B. Kamulyan, D. Mardiana, 2015, **Pemanfaatan Nata de coco Termodifikasi Asam Sitrat Sebagai Bahan Baku Membran**, *Kimia Student Journal*, 11 (1), 723-729



- [10] Ceresa, A., 2001, **Ion-Selective Polymeric Membrane Electrodes for Potentiometric Trace Level Measurements**, *Disertasi*, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich
- [11] Rappoport, Z., 2003, **The Chemistry of Phenols**, John Wiley & Sons, Chichester
- [12] Eggins, B.R., 2002, **Chemical Sensors and Biosensors**, John Wiley & Sons, Chichester
- [13] Skoog, D.A., D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch, 2014, **Fundamental of Analytical Chemistry**, Brooks/Cole Cengage Learning, USA
- [14] Mulyasuryani, A., 2014, **Elektroanalitik Dasar dan Aplikasi**, Deepublish, Yogyakarta, 25-32
- [15] Lestari, P., N. Elfrida, A. Suryani, Y. Suryadi 2014, **Study on the Production of Baacterial Cellulose from *Acetobacter xylinum* using Agro-Waste**, *Jordan Journal of Biological Sciences*, 7 (1), 75-80
- [16] Mulyono, T., Asnawati, I., Noviantri, Buchari, 2007, **Potensi Membran *Nata de coco* Sebagai Material Biosensor**, *Jurnal Ilmu Dasar*, 8 (2), 128-134
- [17] Roosdiana, A., Mardiana, D., Setianingsih, T. and Suratmo, 2009, **Characterization of Immobilized Lipase in Aluminosilicate for Lactosyl Palmitate Synthesis**, *Indonesian J. Chem*, Vol.9, 201-205
- [18] Irawan, Sutra, and A. Rahman Hakim., 2010, **Kajian Awal Sintesis Biodiesel dari Minyak Dedak Padi Prose Esterifikasi**, *Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*: 1-5.
- [19] Sciencelab, 2012, **Material Safety Data Sheet Propionic Acid**, <http://www.sciencelab.com/msds>, 27 September 2016, 18.00
- [20] Yulianti, R.P., 2015, **Esterifikasi Bakterial Selulosa dengan Asam Propionat Menggunakan Lipase Amobil dari *Mucor miehei***, *Skripsi*, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang
- [21] Sciencelab, 2005, **Material Safety Data Sheet Phenol**, <http://www.sciencelab.com/msds>, 1 September 2016, 06.00
- [22] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2008, **Toxicological Profile for Phenol**, Atlanta, GA: U.S.



Department of Health and Human Services, Public Health Service

[23] Aini, Z., 2016, **Pengaruh Ketebalan Membran Kitosan terhadap Kinerja Sensor Fenol Potensiometri Berbasis Screen Printed Carbon Electrode (SPCE)**, *Skripsi*, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang



LAMPIRAN

Lampiran A. Preparasi Selulosa Propionat

A.1 Pembuatan larutan NaOH 2,5% dari padatan NaOH

$$2,5 \% = \frac{2,5 \text{ gram}}{100 \text{ mL}} = \frac{25 \text{ gram}}{1000 \text{ mL}}$$

$$\text{Molar (M)} = \frac{25 \text{ gram/L}}{40 \text{ gram/mol}} = 0,625 \text{ M}$$

$$\text{Molar (M)} = \frac{\text{mol}}{\text{volume}}$$

$$\text{Mol} = 0,625 \text{ M} \times 0,5 \text{ L} = 0,3125 \text{ mol}$$

$$\text{Massa NaOH} = \text{mol} \times \text{Mr NaOH} = 0,3125 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} = 12,5 \text{ gram}$$

Padatan NaOH sebanyak 12,5 gram dilarutkan dengan aquades dalam gelas kimia hingga volume larutan 500 mL.

A.2 Pembuatan larutan NaOCl 0,5%

$$0,5 \% = \frac{0,5 \text{ gram}}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{Untuk } 500 \text{ mL} : \frac{0,5 \text{ gram}}{100 \text{ mL}} = \frac{x \text{ gram}}{500 \text{ mL}}$$

$$x \text{ gram} = 2,5 \text{ gram NaOCl dalam } 500 \text{ mL}$$

Padatan NaOCl ditimbang sebanyak 2,5 gram kemudian dilarutkan dengan aquades hingga volume larutan 500 mL.

A.3 Pembuatan larutan asam asetat 3% dari asam asetat glasial 99,7%

$$\text{Volume asam asetat yang dibutuhkan} = \frac{3 \%}{99,7 \%} \times 100 \text{ mL} = 3 \text{ mL}$$

Asam asetat 99,7 % diambil sebanyak 3 mL kemudian diencerkan dengan aquades hingga volume 100 mL dalam gelas kimia 25 mL.



A.4 Pembuatan larutan natrium tripolifosfat 3%

$$3\% = \frac{3 \text{ gram}}{100 \text{ mL}}$$

Padatan natrium tripolifosfat ditimbang sebanyak 3 gram kemudian dilarutkan dengan akuades hingga volume larutan 100 mL dalam gelas kimia 250 mL.

A.5 Preparasi Serbuk Selulosa

Nata de coco dengan ukuran 1 x 2 cm sebanyak 1 kg dicuci dengan air mengalir, kemudian dihaluskan bersama dengan aquadem menggunakan blender. *Nata de coco* yang telah halus kemudian direndam dengan larutan NaOH 2,5% selama 24 jam. Selanjutnya *nata de coco* dicuci kembali dengan air mengalir hingga pH netral. *Nata* direndam kembali dalam larutan kaporit (NaClO) 0,5% selama 24 jam dan dicuci kembali dengan air mengalir hingga bebas kaporit. Selanjutnya *nata de coco* dipress pada temperatur 120°C selama 5 menit menggunakan *hydraulic press*. *Nata de coco* yang telah kering dihaluskan menggunakan blender, kemudian diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

A.6 Preparasi Lipase Amobil

Kitosan ditimbang sebanyak 1,25 gram dan dilarutkan ke dalam 50 mL asam asetat 3%. Selanjutnya diaduk menggunakan magnetik stirer hingga homogen. Kemudian enzim lipase ditimbang sebanyak 1 gram dan dicampurkan ke dalam campuran kitosan serta asam asetat 3%. Larutan campuran diaduk dan ditetaskan ke dalam 100 mL larutan natrium tripolifosfat 3% menggunakan pipet tetes. Butiran-butiran yang terbentuk dibiarkan terendam dalam larutan natrium tripolifosfat 3% selama 75 menit.



A.7 Esterifikasi Selulosa *Nata de coco* dengan Asam Propionat

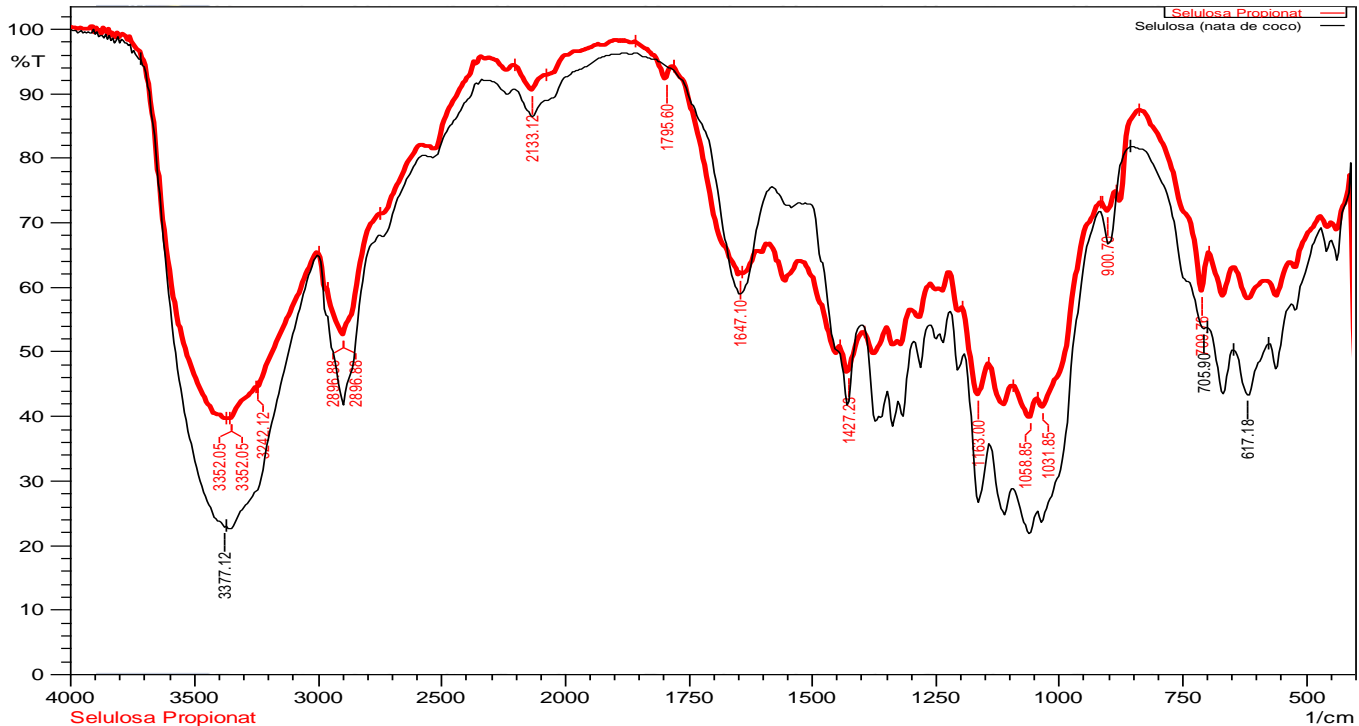
Serbuk selulosa ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 5 mL asam propionat. Campuran *nata de coco* dan asam propionat ditambahkan 50 mL n-butanol dan diaduk hingga asam propionat larut. Kemudian ditambahkan lipase amobil sebanyak 5 gram. Campuran tersebut diinkubasi pada temperatur 50°C selama 18 jam. Selanjutnya campuran disaring dan endapan yang diperoleh dicuci dengan n-butanol sebanyak 50 mL. Kemudian endapan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C. Hasil endapan dianalisis menggunakan spektrofotometer inframerah untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang terdapat pada selulosa propionat.

A.8 Perhitungan Fenol dalam Membran Selulosa Propionat

[Fenol] dalam membran = 0,1 M

$$\text{Mol Fenol dalam } \textit{nata de coco} = 0,1 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} \times 3 \text{ mL} = 0,3 \text{ mmol}$$

$$\text{Massa Fenol dalam } \textit{nata de coco} = 94 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \times 0,3 \text{ mmol} = 0,0282 \text{ g}$$



Gambar A.1 Spektrum Infra Merah Selulosa Nata de coco dan Selulosa Propionat



Lampiran B. Pembuatan Larutan Uji Fenol

B.1 Pembuatan Larutan Fenol $1 \cdot 10^{-8}$ – $1 \cdot 10^{-1}$ M

Untuk 500 mL NaOH 10^{-3} M :

$$\text{Mol NaOH} = 10^{-3} \text{ M} \times 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ mmol}$$

$$\text{Massa NaOH} = 0,5 \text{ mmol} \times 40 \text{ mg/mol} = 20 \text{ mg} = 0,02 \text{ gram}$$

Menimbang 0,94 gr fenol, kemudian dilarutkan ke dalam 100 mL larutan NaOH $1 \cdot 10^{-3}$ M pH 11 sehingga diperoleh larutan fenol dengan konsentrasi $1 \cdot 10^{-1}$ M. Pembuatan larutan fenol dengan konsentrasi $1 \cdot 10^{-2}$ - $1 \cdot 10^{-5}$ M dipipet dari larutan stok 10^{-1} M masing-masing menggunakan mikropipet. Sedangkan pembuatan larutan fenol dengan konsentrasi $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-8}$ M dipipet dari larutan stok 10^{-5} masing-masing menggunakan mikropipet. Kemudian ditambah larutan NaOH $1 \cdot 10^{-3}$ M pH 11 dengan total volume 10 mL.

Tabel B.1 Pengenceran larutan fenol 10^{-5} – 10^{-2} M

| Konsentrasi (M) | Volume larutan stok 10^{-1} M yang dipipet (μL) |
|--------------------|--|
| 1×10^{-5} | 1 |
| 1×10^{-4} | 10 |
| 1×10^{-3} | 100 |
| 1×10^{-2} | 1000 |

Tabel B.2 Pengenceran larutan fenol 10^{-8} – 10^{-6} M

| Konsentrasi (M) | Volume larutan stok 10^{-5} M yang dipipet (μL) |
|--------------------|--|
| 1×10^{-8} | 10 |
| 1×10^{-7} | 100 |
| 1×10^{-6} | 1000 |

B.2 Pembuatan Larutan fenol $3 \cdot 10^{-8}$ – $3 \cdot 10^{-2}$ M

Untuk 500 mL NaOH 10^{-3} M :

$$\text{Mol NaOH} = 10^{-3} \text{ M} \times 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ mmol}$$

$$\text{Massa NaOH} = 0,5 \text{ mmol} \times 40 \text{ mg/mol} = 20 \text{ mg} = 0,02 \text{ gram}$$



Menimbang 0,282 gr fenol, kemudian dilarutkan ke dalam 100 mL larutan NaOH 1.10^{-3} M pH 11 sehingga diperoleh larutan fenol dengan konsentrasi 3.10^{-2} M. Pembuatan larutan fenol dengan konsentrasi 3.10^{-3} - 3.10^{-6} M dipipet dari larutan stok 3.10^{-2} M masing-masing menggunakan mikropipet. Sedangkan pembuatan larutan fenol dengan konsentrasi 3.10^{-7} - 3.10^{-8} M dipipet dari larutan 3.10^{-6} M masing-masing menggunakan mikropipet. Kemudian ditambah larutan NaOH 1.10^{-3} M pH 11 dengan total volume 10 mL.

Tabel B.3 Pengenceran larutan fenol 3.10^{-3} - 3.10^{-6} M

| Konsentrasi (M) | Volume larutan stok 3.10^{-2} M yang dipipet (μ L) |
|--------------------|---|
| 3×10^{-6} | 1 |
| 3×10^{-5} | 10 |
| 3×10^{-4} | 100 |
| 3×10^{-3} | 1000 |

Tabel B.4 Pengenceran larutan fenol 3.10^{-7} - 3.10^{-8} M

| Konsentrasi (M) | Volume larutan stok 3.10^{-6} M yang dipipet (μ L) |
|--------------------|---|
| 3×10^{-8} | 100 |
| 3×10^{-7} | 1000 |



Lampiran C: Data Hasil Penelitian

C.1 Pengukuran Ketebalan Membran Selulosa Propionat

Ketebalan *Screen Printed Carbon Electrode* = 0,23 mm

Tabel C.1 Pengukuran ketebalan membran selulosa propionat

| Volume membran yang diterapkan | Pengukuran ketebalan elektroda + membran (mm) | | Ketebalan rata-rata (mm) | Ketebalan Membran (μm) |
|--------------------------------|---|-------|--------------------------|-------------------------------------|
| | pertama | Kedua | | |
| 2,5 μL | 0,280 | 0,291 | 0,2855 | 56 |
| 5,0 μL | 0,301 | 0,300 | 0,3005 | 71 |
| 7,5 μL | 0,316 | 0,315 | 0,3155 | 86 |
| 10 μL | 0,333 | 0,328 | 0,3305 | 101 |
| 12,5 μL | 0,341 | 0,350 | 0,3455 | 116 |
| 15 μL | 0,359 | 0,360 | 0,3595 | 130 |

C.2 Pengaruh Ketebalan Membran terhadap Kinerja Sensor Fenol

C.2.1 Data Potensial Sel Ketebalan Membran 56 μm

Tabel C.2 Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 56 μm

| Konsentrasi (M) | Potensial sel (mV) | | | | | Rata-rata |
|--------------------|--------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Elektroda 1 | dan 2 | Ulangan 3 | ulangan 4 | ulangan 5 | |
| 10^{-1} | -175 | -178 | -178 | -160 | -171 | -171 |
| 10^{-2} | -140 | -133 | -133 | -90 | -121 | -121 |
| 10^{-3} | -130 | -109 | -109 | -65 | -101 | -101 |
| 10^{-4} | -109 | -69 | -69 | -46 | -75 | -75 |
| 10^{-5} | -103 | -64 | -64 | -44 | -70 | -70 |
| 10^{-6} | -90 | -34 | -34 | -7 | -44 | -44 |
| 10^{-7} | -76 | -29 | -29 | -5 | -37 | -37 |
| 10^{-8} | -41 | -18 | -18 | 8 | -17 | -17 |
| Nernst (mV/dekade) | 16 | 19 | 19 | 16 | 17 | 17 |



C.2.2 Data Potensial Sel Ketebalan Membran 71 μm

Tabel C.3 Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 71 μm

| Konsentrasi (M) | Potensial sel (mV) | | | |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------|------|
| | Elektroda 1 dan 2 | | rata-rata | |
| | Ulangan 3 | ulangan 4 | ulangan 5 | |
| 10 ⁻¹ | -153 | -158 | -146 | -152 |
| 10 ⁻² | -116 | -99 | -73 | -96 |
| 10 ⁻³ | -113 | -86 | -60 | -86 |
| 10 ⁻⁴ | -1107 | -73 | -44 | -75 |
| 10 ⁻⁵ | -100 | -51 | -39 | -63 |
| 10 ⁻⁶ | -86 | -20 | -6 | -37 |
| 10 ⁻⁷ | -71 | -18 | 2 | -29 |
| 10 ⁻⁸ | -50 | -10 | 11 | -16 |
| Nernst (mV/dekade) | 11 | 16 | 15 | 14 |

C.2.3 Data Potensial Sel Ketebalan Membran 86 μm

Tabel C.4 Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 86 μm

| Konsentrasi (M) | Potensial sel (mV) | | Rata-rata |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | Elektroda 1 dan 2 | | |
| | Ulangan 3 | Ulangan 4 | |
| 10 ⁻¹ | -164 | -172 | -168 |
| 10 ⁻² | -128 | -124 | -126 |
| 10 ⁻³ | -119 | -106 | -113 |
| 10 ⁻⁴ | -112 | -84 | -98 |
| 10 ⁻⁵ | -105 | -83 | -94 |
| 10 ⁻⁶ | -91 | -50 | -71 |
| 10 ⁻⁷ | -76 | -47 | -61 |
| 10 ⁻⁸ | -48 | -31 | -39 |
| Nernst (mV/dekade) | 12 | 15 | 14 |



C.2.4 Data Potensial Sel Ketebalan Membran 101 μm

Tabel C.5 Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 101 μm

| Konsentrasi (M) | potensial sel (mV) | | | Rata-rata |
|--------------------|--------------------|----------|----------|-----------|
| | elektroda 1 dan 2 | Ulangan3 | ulangan4 | |
| 10^{-1} | -165 | -165 | -153 | -161 |
| 10^{-2} | -147 | -120 | -84 | -117 |
| 10^{-3} | -139 | -111 | -66 | -105 |
| 10^{-4} | -132 | -100 | -47 | -93 |
| 10^{-5} | -131 | -89 | -41 | -87 |
| 10^{-6} | -116 | -55 | -2 | -57 |
| 10^{-7} | -100 | -50 | 1 | -50 |
| 10^{-8} | -77 | -33 | 16 | -31 |
| Nernst (mV/dekade) | 11 | 15 | 17 | 14 |

C.2.5 Data Potensial Sel Ketebalan Membran 116 μm

Tabel C.6 Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 116 μm

| Konsentrasi (M) | Potensial sel (mV) | | Rata-rata |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | Elektroda 1 dan 2 | Ulangan 4 | |
| 10^{-1} | -157 | -152 | -154 |
| 10^{-2} | -117 | -108 | -112 |
| 10^{-3} | -112 | -104 | -108 |
| 10^{-4} | -106 | -89 | -98 |
| 10^{-5} | -102 | -88 | -95 |
| 10^{-6} | -77 | -54 | -65 |
| 10^{-7} | -73 | -49 | -61 |
| 10^{-8} | -66 | -39 | -53 |
| Nernst (mV/dekade) | 9 | 13 | 11 |



C.2.6 Data Potensial Sel Ketebalan Membran 130 µm

Tabel C.7 Data Potensial Sel Rata-Rata pada Ketebalan Membran 130 µm

| Konsentrasi (M) | Potensial sel (mV) | | Rata-rata |
|-----------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | Elektroda 1 dan 2 | | |
| | Ulangan 3 | Ulangan 4 | |
| 10^{-1} | -156 | -149 | -153 |
| 10^{-2} | -138 | -103 | -121 |
| 10^{-3} | -129 | -97 | -113 |
| 10^{-4} | -126 | -90 | -108 |
| 10^{-5} | -119 | -83 | -101 |
| 10^{-6} | -106 | -57 | -82 |
| 10^{-7} | -98 | -45 | -72 |
| 10^{-8} | -85 | -28 | -57 |
| Nernst (mV/dekade) | 9 | 13 | 11 |

C.3 Karakterisasi Sensor Fenol

Tabel C.8 Data potensial sel karakterisasi sensor fenol

| Waktu (detik) | Konsentrasi (M) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|-------------|
| | 10^{-1} | 3.10^{-2} | 10^{-2} | 3.10^{-3} | 10^{-3} | 3.10^{-4} | 10^{-4} | 3.10^{-5} | 10^{-5} | 3.10^{-6} | 10^{-6} | 310^{-7} | 10^{-7} | 3.10^{-8} |
| 10 | -220 | -204 | -195 | -183 | -165 | -153 | -148 | -134 | -119 | -109 | -98 | -74 | -61 | -23 |
| 20 | -221 | -206 | -196 | -184 | -167 | -154 | -149 | -135 | -120 | -110 | -99 | -75 | -62 | -26 |
| 30 | -222 | -207 | -196 | -184 | -167 | -154 | -149 | -135 | -120 | -110 | -99 | -75 | -63 | -28 |
| 40 | -222 | -207 | -196 | -184 | -167 | -154 | -149 | -136 | -120 | -110 | -99 | -76 | -63 | -30 |
| 50 | -222 | -208 | -195 | -184 | -168 | -154 | -149 | -136 | -120 | -110 | -99 | -76 | -63 | -32 |
| 60 | -222 | -208 | -195 | -184 | -168 | -154 | -149 | -136 | -119 | -110 | -99 | -76 | -64 | -34 |
| 70 | -222 | -208 | -195 | -184 | -168 | -154 | -149 | -136 | -119 | -110 | -100 | -76 | -64 | -35 |
| 80 | -222 | -208 | -195 | -184 | -168 | -154 | -149 | -136 | -119 | -110 | -100 | -76 | -64 | -37 |
| 90 | -222 | -208 | -194 | -184 | -168 | -154 | -150 | -137 | -119 | -110 | -100 | -77 | -65 | -38 |
| 100 | -222 | -208 | -194 | -184 | -168 | -153 | -150 | -137 | -119 | -110 | -100 | -77 | -65 | -39 |
| 110 | -222 | -208 | -194 | -184 | -168 | -153 | -150 | -137 | -119 | -110 | -100 | -77 | -65 | -40 |
| 120 | -222 | -209 | -194 | -184 | -168 | -153 | -150 | -137 | -119 | -110 | -100 | -77 | -66 | -41 |
| 130 | -222 | -209 | -194 | -184 | -168 | -153 | -150 | -137 | -119 | -110 | -100 | -78 | -66 | -42 |
| 140 | -222 | -209 | -194 | -184 | -168 | -153 | -150 | -137 | -119 | -110 | -100 | -78 | -66 | -43 |
| 150 | -222 | -209 | -194 | -185 | -168 | -153 | -150 | -137 | -119 | -111 | -100 | -78 | -67 | -44 |