

**PENGARUH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)  
TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)  
NITRAT TIPE KAWAT TERLAPIS UNTUK PENENTUAN  
NITRAT PADA AIR SUMUR**

**SKRIPSI**

oleh:  
**LUTFIANA NOVITA**  
**0410923026-92**



**JURUSAN KIMIA**

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

**MALANG**

**2009**

**PENGARUH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)  
TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)  
NITRAT TIPE KAWAT TERLAPIS UNTUK PENENTUAN  
NITRAT PADA AIR SUMUR**

**SKRIPSI**

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

**oleh:**

**LUTFIANA NOVITA**

**0410923026-92**



**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2009**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)  
TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)  
NITRAT TIPE KAWAT TERLAPIS UNTUK PENENTUAN  
NITRAT PADA AIR SUMUR**

**oleh:**

**LUTFIANA NOVITA**

0410923026-92

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. Atikah, Apt., M.Si.,  
NIP. 131 573 958

Ir. Adam Wiryawan, MS  
NIP. 131 413 446

Mengetahui  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Sasangka Prasetyawan, MS  
NIP. 131 653 134

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lutfiana Novita  
NIM : 0410923026-92  
Jurusan : Kimia  
Penulisan skripsi berjudul :

**PENGARUH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)  
TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)  
NITRAT TIPE KAWAT TERLAPIS UNTUK PENENTUAN  
NITRAT PADA AIR SUMUR**

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 skripsi 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 2009  
Yang menyatakan,

(Lutfiana Novita)  
NIM. 0410923026-92

**PENGARUH *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS)  
TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)  
NITRAT TIPE KAWAT TERLAPIS UNTUK PENENTUAN  
NITRAT PADA AIR SUMUR**

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap kinerja elektroda selektif ion (ESI) nitrat tipe kawat terlapis bermembran : bahan aktif Aliquat 336 nitrat berpendukung polivinil klorida (PVC) dan *plasticizer* dibutilftalat (DBP) dalam pelarut tetrahidrofuran (THF). ESI terdiri dari membran, badan elektroda, konduktor elektronik Ag/AgCl yang terbuat dari kawat Ag yang dibuat secara elektrolisis dalam KCl  $10^{-2}$  M dengan variasi waktu 1, 2 dan 3 menit. Variasi penambahan SDS yang ditambahkan dalam komposisi membran adalah (%  $\frac{b}{b}$ ) 0,25%, 0,5% dan 1%. Karakteristik dasar ESI-nitrat yang diuji: faktor Nernst, kisaran konsentrasi, limit deteksi, waktu respon, usia pemakaian, dan koefisien selektifitas terhadap ion  $Cl^{-}$  dan  $SO_4^{-}$  dengan metode larutan terpisah. ESI ini diaplikasikan pada penentuan nitrat dalam air sumur. Hasil penelitian menunjukkan penambahan SDS (%  $\frac{b}{b}$ ) 1% dan penggunaan konduktor elektronik Ag/AgCl dengan waktu elektrolisis 1menit menghasilkan ESI yang Nernstian. Penambahan SDS juga dapat meningkatkan sensitifitas, meningkatkan rentang konsentrasi pengukuran, menurunkan limit deteksi, tidak mempengaruhi waktu respon, memperlama usia pemakaian, meningkatkan selektifitas terhadap ion  $Cl^{-}$  dan  $SO_4^{-}$ . ESI dapat digunakan untuk penentuan nitrat dalam air sumur pada konsentrasi rata-rata ( $0,119 \pm 0,01$ ) ppm memberikan %akurasi sebesar 98,3% dan %presisi sebesar 91,6%.

# **THE INFLUENCE OF SODIUM DODECYL SULFATE (SDS) TO THE PERFORMANCE OF COATED WIRE NITRATE ION SELECTIVE ELECTRODE (ISE) FOR DETERMINATION NITRATE IN WELL WATER**

## **ABSTRACT**

The aim of this research is to determine the influence of Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) to the performance of the Coated Wire Nitrate Ion Selective Electrode (ISE): using aliquat 336 nitrate as active material, supported material of polyvinyl Chloride (PVC) and plasticizer of dibutylphthalate (DBP) in tetrahydrofuran (THF) solvent. ISE consist of membrane, electrode body, conductor of electronic of Ag/AgCl which was made from Ag wire electrolyzed in  $10^{-2}$  M KCl in time variation of electrolysis 1, 2, 3 minutes. Variation of SDS adding which was added in membran composition were ( $\% \text{ } ^b/_b$ ) 0.25%, 0.5% and 1%. Basic characteristic of ISE nitrate examined : Nernst factor, concentration range, limit of detection, response time, life time and selectivity coefficient to Sulfate Ion and Chloride Ion by using method of separated solution. This ISE applicated in determination of nitrate in water well. This experiment result showed that the use of SDS 1% and electronic conductor Ag/AgCl in electrolysis 1 minute result nernstian ISE. The adding of SDS can also increase the sensitivity and the range of concentration measurement, reduce limit detection, did not influence to time respon, lengthen the life time, increase the selectivity of Sulfate Ion and Chloride Ion. ISE can be used for determination of nitrate in well water at concentration ( $0.119 \pm 0.01$ ) ppm which gives %accuracy 98.3% and %presition 91.6%.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmatNya sehingga penulisan Tugas Akhir sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di bidang Kimia ini dapat diselesaikan dengan baik. Penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis ucapkan pada:

1. Dr. Atikah, Apt, M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah sabar memberi arahan dan bimbingan dalam pelaksanaan skripsi ini.
2. Ir. Adam Wiryawan, MS selaku dosen pembimbing II dan pembimbing akademik yang telah memberi semangat, motivasi, dukungan serta masukan kepada penulis selama masa studi.
3. Darjito, S.Si, MSi, Drs. Budi Kamulyan, M.Sc, Dr. Sasangka P, MS, Dr. Soebiantoro, Apt. MSc selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan saran dalam perbaikan skripsi ini.
4. Dr. Sasangka Prasetyawan, MS selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Brawijaya.
5. Suami dan keluarga yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, semangat dan kasih sayang pada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman kimia angkatan 2004, para staf, karyawan dan laboran kimia, serta semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, maka sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Atas bantuan yang telah dan akan diberikan, penulis mengucapkan banyak terima kasih. Akhir kata, penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 .Latar Belakang .....	1
1.2 .Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 .Tujuan .....	4
1.5 .Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Elektroda Selektif Ion .....	5
2.2. Prinsip Pengukuran Pada ESI .....	5
2.3. ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis .....	8
2.3.1. Badan Elektroda.....	8
2.3.2. Konduktor Elektronik .....	9
2.3.3. Kabel Koaksial RG-58.....	9
2.3.4. Komponen Membran.....	9
2.3.4.1. Bahan Aktif .....	9
2.3.4.2. Bahan Pendukung.....	9
2.3.4.3. Dibutilftalat.....	10
2.3.4.4. Tetrahidrofuran .....	10
2.3.4.5. <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS).....	10
2.3.5. Optimasi waktu perendaman.....	11
2.4. karakteristik ESI nitrat tipe kawat terlapis.....	11
2.5. Aplikasi ESI Nitrat untuk Penentuan Nitrat dalam Sampel Air Sumur.....	15
2.6. Nitrat.....	15
2.7. Hipotesis .....	16

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.2.1. Alat Penelitian .....	17
3.2.2. Bahan Penelitian .....	17
3.2.3. Metode Penelitian .....	18
3.3. Cara Kerja.....	18
3.3.1. Preparasi Larutan .....	18
3.3.2. Pembuatan Elektroda .....	19
3.3.2.1. Elektrolisis Kawat Ag .....	19
3.3.2.2. Pembuatan Badan Elektroda .....	19
3.3.2.3. Pembuatan Membran .....	19
3.3.2.4. Pembuatan ESI- Nitrat Tipe Kawat Terlapis....	20
3.3.2.5. Optimasi Waktu Perendaman.....	21
3.3.2.6. Pengukuran Potensial ESI.....	21
3.3.3. Karakteristik Dasar ESI Tipe Kawat Terlapis .....	21
3.3.3.1. Faktor Nernst dan Kisaran Konsentrasi .....	22
3.3.3.2. Batas Deteksi Pengukuran.....	22
3.3.3.3. Waktu Respon .....	22
3.3.3.4. Usia Pemakaian .....	23
3.3.3.5. Koefisien Selektifitas .....	23
3.3.4. Penerapan ESI nitrat tipe kawat terlapis untuk penentuan kadar nitrat dalam sampel air sumur ....	23
3.3.5. Analisa Hasil.....	24

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pengaruh Variasi Waktu Elektrolisis Kawat Ag/AgCl Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis .....	25
4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi SDS Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis .....	27
4.3 Optimasi Waktu Perendaman.....	30
4.4 Karakterisasi Dasar ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis .....	31
4.5 Penerapan ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis Untuk Penentuan Kadar Nitrat Dalam Sampel Air Sumur .....	40

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 43  
5.2 Saran ..... 43

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 44

**LAMPIRAN** ..... 48

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR GAMBAR

Halaman

<b>Gambar 2.1</b>	Skema Pertukaran Ion Pada Antarmuka Membran–Larutan Analit .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Rangkaian Alat.....	7
<b>Gambar 2.3</b>	Skema Pengukuran Menggunakan ESI Tipe Kawat Terlapis.....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Struktur <i>Sodium Dedocyl Sulfate</i> (SDS) .....	10
<b>Gambar 2.5</b>	Grafik Penentuan Batas Deteksi .....	12
<b>Gambar 2.6</b>	Kurva Baku Penentuan Kadar Nitrat .....	15
<b>Gambar 2.7</b>	Struktur Nitrat .....	15
<b>Gambar 3.1</b>	Menunjukkan konstruksi ESI nitrat tipe kawat terlapis yang terdiri dari : (1) Kawat Ag/AgCl yang terlapis oleh membran, (2) Badan elektroda dan (3) kabel koaksial RG 58, yang digunakan sebagai penghubung ke alat potensiometer.....	20
<b>Gambar 3.2</b>	Konstruksi Pengukuran Potensial .....	21
<b>Gambar 4.1</b>	Pengaruh Variasi Waktu Elektrolisis Kawat Ag/AgCl Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis.....	25
<b>Gambar 4.2</b>	Pengaruh Variasi Konsentrasi SDS Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis.....	27
<b>Gambar 4.3</b>	Kurva Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Faktor Nernst .....	30
<b>Gambar 4.4</b>	Kurva E (Mv) Terhadap – Log [NO <sub>3</sub> -] Untuk Penentuan Kisaran Konsentrasi Dan Batas Deteksi ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis Batasan Masalah .....	33
<b>Gambar 4.5</b>	Hubungan Waktu Respon dengan konsentrasi [NO <sub>3</sub> -] .....	36
<b>Gambar 4.6</b>	Kurva Hubungan Faktor Nernst Terhadap Waktu (hari) .....	37
<b>Gambar 4.7</b>	Kurva Baku Pengukuran Nitrat Secara Potensiometri.....	40

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 4.1</b> Potensial ESI nitrat menggunakan konduktor elektronik Ag/AgCl dengan waktu elektrolisis 1 menit .....	26
<b>Tabel 4.2</b> Potensial ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis .....	32
<b>Tabel 4.3</b> Perubahan $E^0$ ESI Nitrat tipe kawat terlapis Selama 7 hari .....	34
<b>Tabel 4.4</b> Hubungan Faktor Nernst Terhadap waktu respon .....	36
<b>Tabel 4.5</b> Hubungan Faktor Nernst Terhadap Waktu (Hari) .	37
<b>Tabel 4.6</b> Pengaruh Ion Asing Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis .....	39
<b>Tabel 4.7</b> Hasil pengukuran nitrat pada Sampel Buatan .....	41
<b>Tabel 4.8</b> Hasil pengukuran nitrat pada Sampel Air Sumur Daerah Klayatan Malang Dengan Menggunakan ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1	Diagram Penelitian .....	48
Lampiran 2	Prosedur Kerja .....	49
Lampiran 3	Perhitungan .....	57
Lampiran 4	Data Penelitian .....	64

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Keberadaan nitrat di alam menunjukkan terjadinya pencemaran senyawa nitrat dilingkungan (air, tanah dan udara). Pencemaran nitrat ini dapat disebabkan karena limbah industri, siklus nitrogen atau penggunaan pupuk yang mengandung nitrogen secara berlebihan (Wahyudi, 2008). Mikroba mampu menguraikan nitrogen organik menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit. Nitrit dapat dengan mudah dioksidasi menjadi nitrat. Senyawa yang mengandung nitrat di dalam tanah biasanya larut dalam air dan dengan mudah bermigrasi menjadi air bawah tanah. Apabila air bawah tanah ini dikonsumsi oleh manusia maka senyawa nitrat dapat masuk ke dalam tubuh dan mengalami proses metabolisme tubuh. Masuknya nitrat dengan konsentrasi tinggi dapat membahayakan tubuh karena dapat menyebabkan methaemoglobinemia pada bayi. Penyakit tersebut dipicu oleh terbentuknya nitrosomoglobin akibat reaksi antara NO dengan hemoglobin (Qian, *et al.*, 2001).

Konsentrasi nitrat maksimum dalam air sumur menurut Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 yang diperbolehkan adalah 10 mg/L (anonymous, 1990). Dampak keracunan yang ditimbulkan oleh nitrat, menuntut adanya perhatian yang lebih terhadap keberadaan nitrat dilingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir dikembangkan metode elektroda selektif ion (ESI). Kelebihan dari metode ini adalah selektifitas, sensitifitas, keakuratan dan ketepatannya yang relatif tinggi. ESI tipe kawat terlapis merupakan salah satu bagian dari metode elektroda selektif ion. ESI tipe kawat terlapis memiliki ukuran relatif kecil sehingga mudah digunakan untuk analisis lapang (Dastjerdi, *et al.*, 2004).

Pada penelitian sebelumnya Ikawati, 2008 telah dikembangkan ESI tipe kawat terlapis menggunakan konduktor elektronik Pt untuk memonitoring ion nitrat dalam air minum sudah menunjukkan kerja yang baik. Komposisi membran dibuat dengan perbandingan (<sup>b</sup>/<sub>b</sub>) aliat 336-nitrat, PVC, dan DBP adalah 4 : 36 : 60 telah menghasilkan ESI yang Nernstian dengan faktor Nernst 59,1 mV/dekade konsentrasi dengan rentang konsentrasi 10<sup>-1</sup>-10<sup>-5</sup> M, limit deteksinya 10<sup>-5</sup> M atau setara dengan 0,62 ppm, waktu responnya 45

detik dan usia pemakaiannya 45 hari (Ikawati, 2008). Tetapi ESI ini memiliki kelemahan yaitu harga  $E^0$  nya sering berubah-ubah. Perubahan ini disebabkan tidak terdapatnya sistem pembanding dalam yang biasanya digunakan dalam ESI tipe tabung. Sehingga sering kali terjadi perubahan  $E^0$  karena adanya kontak langsung konduktor elektronik Pt dengan permukaan membran karena adanya transfer air melewati membran (Atikah, 1994).

Ahadun, 2008 telah mengembangkan ESI nitrat tipe kawat berlapis menggunakan konduktor elektronik Ag/AgCl. Alasan pertama dipilihnya Ag/AgCl karena kawat Ag harganya murah dan menghasilkan potensial yang lebih konstan. Alasan kedua untuk mencoba menggantikan sistem pembanding dalam yang biasanya digunakan dalam ESI tipe tabung sehingga nantinya dapat mengatasi kekurangan ESI buatan Ikawati. ESI ini menghasilkan faktor Nernst 57,5 mV/dekade konsentrasi dengan rentang konsentrasi  $10^{-1}$ - $10^{-4}$  M, harga  $E^0$  nya relatif stabil dibanding ESI yang dibuat oleh Ikawati, 2008. Sedangkan waktu responnya 45 detik dan masih bisa digunakan hingga usia 40 hari (Ahadun, 2008). Akan tetapi limit deteksi ESI ini belum terlalu rendah. Konsentrasi terendah analit yang dapat diukur oleh ESI ini adalah sebesar  $1,26 \cdot 10^{-5}$  M atau setara dengan 78 ppm. Hal ini disebabkan karena adanya kation-kation yang mengganggu dalam larutan sampel yang menghalangi pendeteksian terhadap larutan dengan konsentrasi rendah. Ion-ion pengganggu seperti  $Ag^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$  yang biasa berada bersama-sama Nitrat dalam air sumur.

Kelemahan pada ESI yang telah dibuat oleh Ahadun, 2008 coba diatasi dengan penambahan SDS. Pada penelitian ini akan ditambah *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) pada komposisi bahan pembuatan membran sebanyak (%<sup>b/b</sup>) 0,25%, 0,5% dan 1%. SDS ditambahkan pada komposisi membran karena senyawa ini memiliki rantai yang panjang, berat molekul yang besar dan memiliki gugus utama hidrofobik. SDS ini memiliki gugus ionik bersedudukan tetap pada struktur membran, menyebabkan membran mempunyai muatan tetap negatif. Gugus ini memiliki kemampuan berikatan secara selektif dengan ion bermuatan positif. Selain itu SDS merupakan surfaktan anionik yang mudah diperoleh.

Penambahan SDS ini diharapkan mampu menghilangkan pengaruh kation-kation yang mempengaruhi harga potensial pada saat pengukuran. Pengukuran potensial anion dalam larutan analit

yang semakin rendah konsentrasinya maka potensial yang terukur akan semakin tinggi. Turunnya potensial pada konsentrasi anion yang rendah diduga karena ESI merespon kation, karena apabila jumlah kation dalam larutan semakin rendah maka akan menghasilkan potensial yang semakin rendah. Gangguan kation dalam larutan analit berupa penurunan nilai potensial inilah yang dicoba diatasi dengan menambahkan SDS. Pemilihan SDS ini dikarenakan SDS merupakan surfaktan anionik yang memiliki rantai yang panjang dan memiliki gugus utama negatif sehingga gugus negatif dari SDS inilah yang nantinya menjadi pegikat kation. Sehingga adanya SDS dalam membran diharapkan dapat mengikat kation dalam larutan analit yang keberadaannya mengganggu pengukuran potensial. ESI ini diharapkan nantinya akan didapatkan karakter ESI nitrat yang memiliki batas deteksi yang lebih rendah dibanding ESI nitrat yang tidak menggunakan SDS. ESI yang telah dibuat nantinya diharapkan menjadi metode alternatif penentuan kadar nitrat dalam air sumur yang cocok untuk analisis di lapangan dengan konstruksi yang sederhana, cepat dan murah.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana pengaruh waktu elektrolisis Ag/AgCl terhadap kinerja ESI nitrat tipe kawat terlapis?
- b. Bagaimana pengaruh penambahan SDS terhadap kinerja ESI nitrat tipe kawat terlapis?
- c. Bagaimana aplikasi ESI nitrat tipe kawat terlapis untuk digunakan untuk mendeteksi adanya nitrat dalam air sumur?

## 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

- a. Komponen bahan membran yang digunakan memiliki komposisi alikuat 336-nitrat : PVC : DBP (%<sup>b/v</sup>) = 4 : 36 : 60 yang dilarutkan dalam pelarut THF (%<sup>b/v</sup>) = 1 : 3.
- b. Variasi penambahan SDS yang ditambahkan dalam komposisi membran sebesar 0,25%, 0,5% dan 1% dengan mengurangi jumlah DBP dalam membran.
- c. Konduktor elektronik yang digunakan adalah kawat Ag yang dilapisi garam klorida dengan variasi waktu elektrolisis 1, 2, dan 3 menit.

- d. Kalium Nitrat ( $\text{KNO}_3$ ) yang digunakan dalam pengukuran adalah :  $1.10^{-12} - 1.10^{-1}$  M.
- e. Karakteristik dasar ESI-nitrat yang diuji: faktor Nernst dan kisaran konsentrasi, limit deteksi, waktu respon, usia pemakaian, dan koefisien selektivitas terhadap ion sulfat dan klorida menggunakan metode larutan terpisah.
- f. Sampel yang digunakan adalah air sumur di daerah Klayatan, Malang yang diduga mengandung nitrat.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh elektrolisis Ag/AgCl sebagai konduktor elektronik terhadap kinerja ESI.
- b. Mengetahui pengaruh penambahan SDS terhadap kinerja ESI.
- c. Mengaplikasikan ESI yang telah dibuat untuk mendeteksi adanya nitrat dalam air sumur.

#### 1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat diperoleh ESI nitrat tipe kawat terlapis yang memiliki karakterisasi dasar ESI yang optimum untuk pengukuran analisa kimia yang sensitif, sederhana, cepat, dan murah sehingga dapat dimanfaatkan untuk penentuan kadar nitrat secara langsung dalam sampel air sumur.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Elektroda Selektif Ion (ESI)

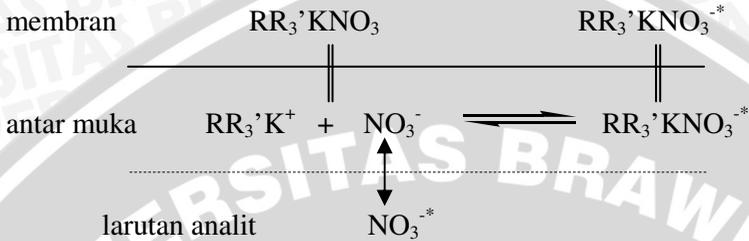
ESI adalah suatu sel paro elektrokimia yang menggunakan membran sebagai sensor. Potensialnya merespon secara selektif aktivitas ion tertentu dalam larutan yang diukur. Membran ESI merespon ion tertentu secara selektif dengan bagian luarnya mengadakan kontak dengan larutan analit. Sedangkan bagian dalamnya mengadakan kontak dengan elektroda pembanding. Karena ESI menggunakan membran sebagai sensor maka membran merupakan bagian terpenting dari ESI. Membran merupakan lapisan tipis bersifat semipermeabel yang memisahkan dua fasa dengan permeabilitas yang terkontrol (Williard, *et al.*, 1988; Anonymous<sup>b</sup>, 2008).

### 2.2 Prinsip Pengukuran Pada ESI

Elektroda selektif ion bekerja menggunakan prinsip dasar dari sel galvani. Perbedaan potensial disekitar membran merupakan beda potensial pada antarmuka membran-larutan. Potensial membran adalah potensial listrik yang timbul pada antarmuka membran yang memisahkan 2 larutan elektrolit (Lakshminarayanaiah, 1976).

Saat digunakan dalam pengukuran, sisi luar dari membran ESI mengadakan kontak dengan larutan yang mengandung ion yang dianalisis dan bagian dalamnya kontak dengan larutan yang mempunyai aktifitas ion tetap yang mengadakan kontak dengan elektroda pembanding yang sesuai (Laitenan dan Harris, 1975). Pada sisi-sisi luar membran yang bersentuhan langsung dengan larutan, bahan aktif membran ( $MX$ ) akan mengalami disosiasi menjadi ion-ion bebas ( $M^+$  dan  $X^-$ ) pada antarmuka membran – larutan. Hal ini menyebabkan permukaan membran bermuatan positif sehingga anion-anion dari ion yang sejenis ( $X^-$ ) dari larutan bermigrasi menuju permukaan membran. Ion-ion ( $X^-$ ) tersebut saling menggantikan posisinya untuk berikatan dengan gugus tetap membran ( $M^+$ ). Reaksi pertukaran ion dengan ion bebas pada sisi aktif membran ini akan berlangsung terus menerus hingga mencapai kesetimbangan elektrokimia. Kesetimbangan ini akan menghasilkan beda potensial pada antarmuka membran – larutan (Bailey, 1976).

Reaksinya pertukaran ion pada antarmuka membran – larutan analit dinyatakan pada skema Gambar 2.1:



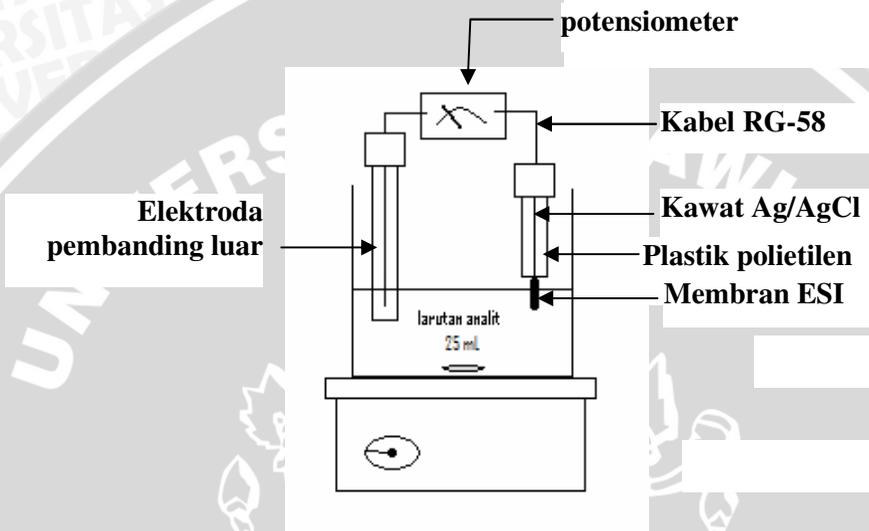
**Gambar 2.1** Skema Pertukaran Ion Pada Antarmuka Membran–Larutan Analit

Gambaran elektrokimia dari membran ESI nitrat yang dibuat merupakan membran permselektif, yang dalam komponen bahan pendukungnya terdapat gugus ionik bermuatan positif (kation metiltrioctilamoniumkuarterner) sehingga memungkinkan reaksi pertukaran ion secara selektif dengan ion nitrat larutan yang bermuatan berlawanan dengan muatan membran, membentuk pasangan ion pada konsentrasi tertentu. Rentang konsentrasi ini menunjukkan rentang pengukuran, dimana konsentrasi terkecilnya merupakan konsentrasi limit deteksi pengukuran. Potensial listrik yang timbul pada antarmuka membran ESI nitrat dengan larutan analit karena adanya reaksi pertukaran ion antara ion nitrat larutan analit dengan ion nitrat dalam struktur membran yang khas dan fenomena difusi ion – ion di dalam membran. Hal ini menyebabkan ESI bersifat selektif dan spesifik, meskipun membran ini kadang-kadang memberikan respon juga terhadap ion lain selain yang disensornya (Cattrall and Chin-Poh, 1975).

Elektroda pembanding luar merupakan elektroda yang sudah diketahui harga potensialnya secara pasti. Elektroda pembanding meliputi elektroda hidrogen standar, elektroda kalomel, dan elektroda Ag/AgCl. Elektroda hidrogen standar terdiri dari logam platina yang dicelupkan kedalam suatu larutan yang mengandung ion  $H^+$  dan dialiri gas hidrogen pada tekanan 1 atm. Elektroda kalomel terdiri dari setetes raksa yang bersentuhan dengan larutan KCl dan dijenuhkan terhadap kalomel ( $Hg_2Cl_2$ ). Elektroda Ag/AgCl terdiri

dari kawat perak yang dicelupkan kedalam larutan KCl. Elektroda Ag/AgCl merupakan elektroda yang paling sering digunakan daripada elektroda pembanding lainnya (Day dan Underwood, 2002).

Rangkaian alat pada saat pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2.2 (Brian, 1997) :



**Gambar 2.2** Rangkaian Alat

ESI tipe kawat terlapis tersusun dari kawat Ag/AgCl sebagai konduktor elektronik yang dilapisi membran selektif ion. Jika Elektroda pembanding luar adalah kalomel maka potensial kalomel =  $E_{pemb}$ , potensial antar muka membran dengan analit =  $E_{M(ekst)}$ , potensial antarmuka kawat Ag/AgCl dengan permukaan membran =  $E_{M(int)}$ , dan potensial ESI yang terukur adalah jumlah dari semua potensial yang timbul dalam sistem maka persamaan yang diperoleh adalah (Pranitis, *et al.*, 1992):

$$E = E_{katoda} - E_{anoda} \quad (2.6)$$

$$E = E_{ESI} - E_{pembanding} \quad (2.7)$$

$$E = (E_{M(ekst)} + E_{M(int)}) - E_{pembanding} \quad (2.8)$$

(2.9)

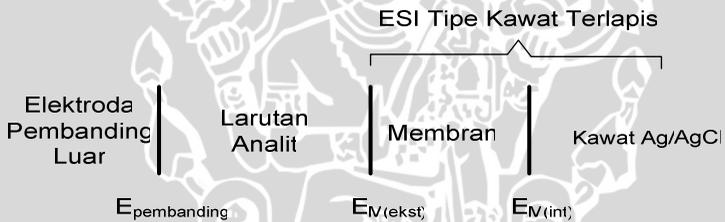
$E_{\text{pembanding}}$  dan  $E_{M(\text{int})}$  diasumsikan mempunyai harga yang tetap, sehingga harga potensial sel yang terukur adalah  $E_{M(\text{ekst})}$  yang ditunjukkan dengan persamaan Nernst (2.9) sebagai berikut:

$$E_{M(\text{ekst})} = E^0 - \frac{2,303RT}{nF} \log a_{\text{NO}_3}$$

Dengan harga R adalah tetapan gas ( $8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ), T adalah temperatur suhu ruang ( $25^\circ\text{C}$  atau  $298 \text{ K}$ ), F adalah tetapan Faraday ( $96485 \text{ C mol}^{-1}$ ) dan  $a_{\text{NO}_3^-}$  = aktifitas ion nitrat dan muatan dari  $\text{NO}_3^-$  adalah 1, maka persamaan (2.9) dituliskan sebagai (Pranitis, *et al.*, 1992) :

$$E = E^0 - 59,2 \log a_{\text{NO}_3^-} \quad (2.10)$$

Skema sel pengukuran menggunakan ESI tipe kawat terlapis ditunjukkan oleh Gambar 2.3 (Pranitis, *et al.*, 1992) :



**Gambar 2.3** Skema Pengukuran Menggunakan ESI Tipe Kawat Terlapis

### 2.3 ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

ESI nitrat tipe kawat terlapis tersusun dari beberapa komponen antara lain : badan elektroda, konduktor elektronik yang berupa kawat Ag/AgCl, membran cair dengan bahan pendukung polimer dan kabel koaksial RG-58.

#### 2.3.1 Badan Elektroda

Badan elektroda ESI nitrat tipe kawat terlapis yang dipergunakan adalah plastik polietilen. Plastik polietilen bersifat inert dan isolator yang baik sehingga tidak terjadi kontak langsung dengan

larutan analit yang dapat menimbulkan kesalahan pembacaan potensial (Lakshminarayanaiah, 1976).

### **2.3.2 Konduktor Elektronik**

Membran dilapiskan pada konduktor elektronik Ag/AgCl. Konduktor elektronik yang digunakan adalah kawat perak yang telah dielektrolisis dengan lapisan tipis garam klorida dari larutan KCl  $1.10^{-2}$  (Lakshminarayanaiah, 1976).

### **2.3.3 Kabel Koaksial RG-58**

Kabel koaksial RG-58 digunakan sebagai penghubung elektronik ke alat potensiometer. Penggunaan kabel koaksial RG-58 dimaksudkan untuk menghilangkan gangguan listrik pada rangkaian listrik pada rangkaian listrik potensiometer (Lakshminarayanaiah, 1976).

### **2.3.4 Komponen Membran**

#### **2.3.4.1 Bahan Aktif**

Bahan aktif yang digunakan pada membran adalah Aliquat 336-Cl (metil ammonium trioktil klorida) yang merupakan garam ammonium kuarterner yang tidak larut dalam air dan berantai panjang. Aliquat-336 tersusun dari sejumlah kation organik yang digabung dengan ion klorida,  $[R_3-N^+ - CH_3] Cl^-$ . Karena struktur ammonium yang mempunyai muatan positif (+) sehingga dapat membentuk garam dengan anion lain, misalnya anion  $NO_3^-$  (Lakshminarayanaiah, 1976). Struktur Aliquat 336-Cl yang memiliki rantai panjang sehingga memungkinkan terjadinya transpor anion secara selektif menembus antar muka larutan analit dengan membran (Cognis, 2008).

#### **2.3.4.2 Bahan Pendukung**

Bahan pendukung membran yang sering digunakan adalah Polivinil klorida (PVC) karena bersifat kaku, kuat dan inert. PVC mempunyai temperatur transisi gelas ( $T_g$ ) relatif tinggi yaitu  $81^\circ C$  sehingga diperlukan penambahan *plasticizer* yang berfungsi untuk menurunkan  $T_g$  dan menghasilkan membran yang lentur. (Sax dan Lewis, 1987; Vesely, *et al.*, 1978).

### 2.3.4.3 Dibutilftalat (DBP)

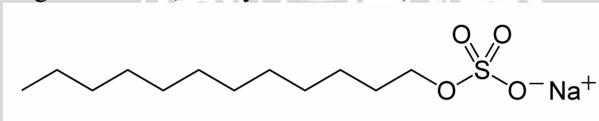
DBP digunakan sebagai pelarut yang berfungsi sebagai *Plasticizer*. Dipilihnya DPB karena memiliki sifat yang tidak larut dalam analit, tidak mudah menguap, dan dapat menurunkan temperatur transisi gelas ( $T_g$ ) membran sehingga menghasilkan membran yang lentur. DBP merupakan senyawa ester hidrofobik. DBP secara fisik akan bercampur dengan bahan pendukung polimer dan bahan aktif membran. Hal ini dikarenakan DBP memiliki harga parameter kelarutan yang hampir sama dengan parameter kelarutan bahan aktif alikuat 336 dan bahan pendukung PVC (Thomas, 1986).

### 2.3.4.4 Tetrahidrofuran (THF)

Pelarut untuk bahan aktif dipilih berdasarkan jenis dari bahan aktif dan dapat digabungkan dengan komponen membran lainnya. Bahan pelarut yang digunakan harus mempunyai viskositas yang tinggi dan tekanan uap yang rendah seperti tetrahidrofuran (THF) (Vesely, *et al.*, 1978; Sax dan Lewis, 1987).

### 2.3.4.5 Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)

Tambahan bahan pada komposisi membran yang digunakan untuk menghilangkan pengaruh kation yang mempengaruhi harga potensial pada saat pengukuran adalah *sodium dodecyl sulfate* (SDS). SDS memiliki rumus molekul  $\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$  berat molekulnya  $288.38 \text{ g mol}^{-1}$ . SDS yang merupakan surfaktan anionik. Struktur SDS yang memiliki bagian aktif permukaan bermuatan negatif adalah sebagai berikut (Anonymous<sup>c</sup>, 2008) :



**Gambar 2.4** Struktur *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)

Penambahan SDS ini diharapkan mampu menghilangkan pengaruh kation-kation yang mempengaruhi harga potensial pada saat pengukuran. Pengukuran potensial anion dalam larutan analit yang semakin rendah konsentrasinya maka potensial yang terukur akan semakin tinggi. Turunnya potensial pada konsentrasi anion yang rendah diduga karena ESI merespon kation, karena apabila

jumlah kation dalam larutan semakin rendah maka akan menghasilkan potensial yang semakin rendah.

Gangguan kation dalam larutan analit berupa penurunan nilai potensial inilah yang coba diatasi dengan menambahkan SDS. SDS merupakan surfaktan anionik yang memiliki rantai yang panjang dan memiliki gugus utama negatif. Sehingga adanya SDS dalam membran diharapkan dapat mengikat kation pengganggu dalam larutan analit yang keberadaannya mengganggu pengukuran potensial. Sehingga akan didapatkan karakter ESI nitrat yang memiliki batas deteksi yang lebih rendah dibanding ESI nitrat yang tidak menggunakan SDS.

### **2.3.5 Optimasi Waktu Perendaman**

Waktu prakondisi dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu optimum untuk memprakondisi ESI agar diperoleh respon potensial yang stabil. Prakondisi dilakukan dengan cara merendam ESI pada larutan ion yang disensornya (Rundle, 2003).

## **2.4 Karakteristik ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis**

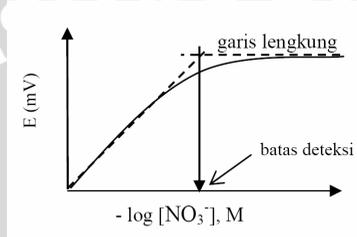
Karakteristik ESI ditunjukkan oleh beberapa parameter antara lain: Faktor Nernst, kisaran konsentrasi, batas deteksi, waktu respon, usia pemakaian, dan selektifitas. Parameter tersebut menunjukkan kualitas ESI dan layak tidaknya ESI digunakan sebagai alat pengukuran.

### **2.4.1 Faktor Nernst dan Kisaran Konsentrasi**

Faktor Nernst menunjukkan kepekaan dari suatu elektroda terhadap ion tertentu pada daerah konsentrasi pengukuran. Faktor Nernst dapat diperoleh dengan membuat kurva hubungan antara potensial sel ( $E_{sel}$ ) terhadap  $-\log [NO_3^-]$ . Harga faktor Nernst secara teoritis berdasarkan pada persamaan Nernst adalah 59,2 mV/dekade konsentrasi untuk anion monovalen. ESI masih dapat digunakan jika harga tersebut mempunyai kedapat ulangan (*reproduksibilitas*) yang cukup baik (Atikah, 1994). Kisaran konsentrasi linier suatu ESI dinyatakan sebagai batas konsentrasi dari kurva E (mV) terhadap  $-\log [NO_3^-]$  yang masih memberikan garis lurus sehingga masih memenuhi persamaan Nernst (Wroblewski, 2005).

## 2.4.2 Batas Deteksi

Batas deteksi pengukuran merupakan batas konsentrasi terendah dari respon Nernstian ESI yang diperoleh dari perpotongan garis singgung fungsi garis lurus dengan garis melengkung dari kurva hubungan antara  $E(\text{mV})$  terhadap  $-\log [\text{NO}_3^-]$ . Selanjutnya perpotongan kedua garis singgung tersebut diekstrapolasikan pada absis (sumbu x) sehingga dapat diketahui konsentrasi batas deteksi dari ESI (Evan, 1991).



**Gambar 2.5** Grafik Penentuan Batas Deteksi

## 2.4.3 Waktu Respon

Waktu respon dari suatu ESI adalah waktu yang dibutuhkan suatu elektroda mencapai potensial dengan nilai konstan. Makin cepat elektroda memberi respon potensial yang konstan maka makin baik kinerja dari elektroda tersebut. Waktu respon dipengaruhi oleh konsentrasi analit. Jika pengukuran dilakukan pada konsentrasi kecil ke konsentrasi besar, maka waktu respon akan lebih cepat (Evan, 1991).

## 2.4.4 Usia Pemakaian

Usia pemakaian suatu ESI menunjukkan berapa lama elektroda tersebut masih mampu digunakan untuk pengukuran, artinya ESI tersebut masih mempunyai karakteristik hampir sama dengan pada saat ESI tersebut dinyatakan baik. Usia pemakaian ditentukan dengan mengukur faktor Nernst ESI pada selang waktu tertentu, apabila faktor Nernst telah menyimpang jauh dari harga teoritisnya  $59,2 \pm 10\%$  ( $65,12 - 53,28$ ) maka ESI tersebut dinyatakan tidak layak digunakan untuk pengukuran tetapi apabila ESI masih menghasilkan koefisien regresi mendekati 1 maka ESI tersebut masih bisa digunakan karena masih menghasilkan garis yang linier (Atikah, 1994).

## 2.4.5 Koefisien Selektifitas

Selektifitas merupakan kemampuan Elektrode Selektif Ion untuk membedakan antara ion yang berbeda dalam larutan yang sama. Koefisien selektifitas  $K_{A,B}^{pot}$  didefinisikan sebagai ukuran selektifitas dari elektrode untuk ion utama, A (ion yang ditentukan) dengan adanya ion pengganggu, B (Bailey,1976). Jika  $K_{A,B}^{pot} > 1$  maka ESI lebih merespon secara selektif terhadap ion pengganggu B dari pada ion utama A. Pada umumnya  $K_{A,B}^{pot} < 1$  yang berarti bahwa ESI lebih merespon secara selektif ion utama A daripada ion pengganggu B (Umezawa, *et al.*, 2000).

Derajat selektifitas dari elektrode untuk ion utama, A dan ion pengganggu, B dapat digambarkan oleh koefisien selektifitas berdasarkan persamaan Nicolskii-Eisemann (Bailey,1976) :

$$E_2 = E^0 - 2,303 \frac{RT}{nF} \log(a_A + K_{A,B} a_B^{n/z}) \quad (2.9)$$

Ada dua metode untuk menentukan harga koefisien selektifitas yaitu metode larutan terpisah dan metode larutan tercampur. Pada metode larutan terpisah, potensial elektrode diukur dalam larutan yang mengandung ion utama A tanpa adanya ion pengganggu B dan kemudian diukur dalam larutan yang mengandung ion pengganggu B tanpa adanya ion utama A. Sedangkan pada metode larutan tercampur, potensial elektrode diukur dalam larutan yang mengandung aktivitas ion pengganggu, B ( $a_B$ ) tetap dan aktivitas ion utama, A ( $a_A$ ) bervariasi. Pada penelitian ini koefisien selektifitas ditentukan dengan metode larutan tercampur dengan mengukur potensial elektrode larutan yang mengandung aktivitas ion utama tertentu ( $E_1$ ) kemudian potensial elektrode larutan yang mengandung aktivitas ion utama A ( $a_A$ ) dan aktivitas ion pengganggu ( $a_B$ ) ( $E_2$ ). Pada masing-masing pengukuran diperoleh persamaan sebagai berikut (Bailey, 1976; Umezawa, *et al.*, 2000):

$$E_1 = E^0 - 2,303 \frac{RT}{nF} \log a_A \quad (2.15)$$

$$E_2 = E^0 - 2,303 \frac{RT}{nF} \log(a_A + K_{A,B} a_B^{n/z}) \quad (2.16)$$

dengan mengurangkan  $E_1$  ke  $E_2$  maka akan diperoleh persamaan :

$$E_2 - E_1 = -2,303 \frac{RT}{nF} \log \left( \frac{a_A + K_{A,B}^{pot} a_B^{n/z}}{a_A} \right) \quad (2.17)$$

dengan memasukkan harga tetapan gas ideal ( $R$ ) = 8,314 JK<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>, tetapan Faraday ( $F$ ) = 96.485Cmol<sup>-1</sup>, temperatur ( $T$ ) = 298 °K dan muatan ( $n$ ) PbCl<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 2, maka diperoleh harga :

$$E_2 - E_1 = -0,0296 \log \left( \frac{a_A + K_{A,B}^{pot} a_B^{n/z}}{a_A} \right) \quad (2.18)$$

$$K_{A,B}^{pot} = \frac{10^{\left( \frac{E_2 - E_1}{-0,0296} \right)} a_A - a_A}{a_B^{n/z}} \quad (2.19)$$

sehingga koefisien selektifitas untuk ion nitrat terhadap ion pengganggu X<sup>-</sup> dalam larutan dapat ditulis sebagai berikut :

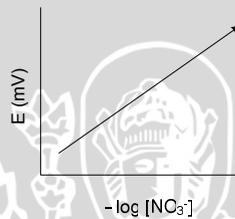
$$K_{NO_3^-, X^-}^{pot} = \frac{10^{\left( \frac{E_2 - E_1}{-0,0296} \right)} a_{PbCl_4^{2-}} - a_{PbCl_4^{2-}}}{a_{X^-}^{n/z}} \quad (2.20)$$

Pada penelitian ini akan dihitung koefisien selektifitasnya menggunakan metode larutan terpisah. Elektroda bermembran selektif anion yang bekerjanya didasarkan pada reaksi pertukaran ion, maka selektifitasnya sesuai dengan urutan dalam deret *Hoffmeister* sebagai : ClO<sub>4</sub><sup>-</sup> > SCN<sup>-</sup> > I<sup>-</sup> ≈ C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(OH)COO<sup>-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Br<sup>-</sup> > NO<sub>2</sub><sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Selektifitas membrannya dikontrol oleh energi bebas hidrasi dari ion-ion yang terdapat dalam larutan dan membran (Huang, *et al.*, 2004).

Besarnya pengaruh ion asing terhadap ion nitrat dinyatakan dalam  $K_{A,B}^{pot}$ . Jika  $K_{A,B}^{pot} > 1$  maka ESI nitrat lebih merespon secara selektif terhadap ion asing daripada ion nitrat. Hal ini terjadi karena konsentrasi ion nitrat rendah sehingga membran akan bermuatan positif, akibatnya ESI nitrat lebih merespon anion lain untuk menetralkan muatannya. Pada umumnya, ESI menunjukkan selektifitas menurut urutan sesuai dengan deret Hofmeister, yaitu lebih selektif terhadap anion lebih hidrofobik.

## 2.5 Aplikasi ESI Nitrat untuk Penentuan Nitrat dalam Sampel Air Sumur

Penentuan nitrat dalam air sumur secara potensiometri menggunakan ESI nitrat dilakukan dengan metode kurva baku. Penentuan nitrat menggunakan metode kurva baku dilakukan dengan mengukur potensial dari sederet larutan sampel yang termasuk dalam rentang konsentrasi Nernstianya. Nilai potensial yang dihasilkan dari masing-masing konsentrasi dapat dibuat grafik hubungan  $E$  (mV) terhadap  $-\log [\text{NO}_3^-]$ . Grafik ini dapat digunakan sebagai kurva baku larutan standar yang seperti pada Gambar 2.6 :

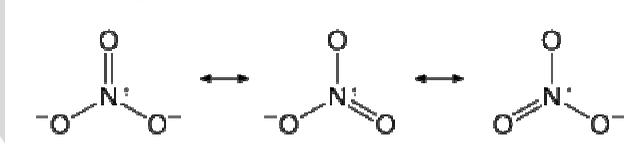


**Gambar 2.6** Kurva Baku Penentuan Kadar Nitrat

Larutan sampel yang akan ditentukan kandungan nitratnya juga diukur nilai potensialnya, kemudian diplotkan pada kurva baku tersebut. Dengan demikian, kandungan nitrat dalam larutan sampel dapat diketahui (Skoog, *et al.*, 1983). Untuk menguji validitas ESI yang telah dibuat dilakukan penentuan kadar nitrat pada sampel buatan yang telah diketahui konsentrasinya.

## 2.6 Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )

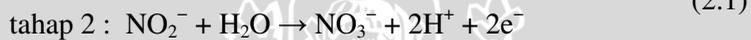
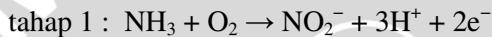
Nitrat adalah anion poliatom yang memiliki rumus empiris  $\text{NO}_3^-$  yang memiliki berat molekul 62,0049. Nitrat terdiri dari satu atom pusat N yang dikelilingi oleh tiga atom oksigen dalam susunan geometri trigonal planar. Struktur Nitrat (Anonymous<sup>b</sup>, 2008) :



**Gambar 2.7** Struktur Nitrat

Nitrat merupakan bagian dari siklus nitrogen di alam yang sifatnya larut dalam air pada tekanan dan suhu standar. Nitrat dihasilkan dari proses nitrifikasi, yang merupakan proses oksidasi biologi dari ammonia dengan oksigen menjadi nitrit yang dilanjutkan dengan oksidasi nitrit menjadi nitrat. Nitrifikasi melibatkan bakteri nitrifikasi yang merupakan bakteri aerob. Reaksi oksidasi ammonia menjadi nitrit terjadi dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat melibatkan bakteri *Nitrobacter*.

Reaksi yang terjadi dalam proses nitrifikasi dapat dituliskan 2 tahap sebagai berikut (Bockman dan Granli, 1991) :



Pencemaran oleh pupuk nitrogen dapat meningkatkan kadar nitrat di dalam air. Senyawa yang mengandung nitrat di dalam tanah biasanya larut dan dengan mudah bermigrasi dengan air bawah tanah. Pada daerah dimana pupuk nitrogen secara luas digunakan, sumur-sumur perumahan yang ada disana hampir pasti tercemar oleh nitrat. Pada daerah pertanian, pupuk nitrogen merupakan sumber utama pencemaran terhadap air bawah tanah yang digunakan sebagai air minum. Tingginya kadar nitrat pada air minum terutama yang berasal dari sungai atau sumur di dekat pertanian juga sering menjadi sumber keracunan nitrat terbesar (Wahyudi, 2008).

## 2.7 Hipotesis

1. Waktu elektrolisis Ag/AgCl yang digunakan sebagai konduktor elektronik dapat mempengaruhi kinerja ESI
2. Penambahan SDS dapat menghilangkan pengaruh kation dan meningkatkan kehidrofobisitasan membran sehingga menghasilkan karakter dasar ESI-nitrat tipe kawat terlapis yang baik.
3. Metoda ESI-nitrat tipe kawat terlapis dapat mendeteksi adanya nitrat dalam air sumur secara langsung.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang, dimulai dari Maret sampai dengan Juni 2008.

#### **3.2 Alat Dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah: potensiometer merek Scott Gerate Model CG 820, elektroda pembanding luar kalomel, gelas beker berbagai ukuran, gelas arloji, pipet tetes, labu ukur, corong gelas, corong pisah, piper ukur, pipet volume, sentrifuge, statif, kertas lilin, pengaduk magnetik (stirer), pemanas listrik merek Ikamag RH Janke & Kunkel Ika Labortechnik, neraca analitik merek Adventurer Model AR 2130, oven, desikator, botol semprot, botol sampel, sendok takar, bola hisap, stopwatch, jangka sorong, baterai 1,5 Volt, Voltmeter dan spektrofotometer UV-Vis.

##### **3.2.2 Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan adalah Aliquat 336-klorida (metiltrioktilamonium klorida) (Sigma) sebagai bahan aktif membran, Sodium dodecyl sulfate (SDS) (Sigma), dibutilftalat (DBP) (Sigma), polivinilklorida (PVC) (Sigma), pelarut tetrahidrofuran (THF) (E-Merck), phenol sulfat (Sigma), kawat perak (panjang 10 cm; diameter 0,1 mm dan diameter 0,5 mm), plastik polietilen (PE) (Teknis), kabel koaksial RG-58, KNO<sub>3</sub> (AnalaR), larutan AgNO<sub>3</sub> (Sigma), kalium klorida (KCl) (Sigma), larutan HNO<sub>3</sub> 65% (Sigma), alkohol 96 % (Sigma), amonium sulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>), Natrium klorida (NaCl), akuades. Semua bahan tersebut mempunyai kualitas kemurnian pro analisis, kecuali jika disebutkan lain.

### 3.2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengukur beda potensial antara ESI nitrat tipe kawat terlapis dengan elektroda pembanding kalomel berdasarkan prinsip potensiometri. Evaluasi terhadap karakterisasi sifat dasar ESI-nitrat tipe kawat terlapis didasarkan pada harga faktor Nernst. Adapun tahapan penelitian adalah:

1. Preparasi
  - Pembuatan larutan aliquat 336-nitrat
  - Pembuatan larutan induk  $\text{KNO}_3$
2. Pembuatan Elektrode
  - Elektrolisis kawat  $\text{Ag}/\text{AgCl}$
  - Pembuatan badan elektrode
  - Pembuatan membran
  - Pembuatan ESI nitrat tipe kawat terlapis
3. Karakterisasi Sifat Dasar ESI nitrat Tipe Kawat Terlapis
  - Optimasi waktu perendaman
  - Faktor nernst dan kisaran konsentrasi linier
  - Batas deteksi pengukuran
  - waktu respon
  - Usia Pemakaian
  - Koefisien Selektifitas
4. Penerapan ESI nitrat tipe kawat terlapis untuk penentuan kadar nitrat dalam Sampel air sumur.

### 3.3 Cara Kerja

#### 3.3.1 Preparasi Larutan

##### 3.3.1.1 Pembuatan Larutan Aliquat 336-Nitrat

Metode pembuatan larutan Aliquat 336-nitrat (metiltrioktilamonium nitrat) sebagai bahan aktif membran dilakukan dengan memipet 15 mL Aliquat 336-klorida, dimasukkan ke dalam corong pisah 50 mL, ditambah 10 mL larutan kalium nitrat 1 M dan diekstraksi selama sepuluh menit. Ekstraksi dilakukan hingga 6-7 kali hingga diperoleh fasa air terakhir tidak mengandung ion klorida (dicek dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  0,1 M), selanjutnya fasa air dipisahkan dari fasa organik dengan mensentrifugasi fasa organik beberapa kali agar fasa organik yang masih tersisa dalam fasa air terakhir dapat diperoleh kembali. Larutan Aliquat 336-nitrat yang diperoleh, kemudian disimpan dalam wadah yang tertutup rapat.

### 3.3.1.2 Pembuatan Larutan Induk $\text{KNO}_3$

Larutan induk nitrat ( $\text{KNO}_3$  1 M) dibuat dari padatan nitrat yang dikeringkan terlebih dahulu selama 2 jam dalam oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  dan didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Ditimbang  $\text{KNO}_3$  sebanyak 10,11 gram kemudian dilarutkan dengan  $\pm 10$  mL akuades dalam gelas kimia dan diaduk hingga larut. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL secara kuantitatif, diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan dengan konsentrasi yang lebih kecil diperoleh dari pengenceran larutan induk.

### 3.3.2 Pembuatan Elektroda

#### 3.3.2.1 Elektrolisis Kawat Ag

Kawat Ag diameter 0,5 mm dengan panjang 10 cm sebanyak dua buah diampelas, dicuci dengan  $\text{HNO}_3$ , akuades, dan alkohol 96 %. Kawat Ag yang akan dilapisi dicelupkan ke dalam  $\text{KCl}$   $1.10^{-2}$  M dan dihubungkan pada terminal positif baterai 1,5 Volt yang sudah dihubungkan dengan voltmeter. Kawat Ag yang satunya dicelup ke dalam larutan  $\text{KCl}$   $1.10^{-2}$  M dan dihubungkan ke terminal negatif baterai. Proses pelapisan dilakukan dengan cara menghubungkan dan memutuskan kontak dengan baterai (1,5 Volt) dengan variasi waktu 1, 2 dan 3 menit.

#### 3.3.2.2 Pembuatan Badan Elektroda

Badan elektroda dibuat dari kawat Ag/AgCl sepanjang 3 cm. panjang yang dilapisi membran sekitar 1 cm. Sedangkan bagian yang tidak terlapisi membran dihubungkan pada kawat tembaga yang kemudian disambungkan dengan kabel koaksial RG 58.

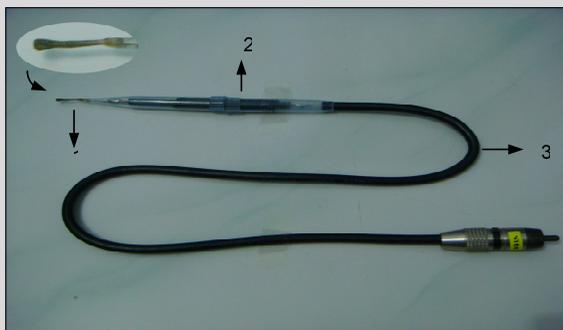
#### 3.3.2.3 Pembuatan Membran

Metode pembuatan membran diawali dengan penimbangan bahan aktif aliquid-336-nitrat, PVC dan *plasticizer* DBP dan SDS. Pada penelitian sebelumnya telah diketahui komposisi optimal membran yaitu aliquid nitrat : PVC : DBP ( $\text{g/g}$ ) yaitu 4 : 36 : 60. variasi 1 dilakukan dengan penambahan SDS sebanyak 1% dari 100% jumlah total membran. Untuk variasi 2 dan 3 dilakukan penambahan SDS sebanyak 0,5% dan 0,25%.

Campuran ini dilarutkan dalam THF dengan perbandingan (%<sup>b/v</sup>) 1:3 dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 30-60 menit sampai diperoleh larutan homogen dengan viskositas tertentu yang apabila dilapiskan pada kawat Ag/AgCl akan memberikan ketebalan 0,1-0,2 mm. Ketebalan ini diukur menggunakan jangka sorong.

### 3.3.2.4 Pembuatan ESI- Nitrat Tipe Kawat Terlapis

Konstruksi ESI Nitrat tipe kawat terlapis yang terdiri dari: badan elektroda yang terbuat dari plastik polietilen, membran dan kabel koaksial RG-58 sebagai penghubung ESI ke alat potensiometer yang diperoleh Gambar 3.1 dibawah ini :



**Gambar 3.1** Menunjukkan konstruksi ESI nitrat tipe kawat terlapis yang terdiri dari : (1) Kawat Ag/AgCl yang terlapis oleh membran, (2) Badan elektroda dan (3) kabel koaksial RG 58, yang digunakan sebagai penghubung ke alat potensiometer.

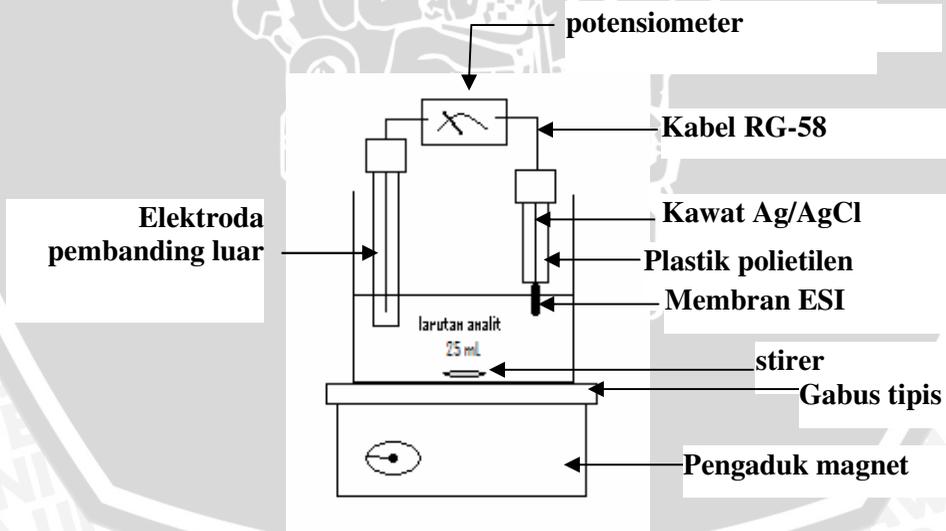
Selanjutnya membran dikeringkan di udara terbuka selama 30 menit yang dilanjutkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu 50 °C selama 12 jam. ESI didinginkan dan diprakondisikan dalam larutan KNO<sub>3</sub> 0,1 M selama 12 jam selain supaya ion Nitrat menempel secara menetap pada komponen membran juga untuk menghilangkan ion klorida yang masih tertinggal dalam membran (Camman, 1990; dalam Atikah, 2005). Potensial larutan ditentukan dengan menggunakan Elektroda kalomel sebagai elektroda pembanding luar.

### 3.3.2.5 Optimasi Waktu Perendaman

Pengukuran waktu perendaman dilakukan untuk mengetahui berapa waktu perendaman yang diperlukan oleh ESI agar didapatkan harga potensial yang menghasilkan faktor Nernst yang sesuai yaitu 59,2. Perendaman ESI (prakondisi) perlu dilakukan dikarenakan proses disosiasi bahan aktif membran membutuhkan adanya air dalam jumlah tertentu untuk mencapai kesetimbangan. Oleh karena itu ESI sebelum mulai digunakan direndam ujungnya (membran) dalam larutan  $\text{KNO}_3$   $1.10^{-1}$  M dengan variasi waktu perendaman 1, 3, 6, 12, dan 24 jam. Setelah itu diperlukan pengukuran potensial terhadap sederetan variasi konsentrasi larutan kalium nitrat.

### 3.3.2.6 Pengukuran Potensial ESI

Pengukuran potensial ESI dilakukan dengan menggunakan elektroda pembanding kalomel dengan volume larutan analit yang tetap (25 mL) dan diaduk dengan kecepatan pengadukan yang konstan dan pada suhu ruang ( $T = 25^{\circ}\text{C}$ ). Masing-masing pengukuran dilakukan sebanyak 3kali pengulangan pengukuran (Atikah, 2005). Konstruksi pengukuran menggunakan ESI nitrat tipe kawat terlapis seperti tersaji pada gambar 3.2:



Gambar 3.2 Konstruksi pengukuran potensial

### 3.3.3 Karakterisasi Dasar ESI Tipe Kawat Terlapis

#### 3.3.3.1 Faktor Nernst dan Kisaran Konsentrasi

Harga faktor Nernst ditentukan untuk mengetahui apakah suatu ESI mengikuti persamaan Nernst atau tidak. Cara penentuan harga faktor Nernst adalah dengan menyiapkan sederet variasi konsentrasi larutan kalium nitrat  $1.10^{-12} - 1.10^{-1}$  M yang diperoleh dengan pengenceran larutan baku induk, selanjutnya diukur harga potensialnya dengan potensiometer. Pembacaan potensial dilakukan saat alat potensiometer menunjukkan harga potensial yang tetap. Hasil pengukuran yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara E (mV) terhadap  $-\log[\text{NO}_3]$ . Grafik yang diperoleh merupakan garis lurus pada kisaran konsentrasi tertentu dengan kemiringan sebesar  $-2,303 \text{ RT/nF}$  atau  $59,2 \text{ mV/dekade}$  konsentrasi yang merupakan harga faktor Nernst. Kisaran konsentrasi linier ditunjukkan oleh garis lurus pada grafik E (mV) terhadap  $-\log [\text{NO}_3]$ .

#### 3.3.3.2 Batas Deteksi Pengukuran

Batas deteksi pengukuran dapat ditentukan dari grafik hasil penentuan harga faktor Nernst dan kisaran konsentrasi pada Gambar 4.4. Batas deteksi pengukuran ESI nitrat tipe kawat terlapis didapatkan dari perpotongan garis singgung pada fungsi garis lurus dengan garis melengkung dari kurva hubungan antara E (mV) terhadap  $-\log [\text{NO}_3]$ . Selanjutnya perpotongan kedua garis singgung tersebut diekstrapolasikan ke sumbu x, sehingga dari garis tersebut dapat diketahui konsentrasi batas deteksi dari ESI. Pada limit deteksi digunakan variasi konsentrasi larutan kalium nitrat  $1.10^{-12} - 1.10^{-1}$  M agar didapat limit deteksi pada konsentrasi paling rendah.

#### 3.3.3.3 Waktu Respon

Pengukuran waktu respon dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang diperlukan oleh ESI agar didapatkan harga potensial yang tetap terhadap waktu. Makin cepat waktu yang diperlukan untuk mencapai harga potensial yang tetap menunjukkan semakin baik kualitas ESI. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran potensial terhadap sederetan variasi konsentrasi larutan kalium nitrat  $1.10^{-8} - 1.10^{-1}$  M. Masing-masing konsentrasi diukur potensialnya tiap selang waktu 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, 180 detik.

### 3.3.3.4 Usia Pemakaian

Penentuan usia pemakaian ESI dilakukan untuk mengetahui berapa lama suatu ESI masih dapat digunakan untuk mengukur aktifitas ion nitrat. Hal ini dapat diketahui dengan menentukan seberapa jauh harga faktor Nernstnya menyimpang dari harga faktor Nernst teoritis yaitu 59,2 mV/dekade konsentrasi atau mendekati yaitu  $59,2 \pm 10\%$  (65,12 – 53,28) mV/dekade konsentrasi. Untuk keperluan ini dilakukan pengukuran potensial sederetan variasi konsentrasi larutan kalium nitrat  $1.10^{-8}$  –  $1.10^{-1}$  M, pada selang waktu 1- 60 hari.

### 3.3.3.5 Koefisien Selektifitas

Dilakukan pengukuran potensial larutan  $KNO_3$  yang sebagai Nitrat dengan konsentrasi  $1.10^{-6}$ -  $1.10^{-1}$  M. Kemudian dilakukan pengukuran menggunakan metode larutan terpisah. Ion yang digunakan sebagai ion pengganggu adalah  $SO_4^-$  dan  $Cl^-$ . Kedua ion tersebut diukur pada tempat yang terpisah dengan konsentrasi  $1.10^{-6}$ -  $1.10^{-1}$  M. Kemudian hasilnya dihitung untuk mengetahui tingkat selektifitas ESI yang telah dibuat.

### 3.3.4 Penerapan ESI nitrat tipe kawat terlapis untuk penentuan kadar nitrat dalam sampel air sumur

Penentuan kadar nitrat dalam sampel air sumur ditentukan dengan cara membuat kurva baku E (mV) terhadap  $-\log [NO_3^-]$  dari pengukuran potensial larutan kalium nitrat pada kisaran konsentrasi  $1.10^{-6}$ - $1.10^{-1}$  M.

Pengukuran potensial dari sampel air sumur dilakukan secara langsung. Air sumur yang digunakan adalah air sumur pada daerah Klayatan kota Malang yang diduga mengandung nitrat karena berada pada daerah persawahan. Disiapkan dalam tempat sampel sebanyak 25 mL. Sampel tersebut diukur potensialnya menggunakan ESI nitrat sebanyak 3kali pengulangan. Hasil potensial yang terukur diekstrapolasikan ke sumbu x dari kurva baku yang telah dibuat, sehingga dapat ditentukan kadar nitrat dalam sampel air sumur dengan satuan ppm. Untuk menguji validitas ESI yang telah dibuat dilakukan penentuan kadar nitrat pada sampel buatan yang telah diketahui konsentrasinya.

### 3.3.5 Analisa Data

Perhitungan uji akurasi dan uji presisi dapat ditetapkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Skoog, *et al.*, 1988) :

Persen kesalahan serta persen akurasi ditentukan menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut :

$$\% \text{kesalahan} = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\bar{x}_i} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\% \text{Akurasi} = 100\% - \% \text{kesalahan} \quad (3.2)$$

keterangan :

$x_i$  = nilai data sampel ke  $i$

$\bar{x}_i$  = rata-rata sampel yang diperoleh dari pengukuran

Persen koefisien variasi dan persen presisi ditentukan menggunakan persamaan 3.3 dan 3.4 sebagai berikut :

$$\% CV = \frac{SD - 100}{\bar{x}} \quad (3.3)$$

$$\% \text{Presisi} = 100\% - \% CV \quad (3.4)$$

keterangan :

CV = koefisien variasi

SD = Standar deviasi (simpangan baku)

$\bar{x}_i$  = rata-rata sampel yang diperoleh dari pengukuran

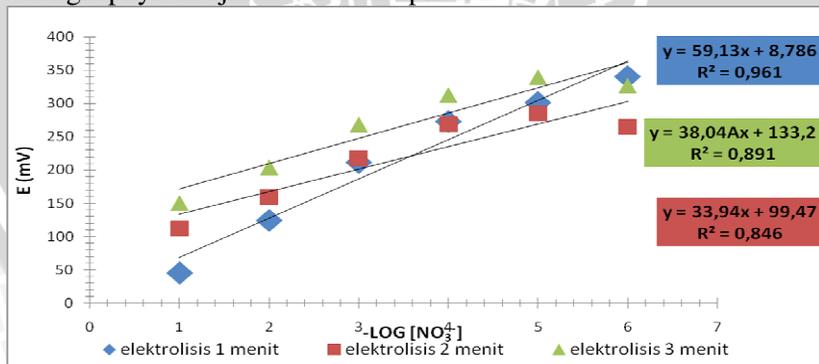
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan hasil percobaan yang dibagi dalam empat bagian. Bagian pertama merupakan hasil pembuatan ESI nitrat kawat terlapis menggunakan variasi elektrolisis kawat Ag/AgCl. Bagian kedua merupakan hasil optimasi membran menggunakan tambahan SDS. Bagian ketiga merupakan hasil karakterisasi sifat dasar ESI nitrat tipe kawat terlapis yang telah dibuat. Dan bagian terakhir merupakan penerapan ESI nitrat kawat terlapis untuk penentuan nitrat dalam air sumur

### 4.1 Pengaruh Variasi Waktu Elektrolisis Kawat Ag/AgCl Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

Pengaruh variasi waktu elektrolisis kawat Ag/AgCl terhadap kinerja ESI nitrat dapat diketahui dengan membuat 3 variasi waktu elektrolisis. Variasi 1 dilakukan elektrolisis selama 1 menit. Untuk variasi ke 2 dan ke 3 dilakukan elektrolisis selama 2 dan 3 menit. pada saat pengukuran variasi elektrolisis, membran yang digunakan adalah membran dengan komposisi SDS 1%. Hal ini dikarenakan penggunaan SDS 1% menghasilkan hasil yang paling optimal dibanding dengan komposisi yang lain.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa elektrolisis selama 1 menit memberikan hasil yang paling baik, dengan harga faktor Nernst yang mendekati harga teoritis. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 dibawah ini dan sedangkan data selengkapnya disajikan dalam lampiran L.4.1:



**Gambar 4.1** Pengaruh Variasi Waktu Elektrolisis Kawat Ag/AgCl Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

**Tabel 4.1** Potensial ESI nitrat menggunakan konduktor elektronik Ag/AgCl dengan waktu elektrolisis 1 menit

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ± SD
1	10 <sup>-8</sup>	8	377,0	361,0	346,0	361,3 ±15,5
2	10 <sup>-7</sup>	7	396,0	355,0	370,0	373,7 ±20,7
3	10 <sup>-6</sup>	6	348,0	341,0	332,0	340,3 ±8,0
4	10 <sup>-5</sup>	5	303,0	316,0	285,0	301,3 ±15,6
5	10 <sup>-4</sup>	4	274,0	275,0	269,0	272,7 ±3,2
6	10 <sup>-3</sup>	3	213,0	214,0	207,0	211,3 ±3,8
7	10 <sup>-2</sup>	2	140,0	116,0	116,0	124,0 ±13,9
8	10 <sup>-1</sup>	1	45,0	43,0	47,0	45,0 ±2,0
9	Faktor Nernst (S)					59,13
10	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)					8,78
11	Kisaran konsentrasi					10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-6</sup>

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kawat Ag/AgCl yang dielektrolisis selama 1 menit menghasilkan Faktor Nernst yang paling mendekati teoritis yaitu 59,13 mV/dekade konsentrasi dan memberikan harga E<sup>0</sup> yang paling kecil dibandingkan yang 2 dan 3 menit. Harga E<sup>0</sup> seharusnya bernilai 0, apabila nilainya >0 ini menunjukkan adanya kesalahan pada pengukuran dalam ESI. Semakin besar kesalahan pengukuran maka ESI yang dihasilkan jelek. Pada elektrolisis 1 menit harga E<sup>0</sup>nya hanya 8,78 sedangkan pada elektrolisis 2 dan 3 menit menghasilkan E<sup>0</sup> sebesar 99,47 dan 133,2.

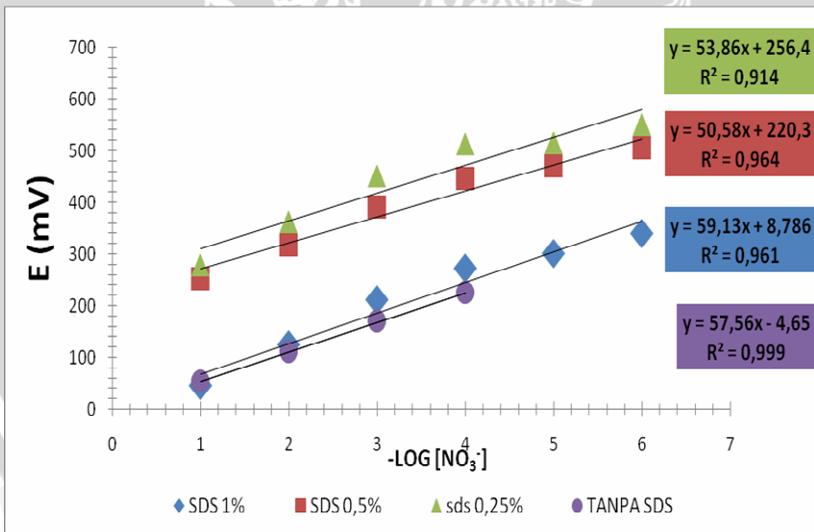
Dapat dilihat bahwa elektrolisis menunjukkan hasil paling optimum yaitu pada elektrolisis 1 menit dengan harga faktor Nernst 59,13 mV/dekade konsentrasi dan menghasilkan E<sup>0</sup> paling kecil. Jika dibandingkan dengan ESI yang menggunakan konduktor elektronik Pt yang telah dibuat oleh Ikawati menghasilkan faktor Nernst 59,1 mV/dekade konsentrasi dan harga E<sup>0</sup>nya 24,5. Sedangkan ESI yang telah dibuat oleh Ahadun menggunakan konduktor elektronik Ag/AgCl yang dielektrolisis selama 2 menit menghasilkan faktor Nernst 57,5 mV/dekade konsentrasi dan harga E<sup>0</sup>nya 11. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu elektrolisis maka kawat yang terlapis akan semakin tebal dan ketebalan ini mempengaruhi hambatan kawat. Semakin tebal kawat maka hambatannyapun akan

semakin besar. Semakin besar hambatan maka konduktivitasnya pun menjadi kecil. Konduktor elektronik yang baik adalah yang memiliki konduktivitas yang besar.

#### 4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi SDS Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

Setelah diketahui bahwa konduktor elektronik yang menghasilkan hasil paling optimal adalah Ag/AgCl dengan waktu elektrolisis 1menit maka dilakukan penelitian Pengaruh variasi konsentrasi SDS terhadap kinerja ESI nitrat. Untuk mengetahui Pengaruh variasi konsentrasi SDS terhadap kinerja ESI nitrat dibuat membran dengan penambahan SDS dengan 3 variasi. Variasi 1 dilakukan dengan penambahan SDS sebanyak 1% dari 100% jumlah total membran. Untuk variasi ke 2 dan ke 3 dilakukan penambahan SDS sebanyak 0,5% dan 0,25%.

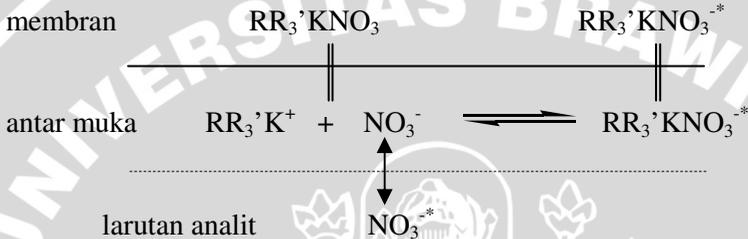
Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan SDS sebanyak 1% memberikan hasil yang paling baik, dengan harga faktor Nernst yang mendekati harga teoritis. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 4.2 dan Tabel 4.2 dibawah ini dan sedangkan data selengkapnya disajikan dalam lampiran L.4.2:



**Gambar 4.2** Pengaruh Variasi Konsentrasi SDS Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

Dapat dilihat bahwa elektrolisis menunjukkan hasil paling optimum yaitu pada penambahan SDS 1% dengan harga faktor Nernst 59,13 mV/dekade konsentrasi.

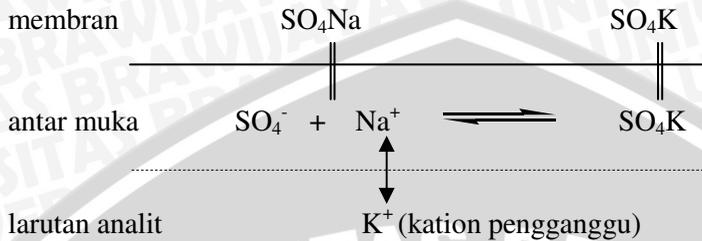
Jika ESI nitrat dicelupkan dalam larutan sampel, maka akan terjadi fenomena pertukaran ion nitrat dalam membran dengan ion nitrat dalam larutan yang ditunjukkan oleh reaksi (Bailey, 1976):



Reaksi pertukaran ion nitrat dalam membran dengan ion nitrat dalam larutan analit akan berlangsung terus menerus hingga mencapai kesetimbangan. Kesetimbangan ini akan menghasilkan beda potensial pada antarmuka membran-larutan.

Adanya ion-ion lain yang ada dalam air terutama kation dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam membran. Pada konsentrasi larutan  $\text{KNO}_3$  yang rendah maka makin kecil jumlah nitrat dalam larutan. Karena jumlah nitrat dalam larutan sedikit maka kemungkinan ESI ini merespon kation dalam larutan. Hal ini menyebabkan turunnya harga potensial pada konsentrasi larutan  $\text{KNO}_3$  yang rendah.

Dengan adanya SDS yang memiliki rantai panjang dan gugus aktif negatif maka ia akan berfungsi sebagai pengikat kation untuk kemudian dibawa keluar membran, yang menyebabkan terjadinya kesetimbangan kembali dalam membran. Pertukaran gugus negatif dari SDS dalam membran dengan kation dalam larutan yang ditunjukkan oleh reaksi sebagai berikut :



SDS merupakan surfaktan anionik yang memiliki rantai yang panjang dan memiliki gugus utama negatif sehingga gugus negatif dari SDS inilah yang nantinya menjadi pegikat kation. Sehingga adanya SDS dalam membran diharapkan dapat mengikat kation dalam larutan analit yang keberadaannya mengganggu pengukuran potensial. Karena struktur SDS yang mempunyai muatan negatif sehingga dapat membentuk garam dengan kation lain. Struktur SDS yang memiliki rantai panjang sehingga memungkinkan terjadinya transpor kation secara selektif menembus antar muka larutan analit dengan membran.

Pada penambahan SDS sebanyak 1% ke dalam larutan membran, dimungkinkan bahwa pada komposisi tersebut merupakan jumlah konsentrasi optimum membran yang diperlukan untuk mengikat kation-kation pengganggu yang ada bersama nitrat didalam larutan. Sehingga pada konsentrasi tersebut kation pengganggu terikat paling baik oleh SDS.

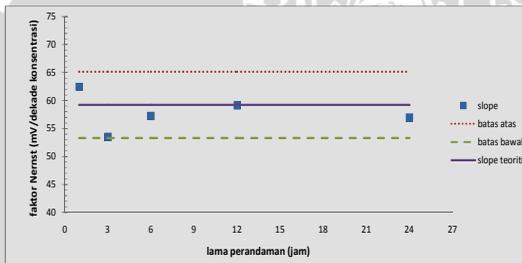
Sedangkan pada variasi penambahan SDS sebesar 0,5% dan 0,25% dimungkinkan SDS terlalu sedikit atau masih kurang, sehingga kation-kation pengganggu yang ada didalam larutan tidak dapat terikat secara sempurna.

Jika dibandingkan dengan penelitian Ahadun yang tanpa menggunakan SDS, dapat dinyatakan bahwa penggunaan SDS dalam komposisi membran dapat memberikan karakterisasi yang lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan SDS. ESI ini memiliki keunggulan yaitu kisaran konsentrasi linier lebih lebar yaitu  $10^{-1}$ - $10^{-6}$  M dibanding dengan yang tanpa SDS yang hanya  $10^{-1}$  -  $10^{-4}$  M dan limit deteksi lebih rendah yaitu sebesar  $6.10^{-7}$  M atau setara dengan 0,037 ppm dibanding dengan yang tanpa menggunakan SDS yang hanya  $1,26.10^{-5}$  M atau setara dengan 78 ppm sehingga ESI yang

telah dibuat ini sangat mungkin digunakan untuk pengukuran dalam dalam konsentrasi rendah.

### 4.3 Optimasi Waktu Perendaman

Sebelum digunakan dalam pengukuran, ESI nitrat yang telah dibuat menggunakan konduktor elektronik Ag/AgCl dengan waktu elektrolisis 1menit dan menggunakan SDS 1% (sub bab 4.2) perlu diprakondisi. Prakondisi dilakukan dengan cara merendam ujung ESI (membran) kedalam larutan yang mengandung ion nitrat. Hasil pengukuran potensial dari larutan  $\text{KNO}_3$  pada kisaran konsentrasi  $1.10^{-8}$  -  $1.10^{-1}$  M, dengan menggunakan ESI nitrat tipe kawat berlapis yang telah diprakondisi dalam larutan  $\text{KNO}_3$  0,1 M pada berbagai waktu disajikan pada Gambar 4.3 sedangkan data selengkapnya disajikan dalam Lampiran L.4.3 :



**Gambar 4.3** Kurva Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Faktor Nernst

Data Gambar 4.3 menunjukkan bahwa lama perendaman yang menghasilkan sifat *Nernstian* adalah 12 jam, karena dalam rentang waktu tersebut harga faktor Nernst ESI nitrat masih dalam rentang harga teoritis. Perendaman 1, 3, 6 dan 24 jam memberikan harga faktor nernst yang menyimpang dari harga teoritis.

Proses perendaman pada pertama kali sebelum digunakan, hal ini dikarenakan proses disosiasi bahan aktif membran membutuhkan adanya air dalam jumlah tertentu untuk mencapai kesetimbangan. Oleh sebab itu air yang dibutuhkan diperoleh dari proses perendaman. Setiap ESI memiliki waktu yang berbeda untuk mencapai kesetimbangan. Untuk ESI ini membutuhkan waktu selama

12 jam. Waktu perendaman yang terlalu singkat dapat menyebabkan bahan aktif membran belum mengalami proses disosiasi, maka reaksi pertukaran ion nitrat antara larutan dengan membran belum mencapai kesetimbangan, sehingga dihasilkan respon potensial yang tidak *Nernstian*. perendaman > 12 jam mengakibatkan jumlah air yang berdifusi kedalam membran terlalu banyak sehingga air menempati ruangan dalam membran dan menyebabkan membran tidak homogen (Bailey, 1976).

Disamping untuk menyediakan air untuk proses disosiasi, prakondisi juga bertujuan untuk menjenuhkan membran dengan ion yang disensornya. Untuk ESI nitrat ini akan mensensor ion nitrat sehingga diprakondisi dengan larutan  $\text{KNO}_3$  sehingga ESI ini semakin peka terhadap ion nitrat.

#### **4.4 Karakteristik Dasar ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis**

Karakteristik dasar ESI nitrat tipe kawat terlapis merupakan besaran-besaran karakteristik yang dimiliki oleh elektroda ini untuk mengetahui sejauh mana kinerja elektroda yang telah dibuat tersebut.

Karakteristik dasar ini ditunjukkan oleh beberapa parameter yaitu waktu perendaman, faktor Nernst dan kisaran konsentrasi linier, batas deteksi pengukuran, waktu respon, selektivitas dan usia pemakaian. Suatu ESI dikatakan memiliki kualitas ESI yang baik apabila harga faktor Nernst yang dihasilkan dari pengukuran mendekati harga teoritisnya yaitu  $59,2 \pm 10\%$  ( $65,12 - 53,28$ ) mV/dekade konsentrasi untuk ion monovalen. Kisaran konsentrasi liniernya cukup panjang, memiliki batas deteksi pengukuran yang rendah, waktu respon yang cepat dan tingkat selektivitas yang tinggi dan mempunyai usia pemakaian yang lama (Bailey, 1976).

##### **4.4.1 Faktor Nernst Dan Kisaran Konsentrasi Linier**

Secara teoritis, persamaan Nernst menyatakan hubungan linier antara  $-\log [\text{NO}_3^-]$  dengan potensial yang terukur. Namun, hubungan linier tersebut hanya dapat terpenuhi pada kisaran konsentrasi tertentu, tergantung pada faktor nernstnya. Harga faktor Nernst teoritis adalah 59,2 mV/dekade konsentrasi. Sedangkan kisaran konsentrasi linier suatu ESI nitrat dinyatakan sebagai batas konsentrasi dari kurva E (mV) terhadap  $-\log [\text{NO}_3^-]$  yang masih

memberikan garis lurus sehingga masih memenuhi persamaan Nernst.

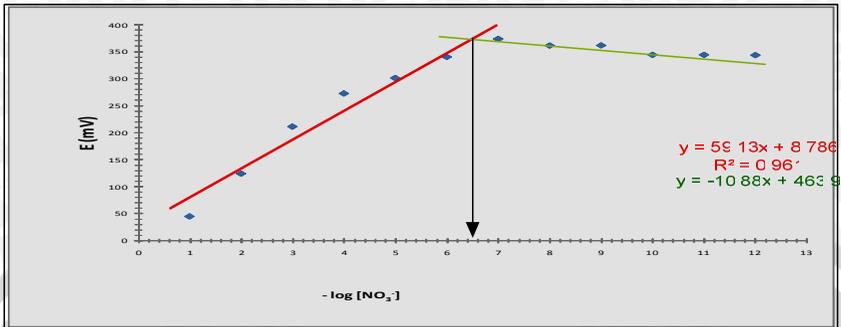
Penentuan harga faktor Nernst dan kisaran konsentrasi linier menggunakan ESI nitrat tipe kawat terlapis dengan pengukuran sebanyak 3 kali menghasilkan harga potensial yang dapat dilihat dari Tabel 4.2 :

**Tabel 4.2** Potensial ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

No	[NO <sub>3</sub> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ±S.D.
1	10 <sup>-12</sup>	12	342,0	345,0	344,0	343,7±1,5
2	10 <sup>-11</sup>	11	346,0	347,0	340,0	344,3±3,8
3	10 <sup>-10</sup>	10	342,0	344,0	346,0	344,0±2,0
4	10 <sup>-9</sup>	9	360,0	361,0	364,0	361,7±2,1
5	10 <sup>-8</sup>	8	377,0	361,0	346,0	361,3 ±15,5
6	10 <sup>-7</sup>	7	396,0	355,0	370,0	373,7 ±20,7
7	10 <sup>-6</sup>	6	348,0	341,0	332,0	340,3 ±8,0
8	10 <sup>-5</sup>	5	303,0	316,0	285,0	301,3 ±15,6
9	10 <sup>-4</sup>	4	274,0	275,0	269,0	272,7 ±3,2
10	10 <sup>-3</sup>	3	213,0	214,0	207,0	211,3 ±3,8
11	10 <sup>-2</sup>	2	140,0	116,0	116,0	124,0 ±13,9
12	10 <sup>-1</sup>	1	45,0	43,0	47,0	45,0 ±2,0
13	faktor Nernst		59	61,5	57	59,13±2,0
14	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)		14	2,4	9,9	8,8±5,3
15	kisaran konsentrasi		10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-6</sup>			
16	S.D. <sub>slope</sub>		2,01			
17	% S.D. <sub>slope</sub>		3,4			

Data Tabel 4.1 ditunjukkan bahwa harga faktor Nernst dari ESI nitrat yang dibuat adalah sebesar 59,1 mV/dekade. Hal ini berarti ESI nitrat yang dibuat bersifat *Nernstian* karena menghasilkan harga faktor Nernst yang berada dalam rentang harga teoritisnya.

Dari data penentuan potensial pada Tabel 4.2, dibuat kurva hubungan antara E (mV) terhadap - log [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] seperti pada Gambar 4.4 :



**Gambar 4.4** Kurva E (mV) Terhadap – Log [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] Untuk Penentuan Kisaran Konsentrasi Dan Batas Deteksi ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

Batas deteksi pengukuran menggunakan ESI nitrat tipe kawat terlapis diharapkan serendah mungkin agar dapat digunakan untuk penentuan nitrat dalam jumlah sekecil mungkin. Kurva pada Gambar 4.4 menunjukkan garis linier yang cukup panjang pada  $-\log [\text{NO}_3^-]$  pada konsentrasi nitrat  $1.10^{-6} - 1.10^{-1}$  M. Batas ketidak linieran konsentrasi nitrat yang terukur oleh ESI nitrat tipe kawat terlapis ditunjukkan oleh garis lengkung pada kurva E (mV) terhadap  $-\log [\text{NO}_3^-]$ . Hal ini menunjukkan bahwa potensial yang terukur tidak linier dengan  $-\log [\text{NO}_3^-]$  lagi.

Kedapat ulangan (reproduksibilitas) dari ESI nitrat tipe kawat terlapis ditentukan untuk mengetahui apakah ESI nitrat tersebut pembuatannya dapat diulang dengan baik. Semakin kecil harga simpangan baku yang diperoleh maka semakin baik kedapat ulangan (reproduksibilitas) yang dihasilkan. Harga simpangan baku (SD) yang terukur adalah 2,01 dan persen kesalahan dari harga faktor Nernst (% SD) yang terukur adalah 3,4 %. Harga SD dan %SD yang kecil tersebut menunjukkan bahwa pembuatan ESI nitrat memiliki kedapat ulangan yang baik.

Jika dibandingkan dengan penelitian Ahadun (2008) yang tanpa menggunakan SDS, dapat dinyatakan bahwa penggunaan SDS dalam komposisi membran dapat memberikan karakterisasi yang lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan SDS. Kisaran konsentrasi liniernya  $10^{-1} - 10^{-6}$  lebih lebar dibanding dengan yang tanpa menggunakan SDS yaitu sebesar  $10^{-1} - 10^{-4}$ . Ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan SDS dapat memperpanjang rentang

konsentrasi linier karena pada konsentrasi rendah SDS membantu mengikat kation pengganggu yang sering mengganggu pada pengukuran potensial pada konsentrasi rendah.

Untuk mengetahui kestabilan harga respon potensial ESI dari setiap selang pengukuran, maka dilakukan pengukuran potensial ESI nitrat tipe kawat terlapis selama 7 hari dalam minggu pertama pembuatan.

Untuk mengetahui kestabilan harga respon potensial ESI dari setiap selang pengukuran, maka dilakukan pengukuran potensial ESI nitrat tipe kawat terlapis selama 7 hari dalam minggu pertama. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 4.3 dibawah ini dan sedangkan perhitungan selengkapnya disajikan dalam lampiran L.3.8:

**Tabel 4.3** Perubahan  $E^0$  ESI Nitrat tipe kawat terlapis selama 7 hari

T (jam)	Persamaan Nernst	$E^0$	$\Delta E^0$
Awal + 24	$y=58,15x+18,72$	18,72	0,026
Awal + 48	$y=59,1x+18,77$	18,77	0,014
Awal + 72	$y=58,63x+19,94$	19,94	0,025
Awal + 96	$y=59,85x+17,18$	17,18	0,009
Awal + 120	$y=58,02x+20,32$	20,32	0,018
Awal + 144	$y=58,27+19,44$	19,44	0,009

Dapat dilihat pada Tabel 4.3 harga  $E^0$  lebih konstan dengan nilai perubahan sebesar 0,016 mV/jam. Perubahan  $E^0$  tiap jamnya lebih kecil dibanding dengan ESI nitrat tipe kawat terlapis yang tanpa menggunakan SDS yaitu sebesar 0,206 mV/jam. Perubahan  $E^0$  tersebut disebabkan oleh adanya transfer air melewati membran lalu kontak dengan konduktor elektronik. Seharusnya transfer air ini hanya terjadi pada antar muka membran. Fenomena ini merupakan fenomena tidak terkontrol pada antarmuka membran dengan konduktor elektronik (Atikah, 1994). Penambahan SDS membuat membran menjadi lebih bersifat hidrofobik sehingga tidak terjadi transfer air melewati membran dan menyebabkan harga  $E^0$  lebih satabil dibandingkan dengan ESI yang tidak menggunakan SDS.

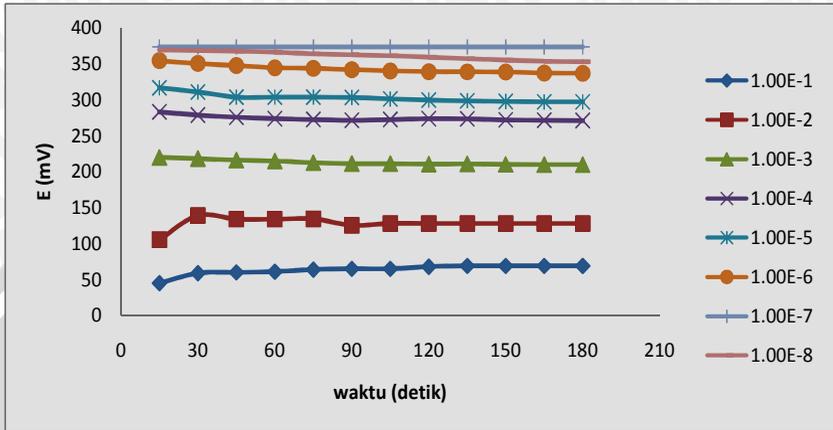
#### 4.4.2 Batas Deteksi Pengukuran

Harga batas deteksi ESI nitrat merupakan konsentrasi terendah dari ion nitrat yang dapat direspon oleh elektroda. Semakin tinggi kepekaan dari suatu elektroda, maka konsentrasi

batas deteksinya akan semakin rendah. Hasil penentuan kisaran konsentrasi linier dan batas deteksi pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4.4. Hasil ekstrapolasi titik potong kedua garis singgung pada Gambar 4.4 diperoleh konsentrasi batas deteksi ESI nitrat tipe kawat terlapis sebesar  $6.10^{-7}$  M atau sekitar 0,0372 ppm yang merupakan konsentrasi terendah dari ion nitrat yang dapat direspon oleh ESI nitrat tipe kawat terlapis. Batas deteksi pengukuran yang cukup rendah tersebut memungkinkan ESI nitrat tipe kawat terlapis digunakan untuk analisis renik. Limit deteksi yang dihasilkan Ahadun (2008) hanya sampai  $1,26.10^{-5}$  M atau sekitar 78 ppm. Ini menunjukkan bahwa dengan penambahan SDS pada membran dapat membuat ESI memiliki limit deteksi yang baik. Karena pada konsentrasi rendah, SDS mengikat kation pengganggu sehingga ESI ini dapat mendeteksi adanya nitrat pada konsentrasi rendah.

#### **4.4.3 Waktu Respon**

Waktu respon merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu ESI untuk memberikan potensial yang konstan. Semakin cepat elektroda tersebut memberikan respon potensial yang konstan, maka akan semakin baik elektroda tersebut. Setiap elektroda membutuhkan waktu yang berbeda untuk dapat merespon ion-ion dalam larutan, tergantung cepat tidaknya terjadi kesetimbangan dalam larutan yang diukur. Data pengukuran waktu respon ESI nitrat tipe kawat terlapis serta potensial selnya disajikan dalam Lampiran L.4.4. Sedangkan lama waktu respon yang dibutuhkan oleh ESI nitrat tipe kawat terlapis agar diperoleh harga potensial yang tetap terhadap waktu, ditunjukkan oleh Gambar 4.5 dan data Tabel 4.4 dibawah ini dan sedangkan data selengkapnya disajikan dalam Lampiran L.4.4 :



**Gambar 4.5** Waktu Respon ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

**Tabel 4.4** Hubungan Waktu Respon dengan konsentrasi [ $\text{NO}_3^-$ ]

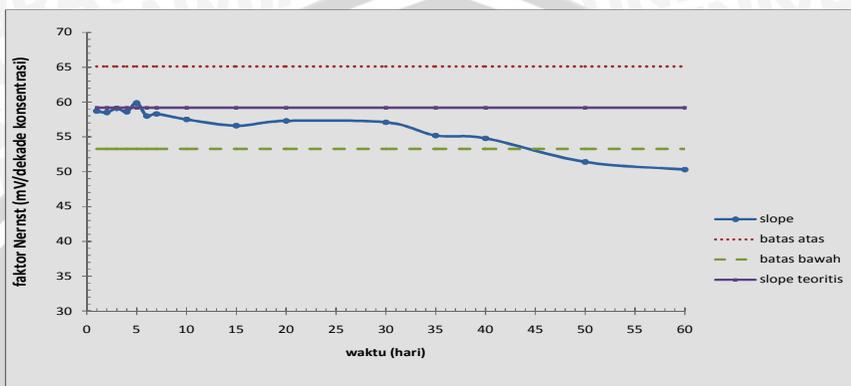
No	$[\text{NO}_3^-]$ (M)	$-\log [\text{NO}_3^-]$	Waktu respon (detik) dengan SDS	Waktu respon (detik) tanpa SDS
1	$10^{-8}$	8	45	45
2	$10^{-7}$	7	45	45
3	$10^{-6}$	6	45	45
4	$10^{-5}$	5	45	45
5	$10^{-4}$	4	30	45
6	$10^{-3}$	3	30	30
7	$10^{-2}$	2	30	30
8	$10^{-1}$	1	30	30

Jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan SDS, waktu respon yang dihasilkan lebih sama yaitu 45 detik. Waktu tersebut maksudkan untuk memperoleh harga potensial elektroda yang konstan pada konsentrasi  $10^{-6}$  M.

#### 4.4.4 Usia Pemakaian

Usia pemakaian merupakan ukuran berapa lama suatu ESI masih dapat digunakan untuk pengukuran dan masih memberikan pengukuran yang diinginkan. Berdasarkan pengukuran potensial ESI nitrat tipe kawat terlapis pada berbagai waktu diperoleh kurva hubungan faktor Nernst terhadap waktu (hari)

yang ditunjukkan pada lampiran L.4.5, Gambar 4.6 dan Tabel 4.5 dibawah ini :



**Gambar 4.6** Kurva Hubungan Faktor Nernst Terhadap Waktu (hari)

**Tabel 4.5** Hubungan Faktor Nernst Terhadap Waktu (Hari)

Waktu (hari)	Faktor Nernst (mV/dekade konsentrasi)	Koefisien korelasi (r)
1	58,7	0,9826
2	58,5	0,9770
3	59,1	0,9610
4	58,6	0,9490
5	59,9	0,9510
6	58,0	0,9810
7	58,3	0,9820
10	57,5	0,9650
15	56,6	0,9510
20	57,3	0,9570
30	57,1	0,9650
40	55,2	0,8920
50	51,4	0,9560
60	50,3	0,9020

Data Gambar 4.6 dan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa harga faktor Nernst berubah terhadap waktu. Pada hari ke-40 ESI nitrat memberikan harga faktor Nernst yang masih berada pada rentang harga faktor Nernst teoritisnya (53,3 - 65,1 mV/dekade konsentrasi). Sedangkan pada hari ke-40 ESI

nitrat sudah tidak berada pada rentang harga faktor Nernst teoritisnya, namun harga koefisien korelasinya ( $r$ ) masih menunjukkan kelinieran hubungan antara  $E$  (mV) terhadap  $-\log[\text{NO}_3^-]$ .

Pada hari ke-60 ESI nitrat masih dapat digunakan karena masih menunjukkan kelinieran hubungan antara  $E$  (mV) terhadap  $-\log[\text{NO}_3^-]$ , dengan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa pada hari ke-60 ESI masih dapat digunakan. Pada waktu  $> 40$  hari ESI menunjukkan harga faktor Nernst yang jauh menyimpang dari harga teoritis, hal ini menyebabkan ESI tidak dapat digunakan lagi untuk pengukuran. Berkurangnya kemampuan ESI  $>40$  hari ini disebabkan berkurangnya kehidrofobisitasan dari membran sehingga menghasilkan faktor nenst yang menyimpang dari teoritis. Perubahan harga faktor Nernst yang cenderung menurun dari waktu ke waktu menunjukkan bahwa sensitifitas ESI nitrat juga menurun dari waktu ke waktu. Hal ini disebabkan karena bahan elektroaktif membran secara perlahan-lahan terdistribusi ke dalam larutan sampel sehingga menyebabkan membran menjadi tidak homogen.

Jika dibandingkan dengan penelitian ESI tanpa menggunakan SDS memiliki usia pemakaian yang lebih singkat yaitu 40 hari. Sedangkan yang menggunakan SDS masih bisa digunakan hingga hari ke-60. Hal ini dikarenakan SDS menambah kehidrofobisitasan membran sehingga membran masih mempertahankan kehomogenannya. Apabila ESI masih homogen maka ESI masih dapat digunakan.

#### 4.4.5 Koefisien Selektifitas

Pengaruh ion asing (selektifitas) terhadap kinerja ESI nitrat dilakukan dengan metode larutan terpisah dengan mengukur potensial larutan  $\text{KNO}_3$  yang sebagai Nitrat dengan konsentrasi  $1.10^{-6}$  -  $1.10^{-1}$  M. Kemudian dilakukan pengukuran menggunakan metode larutan terpisah. Ion yang digunakan sebagai ion pengganggu adalah  $\text{SO}_4^-$  dan  $\text{Cl}^-$ . Kedua ion tersebut diukur pada tempat yang terpisah dengan konsentrasi  $1.10^{-6}$  -  $1.10^{-1}$  M. Ion asing akan mengganggu kinerja ESI nitrat tipe kawat terlapis jika harga koefisien selektivitas ( $K_{A,B}^{\text{pot}}$ ) yang diperoleh  $>1$  dan juga sebaliknya. Hasil penentuan

selektivitas yang dinyatakan sebagai harga koefisien selektivitas ( $K_{A,B}^{pot}$ ) disajikan dalam Tabel 4.6 :

**Tabel 4.6** Pengaruh Ion Asing Terhadap Kinerja ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	$K_{A,B}^{pot}$ ESI nitrat terhadap nitrat	
		Klorida	Sulfat
10 <sup>-6</sup>	6	2,69.10 <sup>-4</sup> ± 0,56.10 <sup>-4</sup>	3,63.10 <sup>-4</sup> ± 0,25.10 <sup>-4</sup>
10 <sup>-5</sup>	5	7,41.10 <sup>-3</sup> ± 0,66.10 <sup>-4</sup>	5,13. 10 <sup>-3</sup> ± 0,41. 10 <sup>-3</sup>
10 <sup>-4</sup>	4	1,6.10 <sup>-1</sup> ± 0,25. 10 <sup>-1</sup>	7,76. 10 <sup>-3</sup> ± 3,99. 10 <sup>-3</sup>
10 <sup>-3</sup>	3	3,9. 10 <sup>-1</sup> ± 0,28. 10 <sup>-1</sup>	4,7. 10 <sup>-1</sup> ± 0,17. 10 <sup>-1</sup>
10 <sup>-2</sup>	2	5,6. 10 <sup>-1</sup> ± 0,7. 10 <sup>-1</sup>	6,2. 10 <sup>-1</sup> ± 0,50. 10 <sup>-1</sup>
10 <sup>-1</sup>	1	7,7. 10 <sup>-1</sup> ± 1,1. 10 <sup>-1</sup>	2,1. 10 <sup>-1</sup> ± 0,10. 10 <sup>-1</sup>
Rata-rata		0,315 ± 0,0388	0,219 ± 0,0135

Berdasarkan data Tabel 4.6 diketahui bahwa ion klorida dan sulfat tidak mengganggu kinerja ESI nitrat tipe kawat terlapis pada rentang pengukuran konsentrasi 1.10<sup>-6</sup> M – 1.10<sup>-1</sup> M, hal ini ditunjukkan dengan harga koefisien selektifitas ( $K_{A,B}^{pot}$ ) ESI nitrat terhadap ion klorida sebesar 0,315 ± 0,0388 dan ion sulfat sebesar 0,219 ± 0,0135. Berdasarkan data harga  $K_{A,B}^{pot}$  pada Tabel 4.6 dapat diketahui urutan selektivitas ESI nitrat terhadap ion asing adalah nitrat > klorida > sulfat. Urutan selektifitas tersebut sesuai dengan ukuran jari-jari ion. ESI nitrat lebih merespon ion nitrat daripada ion asing seperti ion klorida dan ion sulfat .

Berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa ESI nitrat tidak dipengaruhi oleh ion klorida dan sulfat. Hal ini karena pada tabel 4.6 harga  $K_{A,B}^{pot} < 1$  sehingga ESI nitrat lebih merespon terhadap nitrat daripada klorida dan sulfat. Kinerja ESI nitrat tidak diganggu oleh ion klorida dan sulfat karena nitrat bersifat hidrofobik dan ion klorida dan sulfat bersifat hidrofilik sehingga ion nitrat dalam larutan analit lebih mudah bertukar dengan ion nitrat yang berada di membran, ion klorida dan sulfat tidak mengganggu kinerja ESI nitrat karena jari-jari

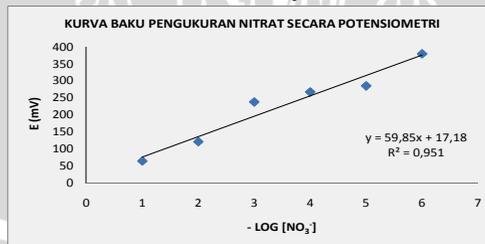
nitrat lebih besar daripada ion klorida dan sulfat sehingga ion klorida dan sulfat tidak mampu menggantikan nitrat yang ada dalam membran.

Pengukuran selektifitas menggunakan metoda larutan terpisah, hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ion asing terhadap ion utama pada konsentrasi yang sama antara ion pengganggu dengan ion utama. Sehingga dapat diketahui ion asing pada konsentrasi tertentu apakah dapat mengganggu selektifitas ESI.

Pada penelitian sebelumnya dengan ESI yang digunakan tanpa menggunakan SDS dihasilkan bahwa ion sulfat dan ion klorida tidak mengganggu kinerja ESI nitrat. ini menunjukkan ESI nitrat tipe kawat terlapis yang telah dibuat selektif terhadap ion nitrat.

#### 4.5 Penerapan ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis Untuk Penentuan Kadar Nitrat Dalam Sampel Air Sumur

Penerapan ESI nitrat salah satunya dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi nitrat dalam air sumur. Pada penelitian ini sampel air sumur yang digunakan adalah air sumur yang berada di daerah kelayatan. Sampel air sumur diukur dengan menggunakan ESI nitrat dengan cara menyelupkan elektroda nitrat kedalam sampel air dan diukur potensialnya. Potensial yang terukur dikorelasikan dengan kurva standar dari larutan nitrat dengan konsentrasi  $1.10^{-6}$ - $1.10^{-1}$  M dan diukur konsentrasi nitrat yang dapat terukur. Untuk menentukan akurasi (ketepatan) ESI nitrat yang telah dibuat, maka dilakukan uji akurasi dan uji presisi. Untuk menguji validitas ESI yang telah dibuat dilakukan penentuan kadar nitrat pada sampel buatan yang telah diketahui konsentrasinya.



Gambar 4.7 Kurva Baku Pengukuran Nitrat Secara Potensimetri

Kurva baku untuk penentuan kadar nitrat dalam sampel air sumur memiliki harga faktor Nernst yang mendekati harga faktor Nernst teoritisnya, yaitu 59,85 mV/dekade konsentrasi, serta nilai koefisien korelasi (r) yang baik sebesar 0,951 yang menunjukkan kelinieran kurva.

Untuk menentuakan akurasi (ketepatan) serta presisi (kecermatan) ESI nitrat yang dihasilkan, maka dilakukan uji akurasi dan presisi. Uji akurasi dapat dijadikan tolak ukur ketepatan hasil yang diperoleh menggunakan ESI nitrat, karena dapat memperlihatkan seberapa dekat hasil nilai pengujian yang diperoleh rata-ratanya dengan benar. Sedangkan uji presisi digunakan untuk menunjukkan seberapa jauh nilai hasil pengujian suatu ulangan dengan ulangan lainnya. Hasil pengukuran kadar nitrat pada sampel buatan menggunakan ESI nitrat ditampilkan pada Tabel 4.7 berikut ini:

**Tabel 4.7** Hasil pengukuran nitrat pada Sampel Buatan

[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] sebenarnya	Rata-rata [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] ppm ± SD	% CV	% akurasi	% kesalahan
0,62 ppm	0,59±0,02	3,39	95,16	4,84
6,2 ppm	5,94 ± 0,13	2,19	95,81	4,19
10 ppm	9,77 ± 0,31	3,17	97,70	2,30
62 ppm	59,68 ± 0,93	1,56	96,26	3,74

Dari Tabel 4.7 menunjukkan bahwa penentuan kadar nitrat dalam sampel buatan berupa larutan KNO<sub>3</sub> pada konsentrasi 1.10<sup>-5</sup> - 1.10<sup>-3</sup> M memberikan kesalahan sebesar 2,30-4,84 %, menunjukkan bahwa ESI nitrat memiliki kedapat ulangan (reproduksibilitas) yang baik. Berdasarkan harga-harga tersebut dapat dinyatakan bahwa ESI nitrat tipe kawat terlapis mempunyai akurasi dan presisi yang tinggi yaitu 95,16-97,70 %. Koefisien variasi (CV) yang rendah yaitu 1,56-3,39%, menunjukkan bahwa ESI nitrat memiliki kedapat ulangan (reproduksibilitas) yang baik. Berdasarkan harga-harga tersebut dapat dinyatakan bahwa ESI nitrat tipe kawat terlapis mempunyai akurasi dan presisi yang tinggi.

Hasil pengukuran menggunakan ESI nitrat tipe kawat terlapis didapatkan konsentrasi nitrat yang terkandung dalam sampel air sumur adalah sebesar 0,119 ppm ± 0,01 ppm. Data dapat dilihat dalam Tabel 4.1 berikut ini:

**Tabel 4.8** Hasil pengukuran nitrat pada Sampel Air Sumur Daerah Klayatan Malang Dengan Menggunakan ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis

No.	potensial	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] terukur (ppm)	
1	370	0,117	
2	368	0,130	
3	372	0,110	
Rata-rata	370	0,119	
SD	2	0,01	
% Kesalahan	1,7 %	% akurasi	98,3 %
% Koefisien Variansi	8,4%	% presisi	91,6 %

Penentuan kadar nitrat menggunakan ESI nitrat tipe kawat terlapis memberikan kesalahan sebesar 1,7%. Persen kesalahan yang rendah menunjukkan bahwa ESI nitrat memiliki akurasi yang tinggi, yaitu 98,3%. Untuk uji presisi dihasilkan %CV (koefisien variasi) sebesar 8,4% dan %presisi sebesar 91,6%. %CV (koefisien variasi) yang kecil menandakan bahwa kumpulan hasil kadar nitrat yang diperoleh memiliki kesalahan acak kecil dan ESI nitrat memiliki kedapat ulangan (*reproducibilitas*) yang baik (Skoog., *et al*, 1983).

Kadar Nitrat yang terkandung dalam air sumur daerah Klayatan kota Malang masih berada dibawah kadar maksimum yang diperbolehkan Menti Kesehatan RI (>10 ppm), sehingga dapat dinyatakan bahwa air sumur tersebut aman untuk digunakan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Elektrolisis optimum kawat Ag/AgCl yang digunakan sebagai konduktor elektronik yaitu 1menit.
2. Komposisi optimum membran ESI nitrat tipe kawat terlapis dengan penambahan SDS yaitu pada komposisi berat PVC : aliquat 336 nitrat : DBP : SDS ( $^{b}/_b$ ) = 36 : 4 : 59 : 1 dalam pelarut THF dengan perbandingan berat : volume ( $^{b}/_v$ ) = 1 : 3. ESI nitrat tipe kawat terlapis ini menunjukkan penambahan SDS ( $^{b}/_b$ ) 1% dan penggunaan konduktor elektronik Ag/AgCl dengan waktu elektrolisis 1menit menghasilkan ESI yang Nernstian. Penambahan SDS juga dapat menambah sensitifitas, meningkatkan rentang konsentrasi pengukuran, menurunkan limit deteksi, tidak mempengaruhi waktu respon, memperlama usia pemakaian, meningkatkan selektifitas terhadap ion  $Cl^-$  dan  $SO_4^{2-}$ .
3. Penetapan nitrat dalam air sumur dari daerah Kelayatan secara potensiometri dengan ESI yang telah dibuat ini menunjukkan konsentrasi nitrat sebesar 0,119 ppm.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang ESI nitrat tipe kawat terlapis menggunakan konduktor elektronik berupa kawat perak tanpa dilapisi garam klorida.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1990, *PER/MENKES/No.416/IX/90 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Pada Air Minum*, Jakarta
- Anonymous<sup>a</sup>, 2008, *Ion Selective Electrode*, <http://www.wikipedia.org>, tanggal akses: 24 Januari 2008
- Anonymous<sup>b</sup>, 2008, *Structure Nitrate*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrate>, tanggal akses: 24 Januari 2008
- Anonymous<sup>c</sup>, 2008, *Sodium Dodecyl Sulfate*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium-dodecyl-sulfate>, tanggal akses: 24 Januari 2008
- Ahadun, F., 2008, *Pengaruh Ag/Agcl Sebagai Konduktor Elektronik Terhadap ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis Untuk Penentuan Nitrat Dalam Daging Olahsan*, Draft Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, hal 29-44
- Atikah, 1994, *Pembuatan Dan Karakterisasi ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis*, Tesis Pasca Sarjana, ITB, Bandung, hal 1, 13, 17, 18, 25, 28, 32
- Atikah, 2005, *Fenomena Transpor Ion Nitrat Pada Elektrode Selektif Ion Tipe Kawat Terlapis Membran Polivinilklorida Dengan Aliquat 336-Nitrat*, Disertasi Doktor, ITB, Bandung, 11-12, 17-20, 27, 40-41, 158-159
- Bailey, P.L., 1976, *Analysis with Ion Selective Electrodes*, Heyden and Son Ltd., Britain, pp. 35-36, 55-57
- Bockman, dan Ganli, 1991, *Nitrates and Nitrites*, Newcastle Upon Tyne, Newcastle, pp. 3-4
- Brian, M., 1997, *Ion Selective Electrodes: Measurement Considerations*, <http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chemed/echem/ise.htm>, tanggal akses: 24 Januari 2008
- Camman, K., 1990, *Working with Ion Selective Electrodes*, Spring Verlag Berlin Herdelberg, New York, pp. 165
- Cattrall, R.W. and Pul Chin-Poh, 1975, *Coated Wire Ion Selective Electrode For The Determination Of Iron(III)*, *Anal. Chem.*, 47, 93-94

- Cognis, C., 2008, *Aliquat 336*, www.cognis.com, tanggal akses: 24 Januari 2008
- Dastjerdi, Leila Shafiee and Naader Alizadeh, 2004, *Coated Wire Linear Alkylbenzenesulfonate Sensor Based on Polypyrrole and Improvement of Selectivity Behavior*, *Anal. Chim. Acta*, 505, 195-200
- Day, R. A., dan Underwood, A. L., 2002, *Analisa Kimia Kuantitatif*, Penerbit Erlangga, Jakarta : 312-322, 667
- Eckschlager, K., 1984, *Kesalahan Pengukuran dan Hasil dalam Analisis Kimia*, Alih bahasa: Ahmad Mursyidi, Ghalia Indonesia, Jakarta
- Evan, A, 1991, *Potentiometry and Ion Selective Electrodes*, John Wiley & Sons, New York, pp. 120-130, 143-146
- Greenberg, A.E., Joseph, J.C., dan David, J., 1981, *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, 15<sup>th</sup> ed., American Public Health Assosiation, Washington D.C, pp. 367-375
- Huang, X., Y. Chai, R. Yuan, X. Wang, and Q. Li, 2004, *Highly Selective Thiocyanate Electrode Based On Bis-[N-(2-Hydroxyethyl)Salicylaldimino]Copper(II) Complex As A Neutral Carrier*, *Anal. Sci.* 20 : 1185
- Ikawati, P., 2008, *Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Selektif Ion Nitrat Tipe Kawat Terlapis Untuk Penentuan Nitrat Dalam Air Minum*, Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, hal 29-44
- Laitenen, A. dan Walter E., 1975, *Chemical Analysis, 2nd Ed.*, Mc Graw Hill, Kogakusha : 241
- Lakshminarayanaiah, N., 1976, *Membrane Electrodes*, Academic Press, London. pp. 62-64, 98-99, 160, 223-225, 237
- Mulder, M., 1991, *Basic Principles Of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publisher, London, pp. 165-167
- Nielsen, H.J., and Hansen, E.H, 1976, *New Nitrate Ion-Selective Electrodes Based On Quarternary Ammonium Compounds*

- In Nonporous Polymer Membranes, Anal. Chim. Acta*, 85, 1-16
- Pranitis, D.M., M.T. Diaz dan M.E. Meyerhoff. 1992. ***Potentiometric Ion-, Gas- And Bio-Selective Membrane Electrodes***, *Crit. Rev. in Anal. Chem*, 23, 163-186
- Qian, Q., Wilson G.S., James K.B. dan H.H. Girault, 2001, ***Micro ITIES Detection of Nitrate by Facilited Ion Transfer***, *Anal. Chem*, 73:497-503
- Rundle, C.C., 2003, ***Glossary Of Terms Used In Ion Selective Electrode Measurements (With Mathematical Formulae)***, Nico2000 Ltd, London, UK, <http://www.nico2000.net/DataSheets/electrodes.html>., tanggal akses: 24 Januari 2008
- Sax, N.I. and Lewis, R.J., 1987, ***Hawley's Condensed Chemical Dictionary***, 11<sup>th</sup> Ed., Van Nostrand Reinhold, New York.
- Skoog, D. A., D.M. West and F.J. Holler., 1988, ***Ion Exchange Membranes***, Ellis Horwood Limited Publishers, Chichester, pp. 361
- Thomas, J.D.R., 1986, ***Solvent Polymeric Membrane Ion Selective Elektroes***, *Anal. Chim. Acta*, 180: 289-297
- Umezawa, Y., P. Buhlmann, K. Umezawa, K. Tohda, and S. Amemiya, 2000, ***Potentiometric selectivity coefficients of ion-selective electrodes part I. inorganic cations***, *Pure Appl. Chem.*, 72(10):1852-1856
- Vesely, J., Dalibor, W. and Karel, S., 1978, ***Analysis With Ion Selective Electrodes***, Ellis Horwood limited Publishers, Chichester, pp 18-20, 22, 44, 90-96
- Wahyudi, H., 2008, ***Keracunan Nitrat***. <http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chem-ed/echem/potentio.htm>., tanggal akses : 24 Januari 2008
- Williard, H.H., Linne, L. M., Frank, A. S. and John, A. D., 1988, ***Instrumental Methods Of Analysis***, 7<sup>th</sup> Ed., Wadsworth Publishing Company, California, pp. 682-685

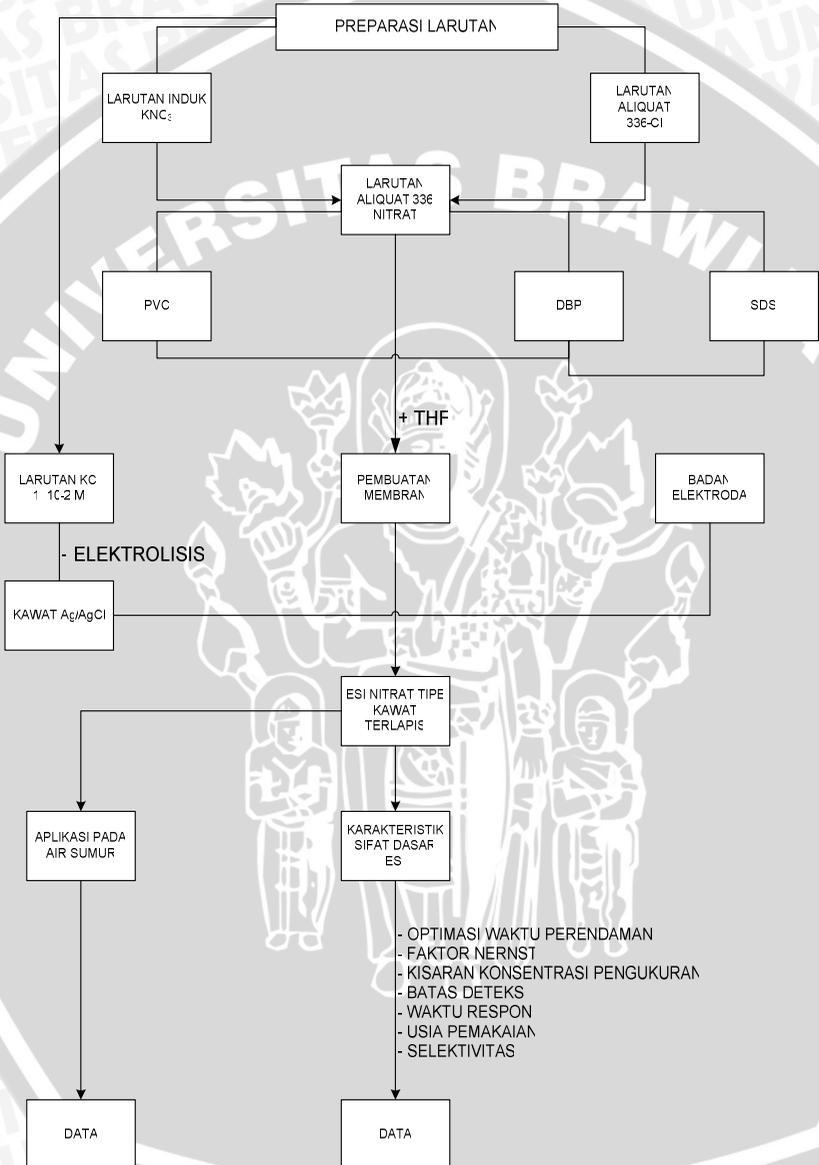
Wroblewski, W., 2005, *Ion-Ion Selective*. Chemical Sensors  
Research Group, Polandia, [http://csrg.ch.pw.edu.pl/tutorials/](http://csrg.ch.pw.edu.pl/tutorials/ise.)  
*ise.*, tanggal akses : 24 Januari 2008

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Diagram Penelitian



## Lampiran 2 PROSEDUR KERJA

### L.2.1 Preparasi Larutan

#### L.2.1.1 Pembuatan $\text{KNO}_3$ 1M

$\text{KNO}_3$

- ditimbang sejumlah tertentu
- dikeringkan pada  $105^\circ\text{C}$  selama 2 jam dalam oven
- didinginkan dalam desikator selama 30 menit
- ditimbang sejumlah 10,11 gram
- dimasukkan dalam *beaker glass* 50 mL
- ditambah sedikit akuades
- diaduk hingga larut
- dimasukkan dalam labu ukur 100 mL secara kuantitatif
- diencerkan dengan akuades hingga tanda batas
- dikocok hingga homogen

Larutan  $\text{KNO}_3$  1 M

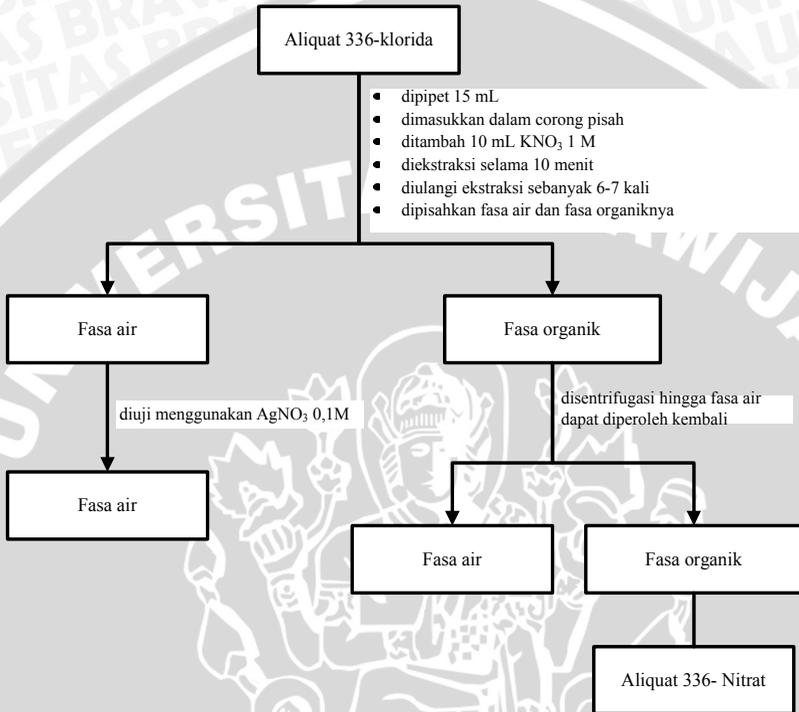
#### L.2.1.2 Pembuatan Larutan $\text{KCl}$ $1 \cdot 10^{-2}$ M

$\text{KCl}$

- ditimbang sejumlah 0,015 gram
- dimasukkan dalam *beaker glass* 50 mL
- ditambah sedikit akuades
- diaduk hingga larut
- dimasukkan dalam labu ukur 25 mL secara kuantitatif
- diencerkan dengan akuades hingga tanda batas
- dikocok hingga homogen

Larutan  $\text{KCl}$   $1 \cdot 10^{-2}$  M

### L.2.1.3 Pembuatan Aliquat 336-Nitrat



### L.2.1.4 Pembuatan Larutan NaCl 1.10<sup>-1</sup> M

NaCl

- ditimbang sejumlah 0,3 gram
- dimasukkan dalam *beaker glass* 50 mL
- ditambah sedikit akuades
- diaduk hingga larut
- dimasukkan dalam labu ukur 50 mL secara kuantitatif
- diencerkan dengan akuades hingga tanda batas
- dikocok hingga homogen

Larutan NaCl 1.10<sup>-1</sup> M

### L.2.1.5 Pembuatan Larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 1.10<sup>-1</sup> M

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>

- ditimbang sejumlah 0,66 gram
- dimasukkan dalam *beaker glass* 50 mL
- ditambah sedikit akuades
- diaduk hingga larut
- dimasukkan dalam labu ukur 50 mL secara kuantitatif
- diencerkan dengan akuades hingga tanda batas
- dikocok hingga homogen

Larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 1 10<sup>-1</sup> M

## L.2.2 Pembuatan Elektroda

### L.2.2.1 Elektrolisis Kawat Ag/AgCl

Kawat Ag diameter 0,5 mm dan panjang 10 cm

- diampelas
- dicuci dengan  $\text{HNO}_3$
- dicuci dengan aquades
- dicuci dengan alkohol 96%
- dicelupkan kedalam  $\text{KCl } 10^{-2} \text{ M}$
- dihubungkan kedalam terminal positif baterai 1,5 volt yang sudah dihubungkan dengan voltmeter

ANODA

Kawat Ag diameter 0,5 mm dan panjang 10 cm

- dicelupkan kedalam  $\text{KCl } 10^{-2} \text{ M}$
- dihubungkan kedalam terminal positif baterai 1,5 volt yang sudah dihubungkan dengan voltmeter

KATODA

### L.2.2.2 Pembuatan Membran

Aliquat 336-nitrat + PVC + DBP + SDS

- ditimbang dengan sesuai komposisi
- dilarutkan dalam pelarut THF 9 mL
- diaduk dengan menggunakan stirrer selama 30-60 menit

MEMBRAN

komposisi	Aliquat 336	DBP	PVC	SDS	THF
1 (SDS 1%)	0,12 g	1,77 g	1,08 g	0,03 g	9 mL
2 (SDS 0,5%)	0,12 g	1,785 g	1,08 g	0,015 g	9 mL
3 (SDS 0,25%)	0,12 g	1,792 g	1,08 g	0,007 g	9 mL

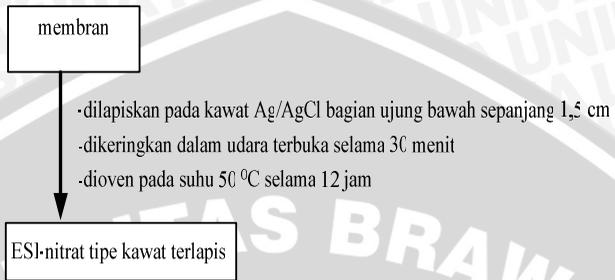
### L.2.2.3 Pembuatan Badan Elektroda

3 cm Kawat Ag/AgCl diameter 0,5 mm

- disisakan 1cm dari ujung untuk dicelupkan dalam membran
- disambungkan sisanya pada kawat tembaga sepanjang 7 cm
- disambungkan kawat tembaga pada kabel koaksial RG-58 pada ujung atas sebagai penghubung ESI kealat potensiometri

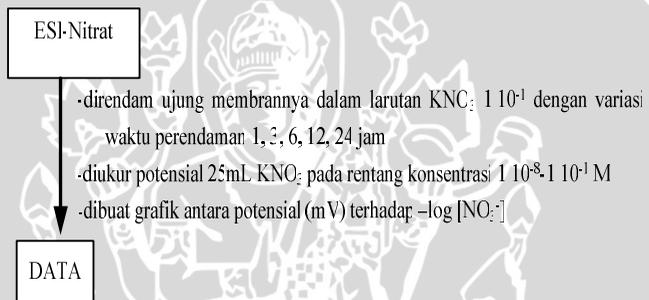
Badan Elektroda

### L.2.2.4 Pembuatan ESI-Nitrat Tipe Kawat Terlapis

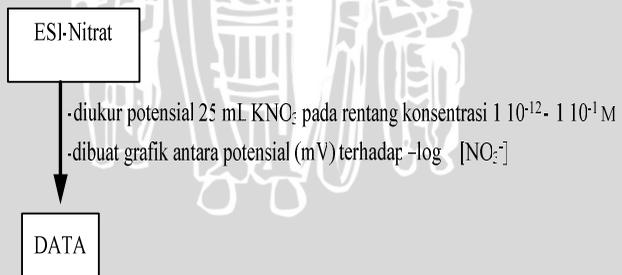


## L.2.3 KARAKTERISASI ESI-NITRAT

### L.2.3.1 Optimasi Waktu Perendaman



### L.2.3.2 Faktor Nernst Dan Kisaran Konsentrasi



### L.2.3.3 Limit Deteksi

Grafik antara potensial (mV) terhadap  $-\log [\text{NO}_2^-]$

- dibuat garis singgung antara fungsi garis lurus dan garis melengkung kurva dengan potensial
- diekstrapolasikan titik potongnya kesumbu x

DATA

### L.2.3.4 Waktu Respon

25 mL Larutan  $\text{KNO}_3$  dengan konsentrasi  $1 \cdot 10^{-8}$  -  $1 \cdot 10^{-1}$  M

- dilakukan kontak dengan elektoda
- diukur potensialnya tiap selang waktu 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, 180 detik

DATA

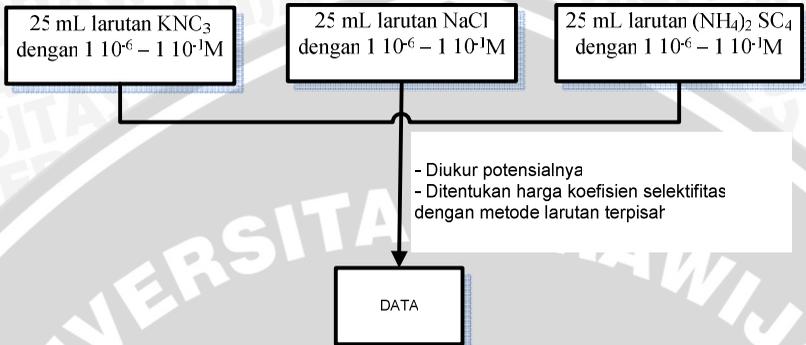
### L.2.3.5 Usia Pemakaian

25 mL Larutan  $\text{KNO}_3$  dengan konsentrasi  $1 \cdot 10^{-8}$  -  $1 \cdot 10^{-1}$  M

- diukur potensialnya tiap selang waktu 1-60 hari
- dikorelasikan dengan penyimpangan terhadap harga faktor Nernst teoritis

DATA

### L.2.3.6 Koefisien Selektifitas



## L.2.3 Penentuan Kadar Nitrat Dalam Air Sumur

### L.2.3.1 Metode Potensiometri Menggunakan ESI Nitrat tipe kawat terlapis

Air sumur daerah kelayatan kota Malang

- diukur potensialnya menggunakan ESI-nitrat tipe kawat terlapis yang telah dibuat
- diplotkan ke kurva baku

DATA

## Lampiran 3 Perhitungan

### L.3.1 Komposisi Membran

#### L.3.1.1 Komposisi 1(SDS 1%)

$$\text{Aliquat 336 nitrat} = \frac{4}{100} \times 3 \text{ g} = 0,12 \text{ g}$$

$$\text{PVC} = \frac{36}{100} \times 3 \text{ g} = 1,08 \text{ g}$$

$$\text{DBP} = \frac{59}{100} \times 3 \text{ g} = 1,77 \text{ g}$$

$$\text{SDS} = \frac{1}{100} \times 3 \text{ g} = 0,03 \text{ g}$$

#### L.3.1.2 Komposisi 2(SDS 0,5%)

$$\text{Aliquat 336 nitrat} = \frac{4}{100} \times 3 \text{ g} = 0,12 \text{ g}$$

$$\text{PVC} = \frac{36}{100} \times 3 \text{ g} = 1,08 \text{ g}$$

$$\text{DBP} = \frac{59,5}{100} \times 3 \text{ g} = 1,785 \text{ g}$$

$$\text{SDS} = \frac{0,5}{100} \times 3 \text{ g} = 0,015 \text{ g}$$

#### L.3.1.3 Komposisi 3(SDS 0,25%)

$$\text{Aliquat 336 nitrat} = \frac{4}{100} \times 3 \text{ g} = 0,12 \text{ g}$$

$$\text{PVC} = \frac{36}{100} \times 3 \text{ g} = 1,08 \text{ g}$$

$$\text{DBP} = \frac{59,75}{100} \times 3 \text{ g} = 1,792 \text{ g}$$

$$\text{SDS} = \frac{0,25}{100} \times 3 \text{ g} = 0,007 \text{ g}$$

### L.3.2 Pembuatan larutan $\text{KNO}_3$ 1 M

- mol  $\text{KNO}_3$  =  $M \times V$   
=  $1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L}$   
=  $0,1 \text{ mol}$
- massa =  $\text{mol} \times \text{Mr}$   
=  $0,1 \text{ mol} \times 101,1 \text{ g/mol}$   
=  $10,11 \text{ g}$

Jadi berat  $\text{KNO}_3$  yang ditimbang sebesar 10,11 gram

### L.3.3 Pembuatan larutan $\text{KCl}$ $1.10^{-2}$ M

- mol  $\text{KCl}$  =  $M \times V$   
=  $1.10^{-2} \text{ mol/L} \times 0,025 \text{ L}$   
=  $25.10^{-4} \text{ mol}$
- massa =  $\text{mol} \times \text{Mr}$   
=  $25.10^{-4} \text{ mol} \times 74,55 \text{ g/mol}$   
=  $0,019 \text{ g}$

Jadi berat  $\text{KCl}$  yang ditimbang sebesar 0,019 g

### L.3.4 Pembuatan larutan $\text{SO}_4^{2-}$ $1 \times 10^{-1}$ M

- mol  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  =  $M \times V$   
=  $0,1 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L}$   
=  $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$
- massa =  $\text{mol} \times \text{Mr}$   
=  $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 132 \text{ g/mol}$   
=  $0,66 \text{ g}$

Jadi berat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  yang ditimbang sebesar 0,66 g

### L.3.5 Pembuatan larutan $\text{Cl}^-$ $1 \times 10^{-1}$ M

- mol  $\text{NaCl}$  =  $M \times V$   
=  $0,1 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L}$   
=  $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$
- massa =  $\text{mol} \times \text{Mr}$   
=  $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 58,44 \text{ g/mol}$   
=  $0,3 \text{ g}$

Jadi berat  $\text{NaCl}$  yang ditimbang sebesar 0,3 g

### L.3.6 pengenceran larutan KNO<sub>3</sub>

Contoh perhitungan untuk pembuatan larutan KNO<sub>3</sub> 1.10<sup>-12</sup>, 1.10<sup>-11</sup>, 1.10<sup>-10</sup>, 1.10<sup>-9</sup>, 1.10<sup>-8</sup>, 1.10<sup>-7</sup>, 1.10<sup>-6</sup>, 1.10<sup>-5</sup>, 1.10<sup>-4</sup>, 1.10<sup>-3</sup>, 1.10<sup>-2</sup> dan 1.10<sup>-1</sup> M dari KNO<sub>3</sub> 1 M

- Pembuatan 25 mL larutan KNO<sub>3</sub> 1.10<sup>-1</sup> M dari 1 M
$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$
$$V_1 \times 1 \text{ M} = 25 \text{ mL} \times 1.10^{-1} \text{ M}$$
$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

Jadi volume larutan KNO<sub>3</sub> 1 M yang dibutuhkan untuk pembuatan 25 mL larutan KNO<sub>3</sub> 1x10<sup>-1</sup> M sebanyak 2,5 mL.

### L.3.8 Contoh Perhitungan % Kesalahan Untuk Uji Akurasi Air Sumur Yang Telah Diukur

$$\begin{aligned} \text{Ppm NO}_3^- &= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \text{Mr NO}_3^- \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \\ &= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 62 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \\ &= 6200 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 6200 \text{ ppm} \end{aligned}$$

### L.3.9 Perhitungan Untuk Menentukan ΔE<sup>0</sup> ESI Nitrat tipe kawat berlapis selama 7 hari Berdasarkan Data Tabel 4.2

pengukuran 24 jam selama 144 jam (7 hari) adalah :

- Awal + 24 jam

$$\begin{aligned} \Delta E^0 &= \left( \frac{E^0_{\text{awal}} - E^0_{\text{awal}+24}}{t} \right) \\ &= \left( \frac{18,08 - 18,72}{24} \right) \text{mV/jam} = 0,026 \text{ mV/jam} \end{aligned}$$

- Awal + 48 jam

$$\begin{aligned} \Delta E^0 &= \left( \frac{E^0_{\text{awal}} - E^0_{\text{awal}+48}}{t} \right) \\ &= \left( \frac{18,08 - 18,77}{48} \right) \text{mV/jam} = 0,014 \text{ mV/jam} \end{aligned}$$

- Awal + 72 jam

$$\Delta E^0 = \left( \frac{E^0_{awal} - E^0_{awal+72}}{t} \right)$$

$$= \left( \frac{18,08 - 19,94}{72} \right) \text{mV/jam} = 0,025 \text{ mV/jam}$$

- Awal + 96 jam

$$\Delta E^0 = \left( \frac{E^0_{awal} - E^0_{awal+96}}{t} \right)$$

$$= \left( \frac{18,08 - 17,18}{96} \right) \text{mV/jam} = 0,009 \text{ mV/jam}$$

- Awal + 120 jam

$$\Delta E^0 = \left( \frac{E^0_{awal} - E^0_{awal+120}}{t} \right)$$

$$= \left( \frac{18,08 - 20,32}{120} \right) \text{mV/jam} = 0,018 \text{ mV/jam}$$

- Awal + 144 jam

$$\Delta E^0 = \left( \frac{E^0_{awal} - E^0_{awal+144}}{t} \right)$$

$$= \left( \frac{18,08 - 19,44}{144} \right) \text{mV/jam} = 0,009 \text{ mV/jam}$$

Rata-rata perubahan  $\Delta E^0$  adalah

$$\Delta E^0 = \left( \frac{(0,026 + 0,014 + 0,025 + 0,009 + 0,018 + 0,009) \text{mV / jam}}{6} \right)$$

$$= \left( \frac{0,101}{6} \right) \text{mV/jam} = 0,016 \text{ mV/jam}$$

### L.3.10 Perhitungan uji akurasi dan uji presisi air Sumur yang telah diukur dengan ESI

$$\% \text{kesalahan} = \frac{x_i - \bar{x}_t}{x_i} \times 100\% = \frac{0,117 - 0,119}{0,17} \times 100\% = 1,7\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{Akurasi} &= 100\% - \% \text{kesalahan} \\ &= 100\% - 1,7\% \\ &= 98,3\% \end{aligned}$$

$$\% \text{CV} = \frac{SD \times 100}{\bar{x}} = \frac{0,01 \times 100}{0,119} = 8,4\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{Presisi} &= 100\% - \% \text{CV} \\ &= 100\% - 8,4\% \\ &= 91,6\% \end{aligned}$$

### L.3.11 Perhitungan uji akurasi dan uji presisi air Sumur buatan

#### L.3.11.1 larutan $\text{KNO}_3$ $1.10^{-5}$ M atau 0,62 ppm nitrat

$$\% \text{kesalahan} = \frac{x_i - \bar{x}_t}{x_i} \times 100\% = \frac{0,62 - 0,59}{0,62} \times 100\% = 4,48\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{Akurasi} &= 100\% - \% \text{kesalahan} \\ &= 100\% - 4,84\% \\ &= 95,16\% \end{aligned}$$

$$\% \text{CV} = \frac{SD \times 100}{\bar{x}} = \frac{0,02 \times 100}{0,59} = 3,39\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{Presisi} &= 100\% - \% \text{CV} \\ &= 100\% - 3,39\% \\ &= 96,61\% \end{aligned}$$

#### L.3.11.2 larutan $\text{KNO}_3$ $1.10^{-4}$ M atau 6,2 ppm nitrat

$$\% \text{kesalahan} = \frac{x_i - \bar{x}_t}{x_i} \times 100\% = \frac{6,2 - 5,94}{6,2} \times 100\% = 4,19\%$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Akurasi} &= 100 \% - \% \text{kesalahan} \\
 &= 100 \% - 4,19\% \\
 &= 95,81 \%
 \end{aligned}$$

$$\% \text{CV} = \frac{SD \times 100}{\bar{x}} = \frac{0,31 \times 100}{9,77} = 3,17 \%$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Presisi} &= 100\% - \% \text{CV} \\
 &= 100 \% - 3,17 \% \\
 &= 96,83 \%
 \end{aligned}$$

### L.3.11.3 larutan KNO<sub>3</sub> 1,6.10<sup>-4</sup> M atau 10 ppm nitrat

$$\% \text{kesalahan} = \frac{x_i - \bar{x}_i}{x_i} \times 100\% = \frac{10 - 9,77}{10} \times 100 \% = 2,30 \%$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Akurasi} &= 100 \% - \% \text{kesalahan} \\
 &= 100 \% - 2,30\% \\
 &= 97,70 \%
 \end{aligned}$$

$$\% \text{CV} = \frac{SD \times 100}{\bar{x}} = \frac{0,31 \times 100}{9,77} = 3,17\%$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Presisi} &= 100\% - \% \text{CV} \\
 &= 100 \% - 3,17 \% \\
 &= 96,83 \%
 \end{aligned}$$

### L.3.11.4 larutan KNO<sub>3</sub> 1.10<sup>-3</sup> M atau 62 ppm nitrat

$$\% \text{kesalahan} = \frac{x_i - \bar{x}_i}{x_i} \times 100\% = \frac{62 - 59,68}{62} \times 100 \% = 3,74 \%$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Akurasi} &= 100 \% - \% \text{kesalahan} \\
 &= 100 \% - 3,74\% \\
 &= 96,26 \%
 \end{aligned}$$

$$\%CV = \frac{SD \times 100}{\bar{x}} = \frac{0,93 \times 100}{1,56} = 1,56 \%$$

$$\begin{aligned}\%Presisi &= 100\% - \%CV \\ &= 100\% - 1,56\% \\ &= 98,44\%\end{aligned}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## LAMPIRAN 4 DATA PENELITIAN

### L.4.1 Data Penentuan Waktu Elektrolisis Kawat Ag/AgCl

#### L.4.1.1 Elektrolisis 1menit

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ± SD
1	10 <sup>-8</sup>	8	377,0	361,0	346,0	361,3 ±15,5
2	10 <sup>-7</sup>	7	396,0	355,0	370,0	373,7 ±20,7
3	10 <sup>-6</sup>	6	348,0	341,0	332,0	340,3 ±8,0
4	10 <sup>-5</sup>	5	303,0	316,0	285,0	301,3 ±15,6
5	10 <sup>-4</sup>	4	274,0	275,0	269,0	272,7 ±3,2
6	10 <sup>-3</sup>	3	213,0	214,0	207,0	211,3 ±3,8
7	10 <sup>-2</sup>	2	140,0	116,0	116,0	124,0 ±13,9
8	10 <sup>-1</sup>	1	45,0	43,0	47,0	45,0 ±2,0
9	Faktor Nernst (S)					59,13
10	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)					8,78
11	Kisaran konsentrasi					10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-6</sup>

#### L.4.1.2 Elektrolisis 2menit

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ± SD
1	10 <sup>-8</sup>	8	344,0	302,0	300,0	315,3 ±24,8
2	10 <sup>-7</sup>	7	250,0	270,0	275,0	265,0 ±13,2
3	10 <sup>-6</sup>	6	274,0	260,0	260,0	264,7 ±8,1
4	10 <sup>-5</sup>	5	290,0	281,0	285,0	285,3 ±4,5
5	10 <sup>-4</sup>	4	265,0	275,0	268,0	269,3 ±5,1
6	10 <sup>-3</sup>	3	215,0	214,0	225,0	218,0 ±6,1
7	10 <sup>-2</sup>	2	161,0	159,0	159,0	159,7 ±1,2
8	10 <sup>-1</sup>	1	107,0	116,0	115,0	112,7 ±4,9
9	Faktor Nernst (S)					<b>33,94</b>
10	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)					<b>99,47</b>
11	Kisaran konsentrasi					10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-6</sup>

### L.4.1.3 Elektrolisis 3menit

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ± SD
1	10 <sup>-8</sup>	8	353,0	315,0	308,0	325,3±24,2
2	10 <sup>-7</sup>	7	342,0	348,0	360,0	350,0±9,2
3	10 <sup>-6</sup>	6	325,0	334,0	320,0	326,3±7,1
4	10 <sup>-5</sup>	5	345,0	341,0	331,0	339,0±7,2
5	10 <sup>-4</sup>	4	305,0	316,0	315,0	312,0±6,1
6	10 <sup>-3</sup>	3	266,0	265,0	272,0	267,7±3,8
7	10 <sup>-2</sup>	2	202,0	205,0	204,0	203,7±1,5
8	10 <sup>-1</sup>	1	148,0	150,0	152,0	150,0±2,0
9	Faktor Nernst (S)					38,04
10	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)					133,2
11	Kisaran konsentrasi					10 <sup>-1</sup> – 10 <sup>-6</sup>

### L.4.2 Data Penentuan Komposisi SDS Dalam Membran

#### L.4.2.1 SDS 1%

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ± SD
1	10 <sup>-8</sup>	8	377,0	361,0	346,0	361,3 ±15,5
2	10 <sup>-7</sup>	7	396,0	355,0	370,0	373,7 ±20,7
3	10 <sup>-6</sup>	6	348,0	341,0	332,0	340,3 ±8,0
4	10 <sup>-5</sup>	5	303,0	316,0	285,0	301,3 ±15,6
5	10 <sup>-4</sup>	4	274,0	275,0	269,0	272,7 ±3,2
6	10 <sup>-3</sup>	3	213,0	214,0	207,0	211,3 ±3,8
7	10 <sup>-2</sup>	2	140,0	116,0	116,0	124,0 ±13,9
8	10 <sup>-1</sup>	1	45,0	43,0	47,0	45,0 ±2,0
9	Faktor Nernst (S)					59,13
10	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)					8,78
11	Kisaran konsentrasi					10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-6</sup>

#### L.4.2.2 SDS 0,5%

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ± SD
1	10 <sup>-8</sup>	8	516,0	513,0	510,0	513,0±3,0
2	10 <sup>-7</sup>	7	496,0	492,0	496,0	494,7±2,3
3	10 <sup>-6</sup>	6	509,0	500,0	506,0	505,0±4,6
4	10 <sup>-5</sup>	5	472,0	466,0	472,0	470,0±3,5
5	10 <sup>-4</sup>	4	444,0	448,0	447,0	446,3±2,1
6	10 <sup>-3</sup>	3	392,0	393,0	391,0	392,0±1,0
7	10 <sup>-2</sup>	2	317,0	318,0	319,0	318,0±1,0
8	10 <sup>-1</sup>	1	253,0	254,0	252,0	253,0±1,0
9	Faktor Nernst (S)					50,58
10	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)					220,3
11	Kisaran konsentrasi					10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-6</sup>

#### L.4.2.3 SDS 0,25%

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI-nitrat tipe kawat terlapis			
			1	2	3	Rerata ± SD
1	10 <sup>-8</sup>	8	578,0	558,0	572,0	569,3±10,3
2	10 <sup>-7</sup>	7	535,0	543,0	545,0	541,0±5,3
3	10 <sup>-6</sup>	6	555,0	548,0	549,0	550,7±3,8
4	10 <sup>-5</sup>	5	513,0	515,0	518,0	515,3±2,5
5	10 <sup>-4</sup>	4	513,0	510,0	516,0	513,0±3,0
6	10 <sup>-3</sup>	3	450,0	450,0	453,0	451,0±1,7
7	10 <sup>-2</sup>	2	359,0	364,0	363,0	362,0±2,6
8	10 <sup>-1</sup>	1	268,0	278,0	288,0	278,0±10,0
9	Faktor Nernst (S)					53,86
10	E <sup>0</sup> (mV/dekade konsentrasi)					256,4
11	Kisaran konsentrasi					10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-6</sup>

### L.4.3 Data Optimasi Perendaman

[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	- log [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) pada lama perendaman (jam)				
		1	3	6	12	24
10 <sup>-8</sup>	8	608,0	432,0	577,0	361,3	349,7
10 <sup>-7</sup>	7	470,7	441,7	587,3	373,7	346,0
10 <sup>-6</sup>	6	467,3	435,3	583,7	340,3	367,0
10 <sup>-5</sup>	5	466,0	426,7	573,3	301,3	298,0
10 <sup>-4</sup>	4	431,0	405,7	545,0	272,7	268,0
10 <sup>-3</sup>	3	353,0	339,7	481,7	211,3	218,7
10 <sup>-2</sup>	2	262,3	263,3	392,3	124,0	127,0
10 <sup>-1</sup>	1	168,0	171,7	304,0	45,0	83,7
Faktor Nernst (mV/dekade konsentrasi)		62,44	53,55	57,27	59,14	56,54

#### L.4.4 Data Penentuan Waktu Respon

[NO <sub>3</sub> ]	- log [NO <sub>3</sub> ]	15 detik	30 detik	45 detik	60 detik	75 detik	90 detik	105 detik	120 detik	135 detik	150 detik	165 detik	180 detik
10 <sup>-8</sup>	8	369,3	368,7	367,7	366,3	364,0	362,7	361,3	359,3	357,3	355,3	253,7	353,0
10 <sup>-7</sup>	7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7	373,7
10 <sup>-6</sup>	6	354,7	350,7	347,7	344,7	344,0	342,0	340,3	339,3	339,0	338,7	337,3	337,0
10 <sup>-5</sup>	5	316,7	311,0	303,7	303,7	303,7	303,3	301,3	299,7	298,7	297,7	297,3	297,3
10 <sup>-4</sup>	4	283,3	279,0	276,0	274,0	272,7	271,7	272,7	274,0	273,7	272,3	271,7	271,3
10 <sup>-3</sup>	3	220,0	218,3	216,3	215,0	212,7	211,3	211,3	210,7	211,0	210,3	210,0	210,0
10 <sup>-2</sup>	2	105,5	139,1	134,0	134,0	134,5	125,5	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0
10 <sup>-1</sup>	1	45,0	59,0	60,0	61,0	64,0	65,0	58,0	68,0	69,0	69,0	69,0	69,0

#### L.4.5 Data Faktor Nernst Terhadap Fungsi Waktu (Hari)

	$1.10^{-1}$	$1.10^{-2}$	$1.10^{-3}$	$1.10^{-4}$	$1.10^{-5}$	$1.10^{-6}$	$1.10^{-7}$	$1.10^{-8}$	faktor Nernst	$E^0$
<b>1 hari</b>	361,3	360,0	340,3	301,3	272,7	211,3	128,0	66,0	58,7	18,08
<b>2 hari</b>	352,0	345,0	377,3	297,3	270,0	224,0	128,0	81,0	58,5	18,72
<b>3 hari</b>	361,3	373,7	340,3	301,3	272,7	211,3	128,0	45,0	59,1	18,77
<b>4 hari</b>	351,0	352,7	369,0	286,3	269,7	383,3	127,7	60,0	58,6	19,94
<b>5 hari</b>	351,0	251,3	380,0	286,0	268,0	238,7	122,0	65,3	59,9	17,18
<b>6 hari</b>	357,3	339,0	360,3	298,7	273,7	211,0	128,0	69,0	58,0	20,23
<b>7 hari</b>	359,3	339,3	360,3	299,7	274,0	210,7	128,0	68,0	58,3	19,44
<b>10 hari</b>	351,0	252,7	280,0	386,3	270,0	229,0	130,7	79,0	57,5	21,88
<b>15 hari</b>	367,7	347,7	333,0	307,3	276,0	216,3	134,0	53,0	56,6	21,97
<b>20 hari</b>	352,0	241,0	370,3	297,3	270,0	229,0	122,0	81,0	57,3	26,12
<b>30 hari</b>	350,0	241,0	377,3	286,3	270,0	229,0	130,7	79,0	57,1	28,78
<b>35 hari</b>	369,3	354,7	305,0	316,7	283,3	220,0	105,5	58,0	55,2	21,57
<b>40 hari</b>	366,3	344,7	331,3	303,7	274,0	215,0	106,0	61,0	54,8	27,88
<b>50 hari</b>	368,7	350,7	303,3	311,0	279,0	218,3	139,1	59,0	51,4	38,49
<b>60 hari</b>	511,3	492,7	503,7	469,0	446,3	392,0	318,0	253,0	50,3	22,9

#### L.4.6 Data pengaruh ion asing

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	P [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	E (mV) ESI nnitrat tipe kawat teerlapis		
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
1	10 <sup>-6</sup>	6	377	169	176,3
2	10 <sup>-5</sup>	5	297	172,7	163,7
3	10 <sup>-4</sup>	4	270	223,7	147
4	10 <sup>-3</sup>	3	224	200	205
5	10 <sup>-2</sup>	2	128	113	116
6	10 <sup>-1</sup>	1	81	74,7	41,7

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}K_{A,B}^{pot} &= 10^{\left(\frac{E_2 - E_1}{58,2}\right)} \\ &= 10^{\left(\frac{377 - 169}{58,2}\right)} \\ &= 2,69 \cdot 10^{-4}\end{aligned}$$

No	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (M)	P [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	K <sub>A,B</sub> <sup>pot</sup> ESI nitrat terhadap nitrat	
			Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
1	10 <sup>-6</sup>	6	2,69.10 <sup>-4</sup> ± 0,56.10 <sup>-4</sup>	3,63.10 <sup>-4</sup> ± 0,25.10 <sup>-4</sup>
2	10 <sup>-5</sup>	5	7,41.10 <sup>-3</sup> ± 0,66.10 <sup>-4</sup>	5,13.10 <sup>-3</sup> ± 0,41.10 <sup>-3</sup>
3	10 <sup>-4</sup>	4	1,6.10 <sup>-1</sup> ± 0,25.10 <sup>-1</sup>	7,76.10 <sup>-3</sup> ± 3,99.10 <sup>-3</sup>
4	10 <sup>-3</sup>	3	3,9.10 <sup>-1</sup> ± 0,28.10 <sup>-1</sup>	4,7.10 <sup>-1</sup> ± 0,17.10 <sup>-1</sup>
5	10 <sup>-2</sup>	2	5,6.10 <sup>-1</sup> ± 0,7.10 <sup>-1</sup>	6,2.10 <sup>-1</sup> ± 0,50.10 <sup>-1</sup>
6	10 <sup>-1</sup>	1	7,7.10 <sup>-1</sup> ± 1,1.10 <sup>-1</sup>	2,1.10 <sup>-1</sup> ± 0,10.10 <sup>-1</sup>
7	Rata-rata ± SD		0,315 ± 0,0388	0,219 ± 0,0135

#### L.4.7 Data Penentuan kadar nitrat (ppm) pada sampel air minum buatan

n	Kadar nitrat (ppm)			
	Air+0,62 ppm	Air+6,2ppm	Air+10 ppm	Air+62 ppm
1	0,61	6,05	9,92	60,14
2	0,58	5,83	9,92	60,14
3	0,56	5,83	9,30	58,28
Rata-Rata	0,589	5,94	9,77	59,68
SD	0,02	0,13	0,31	0,93