

**STUDI PENGARUH ION NITRAT DAN KLORIDA
TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)
IODAT TIPE KAWAT TERLAPIS**

SKRIPSI

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

oleh :

PUTRI WAHYU U.P.

0510920050-92



JURUSAN KIMIA

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

MALANG

2009

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PENGARUH ION KLORIDA DAN NITRAT TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI) IODAT TIPE KAWAT TERLAPIS

oleh :

**PUTRI WAHYU U.P.
0510920050-92**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Pengui
pada tanggal.....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ani Mulyasuryani,MS
NIP. 131 960 438

Qonitah Fardiyah, SSi.,M.Si
NIP. 132 304 117

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 : Putri Wahyu U.P.

NIM : 0510920050-92

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

STUDI PENGARUH ION NITRAT DAN KLORIDA TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI) IODAT TIPE KAWAT TERLAPIS

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 bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.
Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Januari 2009

Yang menyatakan,

(Putri Wahyu U.P.)

NIM. 0510920050-92

STUDI PENGARUH ION NITRAT DAN KLORIDA TERHADAP KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI) IODAT TIPE KAWAT TERLAPIS

ABSTRAK

Potensial elektroda ESI iodat yang dibuat dengan menggunakan AgIO_3 sebagai senyawa aktif didasarkan pada kesetimbangan kelarutan, sehingga adanya ion-ion yang berpengaruh terhadap kelarutan AgIO_3 dapat mempengaruhi kinerja ESI tersebut. Ion nitrat dapat meningkatkan kelarutan AgIO_3 sedangkan ion klorida dapat menggantikan ion iodat dalam kesetimbangan kelarutan, sehingga kedua ion tersebut dapat mempengaruhi kinerja ESI iodat. Oleh karena itu pada penelitian ini dipelajari pengaruh ion nitrat dan klorida terhadap kinerja ESI iodat. ESI iodat disusun terdiri dari kawat platina yang dilapisi AgIO_3 dalam membran kitosan. Konsentrasi ion nitrat dan klorida yang digunakan berkisar pada 10^{-4} M hingga 1 M dalam larutan ion iodat dengan kisaran konsentrasi 10^{-8} M hingga 10^{-1} M. ESI iodat yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki waktu respon 1 menit; bilangan Nernst 48,429 mV/dekade; batas deteksi $8 \cdot 10^{-4}$ M; dan kisaran konsentrasi 10^{-3} M hingga 10^{-1} M. Dari hasil penelitian baik ion nitrat dan klorida dapat menurunkan kinerja ESI Iodat yang ditunjukkan dengan penurunan bilangan Nersnt hingga 63,1% untuk ion nitrat dan 131,9% untuk ion klorida. Ion nitrat dapat meningkatkan kisaran konsentrasi dari 10^{-3} M hingga 10^{-1} M menjadi 10^{-4} M hingga 10^{-1} M dan menurunkan batas deteksi pada penambahan NaNO_3 $1 \cdot 10^{-3}$ M hingga $1 \cdot 10^{-2}$ M dari $8 \cdot 10^{-4}$ M menjadi $8 \cdot 10^{-5}$ M. Batas deteksi mengalami peningkatan pada konsentrasi NaNO_3 $1 \cdot 10^{-4}$ M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; dan 1 M. Sedangkan ion klorida menurunkan batas deteksi dari $8 \cdot 10^{-4}$ M menjadi $5 \cdot 10^{-3}$ M; $7 \cdot 10^{-3}$ M; $7 \cdot 10^{-3}$ M; $11 \cdot 10^{-3}$ M; $3 \cdot 10^{-3}$ M dengan penambahan NaCl $1 \cdot 10^{-4}$ M; $1 \cdot 10^{-3}$ M; $1 \cdot 10^{-2}$ M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; 1 M. Selektivitas ESI Iodat terhadap ion klorida lebih besar dibandingkan ion iodat dan lebih kecil dibandingkan ion nitrat.

THE INFLUENCE STUDIES OF NITRIC AND CHLORIDE TOWARD THE IODATE COATED WIRE ION SELECTIVE ELECTRODE (ISE) PERFORMANCE

ABSTRACT

The electrode potential of Iodate ISE, which made using AgIO_3 as an active compound, based on the solubility equilibrium, so the absence of ions that having effect on the solubility of AgIO_3 can influence ISE performance. The nitric ion can increase the solubility of AgIO_3 but chloride ion can replacing iodate in the solubility equilibrium, so both of them can influence ISE performance. Therefore, in this research the influence of nitric ion and chloride ion toward the performance of iodate ISE must be studied. Iodate ISE is made by coating platina wire with AgIO_3 in chitosan membrane. The concentration of nitric ion and chloride ion that used in this research are around 10^{-4} M to 1 M in iodate solution with concentration 10^{-8} M to 10^{-1} M. Iodate ISE has respon time 1 minute; The Nernst factor is 48,429 mV/dekade; the limit of detection is $8 \cdot 10^{-4}$ M; and the range of concentration is $1 \cdot 10^{-3}$ M to $1 \cdot 10^{-1}$ M. From this research not only nitric but also chloride can decrease iodate ISE performance, shown by the Nernst factor degradation up to 63.1% for nitric ion and 131.9% for chloride ion. Nitric ion can increase the range of concentration from $1 \cdot 10^{-3}$ M to $1 \cdot 10^{-1}$ M become $1 \cdot 10^{-4}$ M to $1 \cdot 10^{-1}$ M and decrease limit detection at $1 \cdot 10^{-3}$ M to $1 \cdot 10^{-2}$ M NaNO_3 from $8 \cdot 10^{-4}$ M to $8 \cdot 10^{-5}$ M. Limit detection increased by adding NaNO_3 in $1 \cdot 10^{-4}$ M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; and 1 M. In the other hand, chloride decrease limit detection from $8 \cdot 10^{-4}$ M to $5 \cdot 10^{-3}$ M; $7 \cdot 10^{-3}$ M; $7 \cdot 10^{-3}$ M; $11 \cdot 10^{-3}$ M; $3 \cdot 10^{-3}$ M at $1 \cdot 10^{-4}$ M; $1 \cdot 10^{-3}$ M; $1 \cdot 10^{-2}$ M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; 1 M NaCl . Iodate ISE's selectivity toward chloride is bigger than iodate and smaller than nitrate.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmatNya sehingga penulisan Tugas Akhir sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di bidang Kimia dapat diselesaikan dengan baik. Penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis ucapkan pada :

1. Dr. Ani Mulyasuryani,MS dan Qonitah Fardiyah, SSi.,M.Si sebagai dosen pembimbing I dan II yang telah sabar membimbing dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
2. Dr. Diah Mardiana, MS sebagai dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan masukan kepada penulis selama masa studi.
3. Dr. Sasangka P, MS; Dra. Tutik Setianingsih, Msi; Drs. Warsito, MS; dan Ir. Bambang Ismuyanto, MS yang telah memberikan kritik dn saran terhadap skripsi ini.
4. Dr. Sasangka P, MS selaku Ketua Jurusan Kimia, serta segenap staf pengajar dan karyawan Jurusan Kimia.
5. Orang tua kami yang selalu memberi dukungan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Kimia yang telah mendukung penulis dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang belum disebutkan yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penyusunan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Potensiometri	4
2.1.1 Pengukuran secara potensiometri	4
2.1.2 Elektroda pembanding	6
2.1.3 Elektroda indikator	7
2.1.3.1 Kinerja elektroda indikator	8
2.2 Elektroda Selektif Ion Iodat	10
2.3 Hipotesis	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	13
3.2.1 Bahan penelitian	13
3.2.2 Alat penelitian	13
3.3 Metode Penelitian	13
3.4 Tahapan Penelitian	14
3.4.1 Persiapan alat dan bahan	14
3.4.2 Pembuatan elektroda Ag/AgCl	14
3.4.3 Pembuatan ESI iodat tipe kawat terlapis	14
3.4.4 Pengukuran potensial sel	15
3.4.5 Pengaruh konsentrasi NaNO ₃ dan NaCl	16

3.5 Analisis Data	16
3.5.1 Persamaan garis linear	16
3.5.2 Batas deteksi	17
3.5.3 Kisaran konsentrasi	17
3.5.4 Bilangan Nernst	17
3.5.5 Waktu respon	17
3.5.6 Selektivitas	18

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Elektroda Selektif Ion (ESI) Iodat	19
4.2 Pengaruh Ion Nitrat terhadap Karakteristik ESI Iodat	21
4.3 Pengaruh Ion Klorida terhadap Karakteristik ESI Iodat	24
4.4 Selektivitas ESI Iodat terhadap Ion Nitrat dan Klorida	26

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Karakter ESI iodat yang diukur menggunakan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding	21
Tabel 4.2	Pengaruh penambahan NaNO ₃ terhadap kinerja ESI Iodat	22
Tabel 4.3	Harga kekuatan ion, aktivitas ion, kelarutan AgIO ₃ dan potensial sel pada penambahan berbagai konsentrasi NaNO ₃ , pada konsentrasi ion iodat 1.10 ⁻¹ M	23
Tabel 4.4	Pengaruh penambahan NaCl terhadap kinerja ESI Iodat	25



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elektroda Ag/AgCl	6
Gambar 3.1	ESI iodat	15
Gambar 3.2	Pengukuran potensial sel	16
Gambar 3.3	Kurva hubungan antara $-\log a_{\text{IO}_3^-}$ terhadap potensial sel pada daerah linier	17
Gambar 4.1	Grafik hubungan waktu pengukuran dengan potensial sel	19
Gambar 4.2	Grafik hubungan $-\log a_{\text{IO}_3^-}$ terhadap Esel	20
Gambar 4.3	Grafik hubungan $-\log [\text{IO}_3^-]$ terhadap E_{sel} pada konsentrasi NaNO_3 yang berbeda	22
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara $-\log[\text{NaNO}_3]$ terhadap bilangan Nernst	23
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara $-\log[\text{IO}_3^-]$ terhadap Esel pada konsentrasi NaCl yang berbeda	24
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara $-\log[\text{NaCl}]$ terhadap bilangan Nernst	25
Gambar 4.7	Grafik penentuan selektivitas ESI iodat untuk ion NO_3^-	26
Gambar 4.8	Grafik penentuan selektivitas ESI iodat untuk ion Cl^-	27
Gambar L.2.2	Elektroda Ag/AgCl	32
Gambar L.2.4	ESI Iodat	33
Gambar L.2.6	Rangkaian alat pengukuran potensial sel	34

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Diagram Tahapan Penelitian	31
LAMPIRAN 2	Pembuatan Elektroda	32
LAMPIRAN 3	Perhitungan Pembuatan Larutan	35
LAMPIRAN 4	Pembuatan Larutan	38
LAMPIRAN 5	Data Potensial Sel	42
LAMPIRAN 6	Analisis Data	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Iodium sangat diperlukan oleh tubuh manusia. Kekurangan iodium selama masa kehamilan dan anak-anak dapat menyebabkan kretinisme (keterbelakangan mental permanen dan kerusakan fungsi motorik). Pada orang dewasa, asupan iodium yang terlalu rendah (atau terlalu tinggi) dapat menyebabkan *hypothyroidism*. Asupan iodium kurang dari 20 mikro gram (μg) per hari dapat dianggap sebagai kekurangan iodium akut, 20 - 50 $\mu\text{g}/\text{hari}$ dianggap sebagai kekurangan iodium sedang dan 50 - 100 $\mu\text{g}/\text{hari}$ dianggap sebagai kekurangan iodium ringan (Anonymous, 2003). Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan iodium ini adalah program iodinisasi garam dapur. Senyawa KIO_3 sering ditambahkan ke dalam garam dapur dengan kadar 30 - 80 ppm, sebagai zat anti gondok untuk memenuhi kebutuhan iodium di dalam tubuh (Djokomoeldjanto, 1993). Oleh karena itu diperlukan suatu alat untuk mengukur kadar ion iodat dalam garam dapur.

Beberapa penelitian telah dikembangkan pembuatan elektroda untuk mengukur kadar iodat, antara lain elektroda Ag/AgIO_3 dan Elektroda Selektif Ion (ESI) iodat tipe kawat terlapis. Kinerja elektroda Ag/AgIO_3 akan turun jika dalam larutan iodat terdapat ion klorida dan sebaliknya jika terdapat ion nitrat. (Mulyasuryani, and Ismuyanto, 2006). Untuk mengatasi kekurangan elektroda Ag/AgIO_3 , dikembangkan elektrode selektif ion iodat menggunakan AgIO_3 sebagai bahan aktif yang diembankkan pada membran kitosan dan dilapiskan pada kawat platina. Elektroda selektif ion iodat tersebut mempunyai harga bilangan Nernst rata-rata sebesar 52,96 mV/dekade dengan waktu respon 10 detik. Kisaran konsentrasi ion iodat yang dapat diukur adalah 10^{-5} M hingga 10^{-1} M dan batas deteksi sebesar $1,12 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ (Mulyasuryani, et al., 2007).

ESI iodat tipe kawat terlapis menggunakan kawat platina belum diaplikasikan pada pengukuran kadar iodat dalam garam dapur. Kadar ion iodat dalam garam dapur lebih kecil daripada ion klorida sehingga perlu diteliti pengaruh kadar ion klorida terhadap kinerja ESI iodat. Potensial elektroda ESI Iodat berbahan aktif AgIO_3 didasarkan pada kesetimbangan kelarutan, sehingga ion-ion yang

dapat mempengaruhi kesetimbangan kelarutan AgIO_3 akan memberikan pengaruh pada potensial elektroda. Ion Cl^- dimungkinkan dapat mengganti ion iodat, sehingga akan membentuk lapisan AgCl pada permukaan ESI iodat. Hal ini disebabkan oleh kelarutan AgCl lebih kecil daripada AgIO_3 ($K_{\text{sp}} \text{ AgCl} = 1,82 \cdot 10^{-10} < K_{\text{sp}} \text{ AgIO}_3 = 3 \cdot 10^{-8}$), sehingga lapisan AgIO_3 pada permukaan elektroda akan berkurang. Hal tersebut akan menyebakan penurunan kinerja ESI Iodat. Ion nitrat dalam larutan iodat akan meningkatkan kekuatan ion larutan dan menurunkan aktivitas ion iodat, sehingga akan meningkatkan potensial sel yang terukur. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh ion nitrat dan klorida pada kinerja elektroda selektif ion iodat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan bahwa:

1. Bagaimana karakter ESI iodat yang dibuat dengan menggunakan kawat platina yang dilapisi AgIO_3 dalam membran kitosan?
2. Bagaimana pengaruh ion nitrat dan klorida terhadap kinerja ESI iodat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. ESI Iodat dibuat dengan menggunakan kawat platina yang dilapisi AgIO_3 2% (b/v) dalam membran kitosan dengan ketebalan 30 μm .
2. Kinerja elektroda yang ditentukan meliputi kepekaan elektroda yang dinyatakan dengan harga bilangan Nernst, kisaran konsentrasi larutan iodat, batas deteksi, waktu respon, dan selektivitas.
3. Elektroda pembanding yang digunakan adalah Ag/AgCl .
4. Konsentrasi ion nitrat yang dipelajari adalah $1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, $1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, $1 \cdot 10^{-2} \text{ M}$, $1 \cdot 10^{-1} \text{ M}$, 1 M .
5. Konsentrasi ion klorida yang dipelajari adalah $1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, $1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, $1 \cdot 10^{-2} \text{ M}$, $1 \cdot 10^{-1} \text{ M}$, 1 M .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakter ESI iodat yang dibuat dengan menggunakan kawat platina yang dilapisi AgIO_3 dalam membran kitosan.
2. Mempelajari pengaruh ion nitrat dan klorida terhadap kinerja ESI iodat.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh ion nitrat dan ion klorida terhadap kinerja ESI iodat, sehingga dapat digunakan sebagai acuan pada analisis iodat dalam garam dapur.



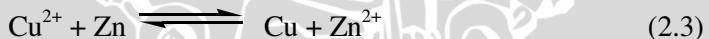
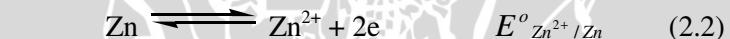
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensiometri

2.1.1 Pengukuran secara potensiometri

Potensiometri adalah metode analitik yang berdasarkan pada pengukuran potensial larutan analit dengan data potensial elektroda digunakan untuk penentuan konsentrasi larutan analit. Potensial suatu elektroda tidak dapat diukur tersendiri tetapi dengan menggabungkan elektroda indikator dengan elektroda pembanding yang mempunyai nilai tetap selama pengukuran (Rivai, 1995). Perangkat yang digunakan pada pengukuran potensiometri secara langsung antara lain elektroda indikator, elektroda pembanding, dan alat pengukuran potensial (sebuah pH/milivolt meter yang dapat mendeteksi 0,2 mV atau lebih) (Wang, 2001). Pada potensiometri pengukuran didasarkan pada reaksi redoks, contohnya (Day dan Underwood, 1993):



Potensial setengah sel reaksi oksidasi berubah tandanya berlawanan dengan potensial sel reaksi reduksi, karena potensial sel reduksi standar (E°) merupakan potensial setengah sel untuk reaksi reduksi, sehingga persamaan selnya adalah (Day dan Underwood, 1993):

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} + E_{lj} \quad (2.4)$$

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}} + E_{lj} \quad (2.5)$$

Pada potensiometri, katoda merupakan elektroda indikator (E_{ind}) dan anoda merupakan elektroda pembanding (E_{ref}). Pada batas antar permukaan akan terbentuk potensial liquid junction (E_{lj}) yang menyebabkan persamaan potensial selnya menjadi (Christian and O'Reilly, 1986):

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{ind}} - E_{\text{ref}} + E_{lj} \quad (2.6)$$

Berdasarkan persamaan 2.1 perubahan potensial masing-masing elektroda dapat dirumuskan menjadi suatu persamaan baru yang disebut persamaan Nernst (Day dan Underwood, 1993):

$$E_{el} = E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{1}{a_{Cu^{2+}}} \quad (2.7)$$

$$E_{el} = E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} - \frac{2,303RT}{nF} \log \frac{1}{a_{Cu^{2+}}} \quad (2.8)$$

Pada suhu kamar (298°K) dengan $R = 8,314 \text{ J/mol K}$ dan nilai $F = 96.485 \text{ C/mol}$, maka (Day dan Underwood, 1993) :

$$E_{el} = E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} - \frac{0,0592}{2} \log \frac{1}{a_{Cu^{2+}}} \quad (2.9)$$

Dengan E° adalah potensial baku sel dan n adalah jumlah elektron yang terlibat reaksi. Berdasarkan persamaan (2.9) persamaan Nernst didasarkan pada hubungan antara potensial sel dengan aktivitas ion dalam suatu sel elektrokimia (Skoog dkk, 1988).

Aktivitas ion digunakan untuk menunjukkan konsentrasi efektif dari ion. Perbedaan antara konsentrasi dan aktivitas muncul karena adanya interaksi ionik (dengan muatan ion yang berlainan) yang mengurangi konsentrasi efektif dari ion. Aktivitas ion i dalam larutan bergantung pada konsentrasinya, C_i (Wang, 2001) :

$$a_i = f_i C_i \quad (2.10)$$

Dimana f_i merupakan koefisien aktivitas. Koefisien aktivitas bergantung pada jenis ion yang terdapat dalam larutan dan kekuatan ionik total dari larutan. Koefisien aktivitas diberikan pada persamaan Debye-Hückel (Wang, 2001) :

$$-\log f_i = \frac{0,51z_i^2 \sqrt{\mu}}{1 + 0,33\alpha\sqrt{\mu}} \quad \text{pada } 25^{\circ}\text{C} \quad (2.11)$$

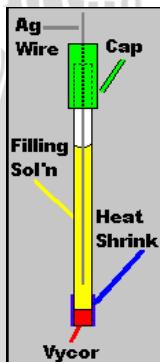
Dengan μ adalah kekuatan ion. Dalam larutan yang sangat encer, aktivitas ion akan sebanding dengan konsentrasi (Wang, 2001). Kekuatan ion dalam larutan tidak ideal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1}{2} \sum Z_i^2 C_i \quad (2.12)$$

Z_i adalah muatan ion dalam larutan dan C_i adalah konsentrasi ion yang bersangkutan. Sehingga dapat dikatakan semakin besar kekuatan ion maka koefisien aktivitas makin kecil yang akan menyebabkan makin kecilnya nilai aktivitas ion (Rieger, 1994). Makin kecilnya aktivitas ion dapat menyebabkan potensial sel yang terukur makin besar.

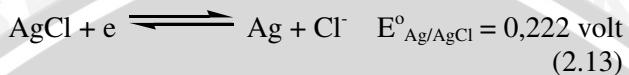
2.1.2 Elektroda pembanding

Elektroda pembanding adalah elektroda yang diketahui harga potensialnya secara pasti. Macam elektroda pembanding antara lain elektroda hidrogen baku, elektroda kalomel jenuh, elektroda Ag/AgCl. Elektroda hidrogen baku merupakan elektroda pembanding yang utama. Harga potensial elektroda ini dianggap nol. Akan tetapi elektroda ini memiliki banyak kekurangan antara lain, potensial elektroda mudah digangu oleh beberapa senyawa, diperlukan gas hidrogen yang sangat murni, dan dipertahankan dalam keadaan baku (Rivai, 1995). Elektroda kalomel jenuh banyak digunakan karena pembuatannya yang mudah dan potensial yang terukur selalu tetap. Susunan elektroda kalomel jenuh terdiri dari larutan KCl yang telah dijenuhi kalomel (Hg_2Cl_2) dengan elektroda logam inert didalamnya, dan larutan KCl. Larutan KCl yang digunakan memiliki konsentrasi 0,1 M; 1 M; dan jenuh (Rivai, 1995). Berikut ini adalah gambar elektroda Ag/AgCl (Anonymous, 2008):



Gambar 2.1 Elektroda Ag/AgCl

Elektroda Ag/AgCl merupakan elektroda yang paling sering digunakan. Apabila elektroda Ag/AgCl dicelupkan dalam larutan KCl, maka reaksi yang terjadi pada elektroda adalah (Sawyer dan Roberts, 1974):



Nilai E° dari elektroda sangat dipengaruhi oleh aktivitas ion Ag^+ :



Adanya endapan AgCl pada permukaan elektrode menyebabkan ion Ag^+ dipengaruhi oleh aktivitas ion Cl^- melalui reaksi kesetimbangan:



Dimana $K_{\text{sp}} \text{ AgCl} = a_{\text{Ag}} a_{\text{Cl}}$

Apabila dimasukkan ke dalam persamaan Nernst didapatkan:

$$E_{\text{el}} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - 0,0592 \log (1/a_{\text{Ag}^+}) \quad (2.16)$$

$$= E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - 0,0592 \log (a_{\text{Cl}}/K_{\text{sp}}) \quad (2.17)$$

$$E_{\text{el}} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + 0,0592 \log K_{\text{sp}} - 0,0592 \log a_{\text{Cl}} \quad (2.18)$$

Karena nilai $E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}$ dan nilai $K_{\text{sp}} \text{ AgCl}$ selalu tetap maka persamaan Nernst dapat dituliskan:

$$E_{\text{el}} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - 0,0592 \log a_{\text{Cl}} \quad (2.19)$$

Dalam larutan KCl dengan aktivitas $\text{Cl}^- 1 \text{ M}$ maka didapatkan

$$E_{\text{el}} = E^{\circ}_{\text{Ag}/\text{AgCl}} - 0,0592 \log 1 = 0,222 \text{ volt} \quad (2.20)$$

2.1.3 Elektroda indikator

Elektroda indikator terdiri atas dua jenis yakni elektroda logam dan elektroda membran (elektroda selektif ion). Elektroda indikator logam terdiri atas elektroda jenis pertama, elektroda jenis kedua, dan elektroda indikator redoks. Elektroda jenis pertama merupakan elektroda logam murni yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ion logam dalam larutan, sedangkan elektroda jenis kedua yaitu elektroda yang merespon aktivitas anion yang dapat

membentuk garam sukar larut maupun ion kompleks stabil dengan ion logam dari elektroda. Elektroda indikator redoks menggunakan konduktor inert (platina, emas, karbon, palladium) untuk mengukur potensial dari suatu larutan yang mengandung suatu reaksi redoks yang tidak dapat membentuk logamnya (Skoog dkk, 1988). Sedangkan elektroda membran terdiri dari elektroda membran kaca, elektroda membran cair, elektroda membran padat, dan elektroda kawat terlapis (Wang, 2001).

Elektroda Selektif Ion (ESI) berdasarkan pada membran, dibuat dari bahan penghantar ion yang selektif, yang memisahkan sampel dari bagian dalam elektroda. Bagian dalam elektroda berisi larutan yang mengandung ion analit pada aktivitas tetap. ESI dapat dikelompokkan menjadi elektroda kaca, elektroda membran cair, elektroda membran padat, dan elektroda kawat terlapis. Elektroda kaca merupakan elektroda yang selektif terhadap kation univalensi, contohnya elektroda pH (Wang, 2001). Elektroda membran cair terdiri dari pelarut yang tidak larut dalam air dan bertindak sebagai peng kompleks ion (Laitinen and Walter, 1975). Membran padat dapat dibuat menggunakan kristal tunggal, pellet polikristalin atau campuran kristal. Elektroda kawat terlapis merupakan elektroda yang dikembangkan dengan cara melapiskan lapisan polimer pada konduktor. Elektroda ini biasanya dibuat dengan melapiskan senyawa aktif pada konduktor dengan bantuan PVC, dimana konduktor yang biasa digunakan adalah Pt, Ag, Cu atau grafit. Elektroda kawat terlapis banyak digunakan karena sangat praktis, tidak mahal, dan mudah disiapkan (Wang, 2001).

2.1.3.1 Kinerja elektroda indikator

Kinerja elektroda dapat ditentukan oleh bilangan Nernst, kisaran konsentrasi, batas deteksi, waktu respon dan selektivitas elektroda. Bilangan Nernst merupakan tingkat kepekaan elektroda terhadap suatu ion tertentu. Bilangan Nernst elektrode yang semakin mendekati nilai bilangan Nernst teoritis maka kepekaan elektrode akan semakin tinggi. Bilangan Nernst ditentukan dengan cara membuat kurva hubungan potensial sel (E_{sel}) terhadap $-\log$ konsentrasi ion X yang ditunjukkan dengan besarnya kemiringan garis dari kurva tersebut. Harga bilangan Nernst teoritis adalah 2,303 RT/nF . Jika nilai $R = 8,314 \text{ J/mol}$, $F = 96.500 \text{ C}$ pada temperatur 298

K maka harga bilangan Nernst adalah 0,0592 V/dekade. (Bailey, 1976).

Kisaran konsentrasi adalah suatu daerah konsentrasi yang linear dan masih dapat diukur. Kisaran konsentrasi ditunjukkan dari kurva hubungan antara E_{sel} dengan $-\log a_i$. Sedangkan titik potong dari kedua daerah ini disebut batas deteksi (Evans, 1991). Waktu respon yaitu waktu yang dibutuhkan untuk tercapainya kesetimbangan kelarutan. Pencatatan potensial dilakukan pada saat awal elektroda dicelupkan ke dalam larutan sampai diperoleh harga potensial sel yang tetap. Semakin cepat suatu elektroda memberikan potensial tetap maka semakin baik pula kinerja dari ESI tersebut (Evans, 1991).

Kemampuan suatu elektroda selektif ion untuk membedakan ion-ion dalam larutan disebut tingkat selektivitas elektroda dan dinyatakan dengan nilai koefisien selektivitas (K). Kemampuan ini didasarkan pada afinitas relatif dari masing-masing ion terhadap membran selektif ion. Jika nilai $K=1$ maka elektroda yang digunakan memiliki selektif yang sama baik terhadap ion yang dianalisa maupun ion lain, apabila nilai $K<1$ maka elektroda yang digunakan lebih selektif terhadap ion yang dianalisa, namun jika $K>1$ maka elektroda tersebut lebih selektif terhadap ion lain yang ada dalam larutan (Wang, 2001).

Untuk mengetahui koefisien selektivitas elektroda dengan perbedaan potensial yang kecil terhadap kenaikan konsentrasi ion pengganggu, digunakan metode khusus untuk menentukan nilai koefisien selektivitas yang relatif kecil (Srinivasan and Rechnitz, 1969). Dari modifikasi persamaan elektroda dalam larutan yang mengandung ion yang akan dianalisa dan ion pengganggu lain yang juga direspon oleh elektroda maka didapatkan persamaan (Camman, 1979).

$$E'_{sel} = K - 0,0592 \log (a'_1 + Ka'_2) \quad (2.21)$$

Dengan E_{sel} adalah potensial sel, a'_1 adalah aktivitas ion 1 yang dianalisa dalam larutan campuran, a'_2 adalah aktivitas ion lain yang juga direspon oleh elektroda dalam larutan campuran, dan K adalah koefisien selektivitas elektroda dengan adanya ion lain (Camman, 1979). Sedangkan potensial larutan yang mengandung ion utama yang akan dianalisa pada elektroda diberikan oleh persamaan:

$$E_{sel1} = k - 0,0592 \log a_1 \quad (2.22)$$

maka nilai K dapat ditentukan dengan mengkombinasikan persamaan 2.17 dan 2.18 (Srinivasan, 1969) :

$$\left[\exp \left\{ \frac{E - E'}{0,0592} \right\} \right] a_1 - a'_1 = K a'_2 \quad (2.23)$$

Dengan a_1 = aktivitas ion 1 yang akan dianalisa, a'_1 = aktivitas ion 1 dalam larutan campuran, a'_2 = aktivitas ion 2 dalam larutan campuran, E = potensial yang akan dianalisa (mV), E' = potensial sel larutan campuran (mV) dan K = koefisien selektivitas.

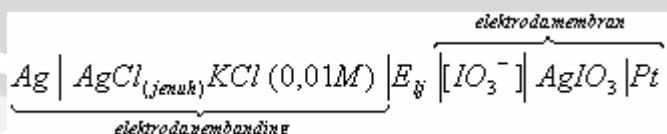
Potensial yang terukur disubstitusikan pada persamaan tersebut, kemudian dibuat kurva hubungan antara a' sebagai absis (sumbu X) dan $K a'_2$ sebagai ordinat (sumbu Y). Kemiringan kurva merupakan nilai selektivitas elektroda.

2.2 Elektroda Selektif Ion (ESI) Iodat

Kawat platina (Pt) digunakan pada ESI iodat tipe kawat terlapis penelitian ini karena merupakan logam inert yang tidak mudah bereaksi dalam berbagai larutan, tahan terhadap pengaruh kimia-fisika, dan mempunyai sifat konduksi yang baik (Wygladacz, 2005). Membran kitosan berfungsi sebagai pendukung agar senyawa aktif AgIO_3 dapat melekat pada kawat Pt. Sedangkan digunakan AgIO_3 bertujuan agar membran yang terlapis selektif terhadap ion iodat.

Kitosan merupakan suatu biopolimer hasil deasetilasi kitin dengan gugus amina dan hidroksil sebagai gugus aktif. Kitosan larut dalam asam seperti asam nitrat, asam klorida dan asam asetat. Kitosan larut dalam larutan asam asetat ($\text{pH}=4$) dengan sempurna karena terjadi protonasi pada gugus amina (Canella dan Garcia, 2001).

Potensial sel diukur menggunakan ESI iodat dengan elektroda pembanding elektrode Ag/AgCl. Modifikasi dari Skoog dkk., (1988), mengenai sel elektrokimia ESI iodat tipe kawat terlapis yaitu:



Dengan:

$[IO_3^-]$ = konsentrasi larutan iodat (M)

E_{lj} = potensial *liquid junction*

Adanya perbedaan kesetimbangan pada sisi membran yang kontak langsung dengan analit (membran eksternal) dengan membran bagian dalam yang dekat dengan kawat (membran internal) menyebabkan terbentuknya potensial elektroda. Hal ini terjadi karena pada membran eksternal akan terbentuk kesetimbangan yang baru yang disebabkan adanya perubahan konsentrasi analit. Beda potensial yang dihasilkan disebut potensial batas (E_b). Modifikasi dari Skoog dkk (1988):

$$E_b = 0,0592 \log \frac{aIO_3^- (2)}{aIO_3^- (1)} \quad (2.24)$$

Dimana $aIO_3^- (2)$ merupakan aktivitas ion di sisi membran bagian dalam dan $aIO_3^- (1)$ merupakan aktivitas ion di sisi membran bagian luar. Potensial batas (E_b) dapat dianalogikan dengan elektroda indikator karena tidak menggunakan elektroda pembanding dalam, sehingga

$$E_{ind} = E_b + E_{asy} \quad (2.25)$$

$$E_{ind} = 0,0592 \log \frac{aIO_3^- (2)}{aIO_3^- (1)} + E_{asy} \quad (2.26)$$

$$E_{ind} = 0,0592 \log aIO_3^- (2) - 0,0592 \log aIO_3^- (1) + E_{asy} \quad (2.27)$$

Potensial elektroda dapat langsung dihitung dengan memasukkan nilai E_{ind} dari persamaan di atas dengan nilai E_{ref} ($E_{Ag/AgCl} = 0,22$ V)

$$E_{sel} = E_{ind} - E_{ref} + E_{lj} \quad (2.28)$$

$$E_{sel} = (0,0592 \log aIO_3^- (2) - 0,0592 \log aIO_3^- (1) + E_{asy}) - 0,22 + E_{lj} \quad (2.29)$$

Jika nilai $aIO_3^- (2)$, E_{ref} , E_{asy} (potensial asimetri) dan E_{lj} bernilai tetap maka nilai

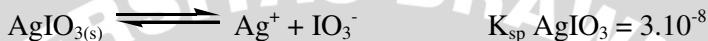
$$K = 0,0592 \log aIO_3^- (1) - 0,22 + E_{asy} + E_{lj} \quad (2.30)$$

sehingga persamaan menjadi:

$$E_{\text{sel}} = K - 0,0592 \log a\text{IO}_3^- \quad (2.31)$$

$$E_{\text{sel}} = K + 0,0592 p\text{IO}_3 \quad (2.32)$$

Ion Cl^- yang merupakan ion sejenis dengan IO_3^- dapat menurunkan selektivitas elektroda.



Ion Cl^- akan membentuk lapisan AgCl karena $K_{\text{sp}} \text{ AgCl}$ lebih kecil dibandingkan dengan $K_{\text{sp}} \text{ AgIO}_3$ ($K_{\text{sp}} \text{ AgCl} = 1,82 \cdot 10^{-10} < K_{\text{sp}} \text{ AgIO}_3 = 3 \cdot 10^{-8}$), yang akan menyebabkan penurunan lapisan AgIO_3 pada permukaan elektroda. Dengan demikian elektroda tidak hanya merespon ion iodat tetapi juga ion klorida.

Mengacu pada persamaan (2.12), penambahan NaNO_3 yang merupakan elektrolit kuat dapat meningkatkan kekuatan ion yang berdampak pada penurunan koefisien aktivitas ion iodat dalam larutan. Penurunan koefisien aktivitas ion iodat ini menyebabkan penurunan aktivitas ion iodat. Sesuai dengan persamaan (2.32) maka potensial sel dan bilangan Nernst akan menurun. Semakin besar kekuatan larutan maka semakin besar pula kelarutan AgIO_3 untuk membentuk sistem kesetimbangan baru antara Ag^+ dan IO_3^- . Akibatnya kemampuan elektroda untuk mendeteksi perubahan konsentrasi iodat berkurang.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan teoritis di atas dapat diketahui bahwa ion nitrat dan klorida dapat mengganggu kinerja ESI Iodat , yang dibuat dengan menggunakan kawat platina yang dilapisi AgIO_3 dalam membran kitosan, ditandainya dengan menurunnya bilangan Nernst.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ,Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan Agustus 2008.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan penelitian

Bahan habis pakai yang digunakan dengan derajat kemurnian pro analis (pa), meliputi : kalium klorida (KCl), kalium iodat (KIO_3), natrium klorida (NaCl), natrium nitrat ($NaNO_3$), perak nitrat ($AgNO_3$), asam asetat (CH_3COOH). Sedangkan bahan-bahan lainnya meliputi kawat perak (panjang 4 cm; diameter 0,5 mm), kawat platina (panjang 5 cm; diameter 0,5 mm), kitosan dan akuades.

3.2.2 Alat penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: kabel, multimeter merek SANWA DMM RD701, neraca analitik merek Mettler AE 166, pengaduk magnet, oven, ampelas, isolasi plastik serta beberapa peralatan gelas.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode percobaan di laboratorium berdasarkan prinsip potensiometri. Penelitian dilakukan dengan mengukur besarnya potensial sel larutan KIO_3 dengan menggunakan elektroda kerja ESI iodat dan elektroda pembanding $Ag/AgCl$. Variabel yang dipelajari adalah pengaruh konsentrasi ion nitrat dan klorida terhadap potensial elektroda dengan menentukan pengaruhnya terhadap kisaran konsentrasi, waktu respon, batas deteksi dan kepekaan elektroda yang ditunjukkan dengan besarnya bilangan Nernst. Pengukuran potensial dilakukan sebanyak

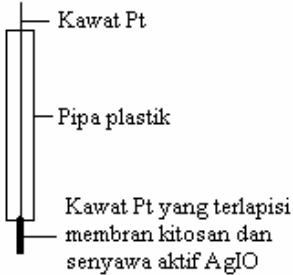
empat kali dengan menggunakan ESI Iodat yang berbeda dalam larutan iodat dengan berbagai konsentrasi ion nitrat atau klorida.

3.4 Tahapan Penelitian

- 3.4.1 Persiapan alat dan bahan (Lampiran 3)**
- 3.4.2 Pembuatan elektroda Ag/AgCl (Lampiran 2)**
- 3.4.3 Pembuatan ESI Iodat tipe kawat terlapis**

Membran kitosan dibuat dengan melarutkan 0,4 gram kitosan dengan 10 mL larutan asam asetat 26,25% dan diaduk hingga homogen selama 24 jam. Setelah itu, larutan kitosan diambil 2 mL dan dilakukan penambahan padatan AgIO_3 sebanyak 0,04 gram, diaduk kembali sampai homogen. Larutan kitosan yang mengandung padatan AgIO_3 , dilapiskan secara merata pada kawat platina dengan ketebalan membran 30 μm . Setelah itu, kawat platina yang sudah terlapisi membran kitosan, dikeringkan di dalam oven pada suhu 50° C selama 12 jam seperti tampak pada Gambar 3.1 (Mulyasuryani, 2007).

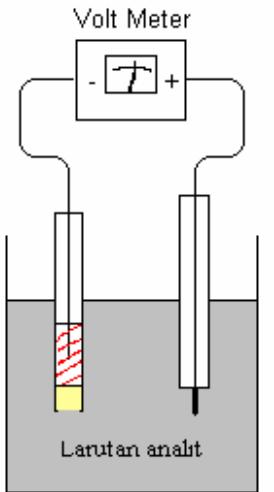
Dimana, padatan AgIO_3 didapatkan dengan mereaksikan 50 mL larutan AgNO_3 0,07 M dengan 50 mL larutan KIO_3 0,07 M. Larutan AgNO_3 dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam larutan KIO_3 yang telah ditambah 1 tetes HNO_3 2M sehingga terbentuk endapan putih keruh (endapan AgIO_3). Endapan tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatmann dan dicuci dengan aquades. Setelah itu, endapan dikeringkan di dalam oven pada suhu 100° C dan diperoleh padatan AgIO_3 . Sedangkan larutan AgNO_3 0,07 M dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,595 gram di atas gelas arloji, dipindahkan ke gelas kimia dan dilarutkan dengan aquades secukupnya. Setelah itu, larutan dipindahkan ke dalam labu takar 50 mL dan ditambah aquades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen.



Gambar 3.1. ESI iodat

3.4.4 Pengukuran potensial sel

Potensial sel diukur dengan menggunakan Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding dan ESI Iodat sebagai elektroda kerja. Kedua elektroda diletakkan terpisah dan dihubungkan dengan potensiometer. ESI Iodat dihubungkan pada kutub positif dan elektroda Ag/AgCl pada kutub negatif. Potensial sel dibaca setelah nilai tetap.



Gambar 3.2 Pengukuran potensial sel

3.4.5 Pengaruh konsentrasi ion nitrat dan klorida

Pengukuran potensial sel, sama seperti di atas, tetapi larutan KIO_3 dalam larutan NaNO_3 1 M; 1.10^{-1} M; 1.10^{-3} M; 1.10^{-4} M. Demikian juga untuk larutan NaCl.

3.5 Analisis Data

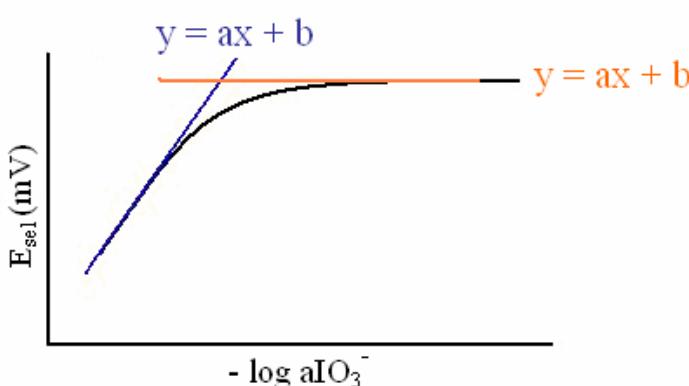
Analisis data digunakan untuk menentukan karakteristik elektroda ESI Iodat yang meliputi bilangan Nernst, batas deteksi, kisaran konsentrasi, waktu respon dan selektivitas. Analisis data yang dilakukan dapat diuraikan sebagai berikut :

3.5.1 Persamaan garis linear

Persamaan garis linier untuk menentukan bilangan Nernst (tingkat kepekaan elektrode), kisaran konsentrasi, batas deteksi, dan tetapan elektrode adalah :

$$Y = aX + b$$

Dengan Y adalah E_{sel} , a adalah harga bilangan Nernst (mV/dekade), X adalah $-\log a \text{IO}_3^-$, dan b adalah tetapan elektrode (K). Adapun kurva hubungan antara $-\log$ aktivitas IO_3^- terhadap potensial sel pada daerah linier adalah:



Gambar 3.3 Kurva hubungan antara $-\log a\text{IO}_3^-$ terhadap potensial sel

3.5.2 Batas deteksi

Batas deteksi ditentukan dengan kurva hubungan antara $-\log$ aktivitas IO_3^- dan potensial sel dari pengukuran beberapa konsentrasi larutan iodat dengan berbagai konsentrasi sesuai dengan Gambar 3.3. Titik potong antara garis singgung daerah yang masih memenuhi persamaan Nernst (daerah linier) dan daerah di luar Nernst (daerah non linier) dengan menentukan persamaan garis singgung pada setiap daerah. Nilai absis (sumbu X) dari titik potong antara kedua daerah tersebut menunjukkan nilai batas deteksi dari ESI Iodat.

3.5.3 Kisaran konsentrasi

Penentuan kisaran konsentrasi pengukuran dilakukan dengan membuat kurva hubungan potensial sel (E_{sel}) terhadap $-\log$ aktivitas IO_3^- pada setiap konsentrasi iodat yang dipelajari. Kemudian, ditentukan daerah yang masih memenuhi persamaan Nernst, yaitu daerah yang memberikan perubahan potensial sel secara signifikan terhadap perubahan konsentrasi. Daerah yang memenuhi kisaran konsentrasi pengukuran adalah rentang konsentrasi yang masih berada dalam daerah linier.

3.5.4 Bilangan Nernst

Nilai bilangan Nernst diperoleh dari kurva hubungan antara $-\log$ aktivitas IO_3^- dengan potensial sel dari pengukuran berbagai konsentrasi iodat. Kurva yang diperoleh merupakan garis lurus pada kisaran konsentrasi tertentu dengan kemiringan sebesar $-2,303 \text{ RT/nF}$ yang merupakan nilai bilangan Nernst.

3.5.5 Waktu respon

Waktu respon merupakan waktu yang dibutuhkan untuk tercapainya kesetimbangan kelarutan pada setiap pengukuran larutan IO_3^- hingga masing-masing larutan iodat menunjukkan harga potensial sel tetap. Penentuan waktu respon dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara waktu pengukuran terhadap potensial sel (E_{sel}).

3.5.6 Selektivitas

Pengukuran koefisien selektivitas dilakukan dengan metode larutan campuran dengan ion iodat sebagai ion utama dan ion nitrat dan klorida sebagai ion pengganggu. Potensial yang didapatkan dari pengukuran larutan yang hanya mengandung iodat saja maupun dengan penambahan berbagai konsentrasi NaNO_3 dan NaCl kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan 2.23 dan dibuat kurva berdasarkan persamaan tersebut. Kemirigan kurva merupakan nilai koefisien selektivitas ESI iodat.

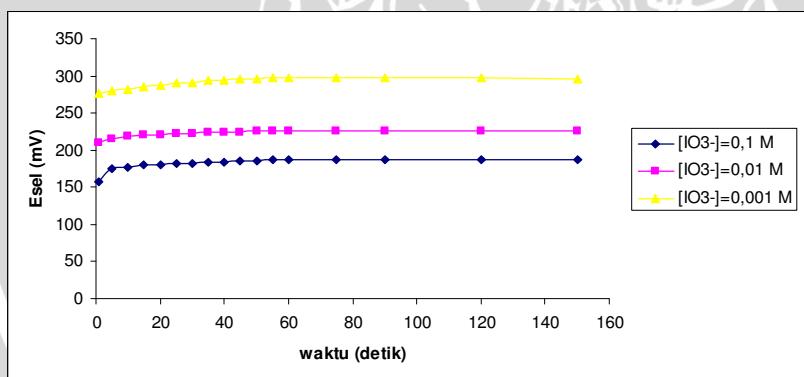


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (ESI) Iodat

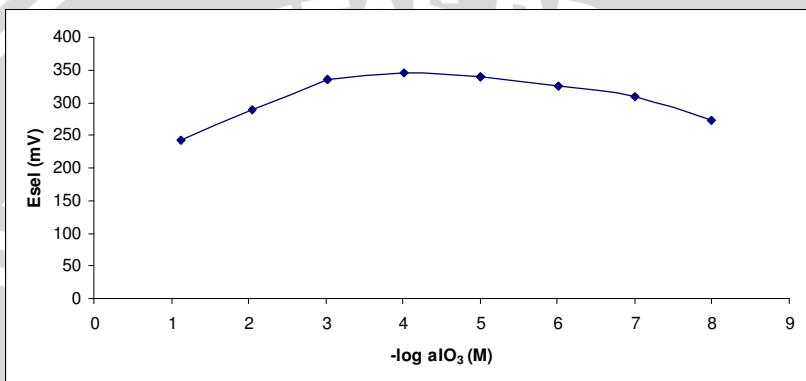
Waktu respon adalah salah satu parameter dari karakter ESI yang harus ditentukan pada awal karakterisasi elektroda karena parameter ESI lainnya ditentukan pada saat waktu respon. Waktu respon ditentukan dengan mengukur potensial sel pada berbagai konsentrasi ion iodat dengan selang waktu 5 detik, hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4.1. Dari Gambar 4.1 diketahui bahwa harga potensial sel yang relatif tetap untuk setiap konsentrasi iodat diperoleh setelah 1 menit. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan waktu respon ESI iodat hasil penelitian adalah 1 menit. Artinya ESI iodat akan mencapai harga potensial yang tetap setelah 1 menit pertama elektroda dicelupkan dalam larutan iodat. Waktu respon menunjukkan harga potensial pada saat kesetimbangan baru tercapai pada daerah antar muka membran dengan larutan analit.



Gambar 4.1 Grafik hubungan waktu pengukuran dengan potensial sel.

Penentuan parameter karakter ESI iodat yang lain kurva hubungan antara $-\log a\text{IO}_3^-$ terhadap potensial sel yang terukur. Hasil pengukuran potensial ESI Iodat pada kisaran konsentrasi ion iodat antara $1 \cdot 10^{-8}$ M hingga $1 \cdot 10^{-1}$ M yang dilakukan pada waktu 1 menit (waktu respon) disajikan pada Gambar 4.2. Berdasarkan Gambar 4.2

dapat ditentukan bilangan Nernst, kisaran konsentrasi dan batas deteksi. Kurva hubungan antara $-\log a_{IO_3^-}$ terhadap potensial sel menunjukkan bahwa terjadi peningkatan potensial sel pada kisaran aktivitas ion iodat dari 1,12 hingga 3,02. Hal ini disebut sebagai daerah linier. Sedangkan pada kisaran aktivitas 4,00 hingga 8,00 terjadi penurunan harga potensial sel, yang disebut sebagai daerah non-linier.



Gambar 4.2 Grafik hubungan $-\log a_{IO_3^-}$ terhadap E_{sel}

Bilangan Nernst merupakan kemiringan dari persamaan garis hubungan antara $-\log a_{IO_3^-}$ dan potensial sel pada daerah linier. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa bilangan Nernst sebesar 48,429 mV/dekade dengan %kesalahan sebesar 6,08% dibandingkan dengan bilangan Nernst teoritis yaitu 59,2 mV/dekade. Pada penelitian ini digunakan membran kitosan sebagai pengembang $AgIO_3$ 2% (b/v). Membran kitosan memiliki gugus hidroksil dan amina (NH_2), dalam asam asetat gugus amina akan berubah menjadi NH_3^+ . Hal tersebut yang menyebabkan membran kitosan bersifat penghantar listrik atau disebut sebagai *conducting polymer*. Dengan demikian, potensial yang terukur ditimbulkan akibat dari konduktivitas membran dan konduktivitas ionik larutan. Hal tersebut menyebabkan perbedaan potensial sel untuk setiap aktivitas IO_3^- menjadi menurun, sehingga bilangan Nernst yang diperoleh lebih kecil dibandingkan teoritis.

Batas deteksi adalah konsentrasi terkecil yang dapat direspon elektroda dengan harga yang dapat dibedakan dari blangko. Batas deteksi elektroda dapat ditentukan dari perpotongan persamaan garis

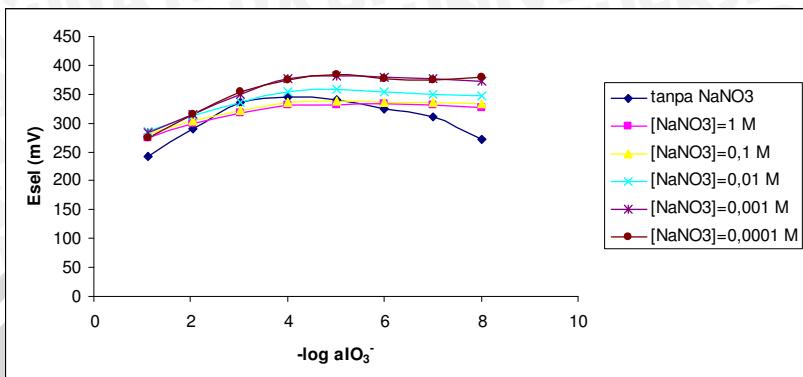
pada daerah linier dan non linier (Lampiran 6). Batas deteksi ESI Iodat hasil penelitian adalah $8 \cdot 10^{-4}$ M, sehingga konsentrasi terkecil dari ion iodat yang dapat memberikan sinyal elektrik yang dapat dideteksi oleh elektroda adalah $8 \cdot 10^{-4}$ M. Dengan adanya batas deteksi ESI Iodat ini maka konsentrasi larutan analit yang diuji harus lebih besar dari batas deteksi agar didapatkan hasil yang sesuai dengan persamaan Nernst. Kisaran konsentrasi ESI iodat hasil penelitian adalah $1 \cdot 10^{-3}$ M hingga $1 \cdot 10^{-1}$ M. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh karakter ESI iodat pada Tabel 4.1. Untuk mempelajari pengaruh ion klorida dan nitrat terhadap kinerja ESI iodat digunakan karakter ESI iodat pada Tabel 4.1 sebagai acuan.

Tabel 4.1 Karakter ESI iodat yang diukur menggunakan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding.

Karakter ESI Iodat	Hasil
Waktu respon	1 menit
Bilangan Nernst	$48,4 \pm 4,7$ mV/dekade
Batas deteksi	$8 \cdot 10^{-4}$ M
Kisaran konsentrasi	$1 \cdot 10^{-3}$ M - $1 \cdot 10^{-1}$ M

4.2 Pengaruh Ion Nitrat terhadap Kinerja ESI Iodat

Pengaruh ion nitrat terhadap kinerja ESI Iodat dilakukan berdasarkan tahapan penelitian 3.4.5. Hasil pengukuran pengaruh konsentrasi ion nitrat terhadap E_{sel} menunjukkan bahwa penambahan ion nitrat ke dalam larutan iodat dapat meningkatkan potensial sel. Akan tetapi perubahan potensial sel pada setiap konsentrasi ion iodat dengan penambahan nitrat lebih kecil dibandingkan dengan perubahan potensial sel pada setiap konsentrasi ion iodat tanpa penambahan ion nitrat (Gambar 4.3). Penigkatan potensial sel disebabkan oleh peningkatan kekuatan ion larutan, sehingga menyebabkan penurunan aktivitas ion iodat dalam larutan (Tabel 4.3). Sesuai dengan persamaan 2.31 potensial sel berbanding terbalik dengan $\log a\text{IO}_3^-$, sehingga penurunan aktivitas dapat menyebabkan peningkatan potensial sel.



Gambar 4.3 Grafik hubungan $-\log [\text{IO}_3^-]$ terhadap E_{sel} pada konsentrasi NaNO_3 yang berbeda.

Tabel 4.2 Pengaruh penambahan NaNO_3 terhadap kinerja ESI iodat

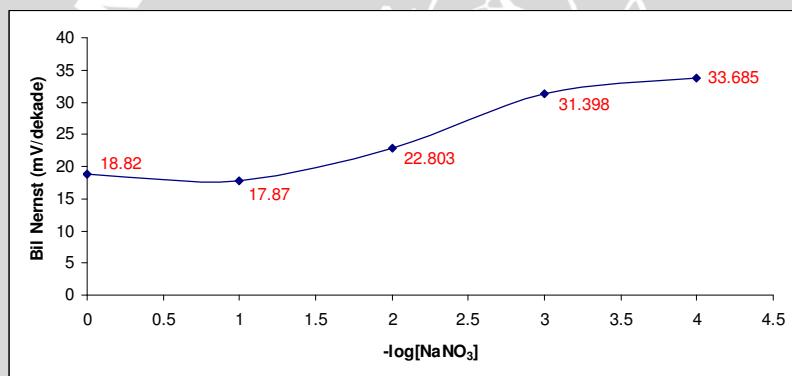
[NaNO_3] (M)	Batas deteksi (M)	Kisaran konsentrasi (M)
0	$8 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$
1	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$

Peningkatan potensial sel ini menyebabkan perubahan batas deteksi dan kisaran konsentrasi ESI iodat seperti yang tersaji pada Tabel 4.2. Penambahan NaNO_3 dapat meningkatkan kisaran konsentrasi dari $1 \cdot 10^{-3}$ M hingga $1 \cdot 10^{-1}$ M menjadi $1 \cdot 10^{-4}$ M hingga $1 \cdot 10^{-1}$ M. Selain itu, terjadi penurunan batas deteksi pada penambahan NaNO_3 $1 \cdot 10^{-3}$ M hingga $1 \cdot 10^{-2}$ M dari $8 \cdot 10^{-4}$ M menjadi $8 \cdot 10^{-5}$ M. Batas deteksi mengalami peningkatan pada konsentrasi NaNO_3 $1 \cdot 10^{-4}$ M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; 1 M. Akan tetapi penambahan NaNO_3 dapat menurunkan harga bilangan Nernst yang akan dibahas lebih lanjut.

Tabel 4.3

Harga kekuatan ion, aktivitas ion, kelarutan AgIO_3 dan potensial sel pada penambahan berbagai konsentrasi NaNO_3 , pada konsentrasi ion iodat 1.10^{-1} M.

[NaNO_3 (M)]	Kekuatan ion (μ)	Aktivitas ion (a)	Kelarutan AgIO_3 (M)	E_{sel} (mV)
0	1.10^{-1}	$7,8.10^{-2}$	$5,0.10^{-7}$	243,2
1.10^{-4}	$10,01.10^{-2}$	$7,8.10^{-2}$	$5,0.10^{-7}$	275
1.10^{-3}	$10,1.10^{-2}$	$7,8.10^{-2}$	$5,0.10^{-7}$	283,1
1.10^{-2}	11.10^{-2}	$7,7.10^{-2}$	$5,0.10^{-7}$	284,6
1.10^{-1}	20.10^{-1}	$7,3.10^{-2}$	$5,6.10^{-7}$	281,6
1	11.10^{-1}	$6,2.10^{-2}$	$7,7.10^{-7}$	275



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara $-\log[\text{NaNO}_3]$ terhadap bilangan Nernst

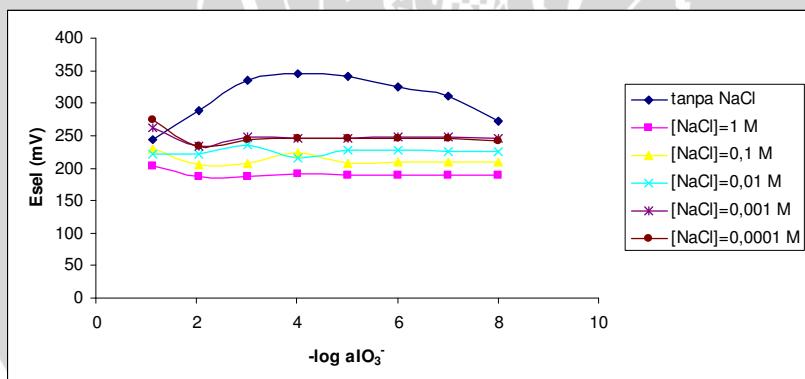
Pengaruh konsentrasi NaNO_3 terhadap bilangan Nernst akan menurunkan harga bilangan Nernst, Gambar 4.4. Penurunan bilangan Nernst dengan penambahan NaNO_3 1.10^{-4} M sebesar 30,4%, sedangkan NaNO_3 1.10^{-3} M 35,2%. Penurunan harga bilangan Nernst hingga 63,1% jika penambahan NaNO_3 1.10^{-1} M. Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa penambahan NaNO_3 dapat meningkatkan kekuatan ion sehingga meningkatkan kelarutan AgIO_3 . Berdasarkan data dari tabel 4.3, dapat dikatakan bahwa penurunan bilangan Nernst disebabkan oleh peningkatan kekuatan ion sehingga meningkatkan kelarutan AgIO_3 . Hal tersebut akan mengakibatkan

jumlah AgIO_3 pada membran menjadi berkurang sehingga menurunkan kepekaan ESI iodat.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan NaNO_3 berpengaruh terhadap kinerja ESI iodat. Penambahan NaNO_3 dalam larutan iodat dapat menurunkan batas deteksi dan meningkatkan kisaran konsentrasi, tetapi menurunkan harga bilangan Nernst yang merupakan parameter kinerja elektroda.

4.3 Pengaruh Ion Klorida terhadap Karakteristik ESI Iodat

Hasil penelitian yang dilakukan pada tahapan penelitian 3.4.5, didapatkan data hubungan antara $-\log \text{aIO}_3^-$ terhadap potensial sel, Gambar 4.5. Penambahan NaCl dalam larutan iodat dapat menurunkan potensial sel yang terukur. Seperti halnya penambahan NaNO_3 , penambahan NaCl dapat meningkatkan kekuatan ion dan kelarutan AgIO_3 . Ion Cl^- dapat membentuk AgCl dengan ion Ag^+ hasil penguraian AgIO_3 sehingga akan terjadi penggantian ion iodat oleh ion Cl^- . Dengan demikian potensial sel yang terukur merupakan hasil kesetimbangan kelarutan AgCl . Pada pengukuran potensial sel pada berbagai konsentrasi iodat, konsentrasi Cl^- adalah tetap, sehingga potensial sel yang terukur tetap.



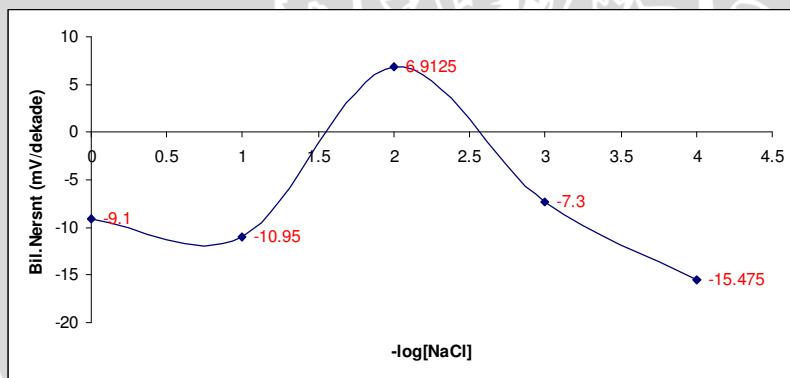
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara $-\log[\text{IO}_3^-]$ terhadap E_{sel} pada konsentrasi NaCl yang berbeda

Penurunan potensial sel akibat penambahan NaCl menyebabkan penurunan batas deteksi ESI iodat, seperti disajikan

pada Tabel 4.4 berikut. Penambahan NaCl dapat menurunkan batas deteksi dari $8 \cdot 10^{-4}$ M menjadi $5 \cdot 10^{-3}$ M; $7 \cdot 10^{-3}$ M; $7 \cdot 10^{-3}$ M; $11 \cdot 10^{-3}$ M; $3 \cdot 10^{-3}$ M dengan penambahan NaCl $1 \cdot 10^{-4}$ M; $1 \cdot 10^{-3}$ M; $1 \cdot 10^{-2}$ M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; 1 M.

Tabel 4.4 Pengaruh penambahan NaCl terhadap kinerja ESI Iodat.

[NaCl] (M)	Batas deteksi (M)	Kisaran konsentrasi (M)
0	$8 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-1}$	$11 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-1}$
1	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-1}$



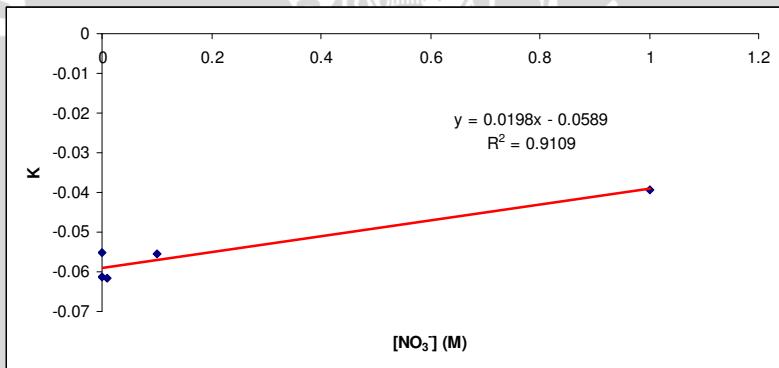
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara $-\log[\text{NaCl}]$ terhadap bilangan Nernst

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan bilangan Nernst dengan penurunan 131,9% dibandingkan bilangan Nernst tanpa penambahan NaCl. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa potensial sel tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas ion iodat tetapi juga dipengaruhi oleh adanya ion sejenis, yaitu ion Cl^- . Ion Cl^- dapat mempengaruhi kesetimbangan AgIO_3 pada membran karena ion Cl^- dapat membentuk lapisan AgCl , seperti

yang sudah dijelaskan di atas. Peningkatan konsentrasi NaCl menyebabkan kelarutan AgIO_3 semakin besar, sehingga ion iodat tergantikan seluruhnya. Oleh karena itu, kenaikan konsentrasi NaCl dapat menurunkan kinerja ESI iodat.

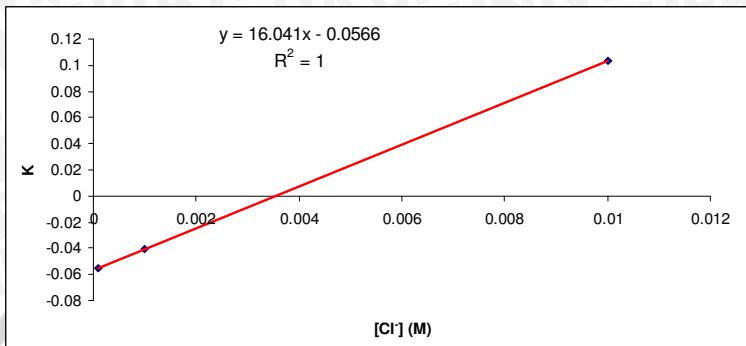
4.4 Selektivitas ESI Iodat terhadap Ion Nitrat dan Klorida

Seperti telah dijelaskan pada sub bab 4.2 dan 4.3 bahwa adanya ion nitrat dan klorida dapat mempengaruhi kinerja ESI Iodat. Oleh karena itu, perlu ditentukan selektivitas ESI Iodat terhadap ion nitrat dan klorida. Setelah didapatkan harga $K_{\text{a}2}$ untuk setiap konsentrasi nitrat dan klorida dibuat grafik hubungan antara konsentrasi ion nitrat dan klorida terhadap $K_{\text{a}2}$. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan grafik seperti Gambar 4.7 untuk ion nitrat dan Gambar 4.8 untuk ion klorida.



Gambar 4.7 Grafik penentuan selektivitas ESI iodat untuk ion NO_3^-

Dari Gambar 4.7 dapat ditentukan persamaan garis $y = -0,0198x - 0,0589$ untuk ion nitrat. Kemiringan kurva tersebut merupakan tetapan selektivitas untuk masing-masing ion. Harga tetapan selektivitas untuk ion nitrat adalah 0,0198. Hal tersebut menunjukkan bahwa ESI Iodat tidak selektif terhadap ion nitrat dibandingkan dengan ion iodat.



Gambar 4.8 Grafik penentuan selektivitas ESI iodat untuk ion Cl^-

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui persamaan $y = 16,041x - 0,0566$ untuk ion klorida. Demikian juga ESI Iodat 16,041 lebih selektif terhadap ion klorida dibandingkan dengan ion iodat. Hal ini dapat dilihat dari %penurunan bilangan Nernst akibat ion nitrat maupun klorida. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa kepekaan ESI Iodat mengalami penurunan yang ditunjukkan oleh penurunan bilangan Nernst.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa :

1. Elektroda Selektif Ion Iodat yang dibuat dengan menggunakan kawat platina yang dilapisi AgIO_3 dalam membran kitosan memiliki waktu respon 1 menit. Dengan menggunakan waktu pengukuran 1 menit didapatkan bilangan Nernst ESI iodat $48,429 \text{ mV/dekade}$; batas deteksi 8.10^{-4} M ; dan kisaran konsentrasi $1.10^{-3} \text{ M} - 1.10^{-1} \text{ M}$.
2. Ion nitrat dan klorida berpengaruh terhadap kinerja ESI Iodat. Ion nitrat dapat meningkatkan kisaran konsentrasi dari 10^{-3} M hingga 10^{-1} M menjadi 10^{-4} M hingga 10^{-1} M . Pada penambahan NaNO_3 1.10^{-3} M hingga 1.10^{-2} M terjadi penurunan batas deteksi dari 8.10^{-4} M menjadi 8.10^{-5} M . Batas deteksi mengalami peningkatan pada konsentrasi NaNO_3 1.10^{-4} M ; 1.10^{-1} M ; dan 1 M . Sedangkan ion klorida menurunkan batas deteksi dari 8.10^{-4} M menjadi 5.10^{-3} M ; 7.10^{-3} M ; 7.10^{-3} M ; 11.10^{-3} M ; 3.10^{-3} M dengan penambahan NaCl 1.10^{-4} M ; 1.10^{-3} M ; 1.10^{-2} M ; 1.10^{-1} M ; 1 M . Selektivitas ESI Iodat terhadap ion klorida lebih besar dibandingkan ion iodat dan lebih kecil dibandingkan ion nitrat.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya, perlu dibuat ESI iodat menggunakan senyawa aktif lainnya dengan kelarutan lebih rendah daripada AgIO_3 sehingga dapat mengurangi gangguan ion asing.

DAFTAR PUSTAKA

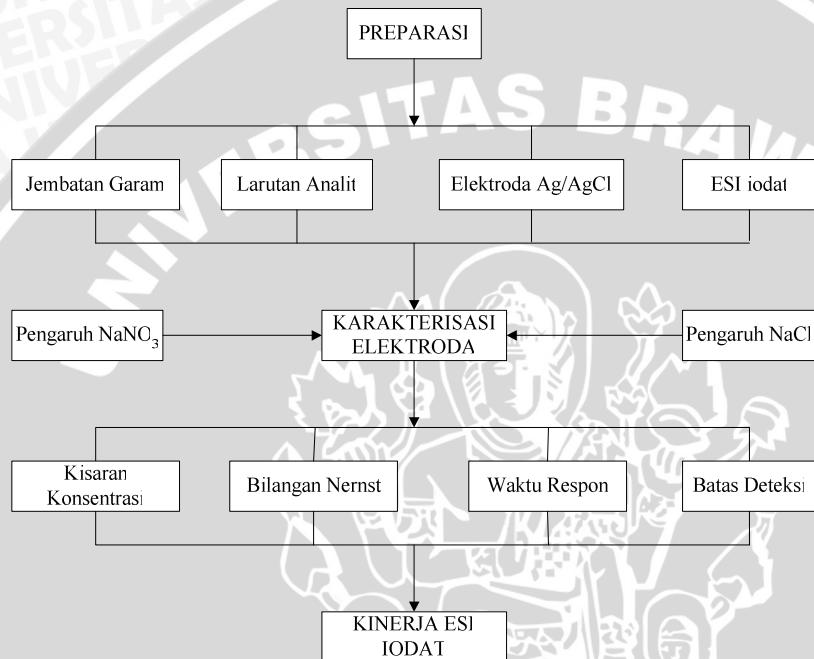
- Anonymous, 2003, **Iodine**,
<http://www.vegansociety.com/html/food/nutrition/iodine.php>, diakses tanggal 27 Maret 2008.
- Anonymous, 2008, **The Ag/AgCl Reference Electrode**,
<http://www.consultsr.com/resources/ref/img/makeagcl.gif&imgrefurl>, diakses tanggal 18 Mei 2008.
- Bailey, P.L., 1976, **Analysis with Ion Selective Electrode**, Heyden & Sons Ltd., London, pp.52-56.
- Camman, K., 1979, **Working with Ion Selective Electrodes**, Chemical Laboratory Practice, Springer-Verlag, New York, pp.23.
- Canella, K. M. N. and Garcia., R. B., 2001, **General Information Chitosan**, <http://www.quitosana.com>, diakses tanggal 18 Mei 2008.
- Christian, G.D and O'Reilly, J.E., 1986, **Instrumental Analysis**, 2nd ed., Allyn and Bacon, Inc, Toronto.
- Day, R.A dan Underwood, A.L, 1993, **Analisa Kimia Kuantitatif**, ed. 4, Erlangga, Surabaya.
- Djokomoeldjanto, R., 1993, **Hipotiroidi di Daerah Defisiensi Iodium, Kumpulan Naskah Simposium GAKI**, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, p. 35-46.
- Evans, A., 1991, **Potentiometric and Ion Selective Electrodes**, 5th ed., John Willey & Sons, New York, 51.
- Laitinen, H.A. and Walter, E.H., 1975, **Chemical Analysis**, 2nd ed., Mc Graw Hill Book & Co, Kogakusha.
- Mulyasuryani, A. and Ismuyanto, B., 2006, **The Construction of a Silver/Silver Iodate Electrode by Electrolysis Techniques**, The 2006 Seminar on Analytical Chemistry, Yogyakarta.
- Mulyasuryani, A. Fardiyah, Q., dan Sugiri, R., 2007, **Perancangan Elektroda Selektif Ion Iodat Menggunakan Perak Iodat Sebagai Bahan Aktif dalam Kitosan Sebagai Pendukung**, Indonesian Journal of Chemistry, Vol. 7, No.3.
- Rieger, P.H., 1994, **Electrochemistry**, 2nd ed., Chapman & Hall, New York, pp.64-67.
- Rivai, H., 1995, **Asas Pemeriksaan Kimia**, UI Press, Jakarta.

- Sawyer, D.T dan Roberts, J.L., 1974, **Experimental Electrochemistry for Chemist**, John Willey & Sons, Kanada, pp 38-41.
- Skoog, D.A., D.M. West and F.J. Holler, 1988, **Analytical Chemistry, an Introduction**, 5th ed., Saunders College Publishing, Philadelphia, 386-397.
- Srinivasan, K. and G. A. Rechnitz, 1969, **Selectivity Studies on Liquid Membrane, Ion-Selective Electrodes**, vol 41, New York, pp.1203-1208.
- Wang, J., 2001, **Analytical Electrochemistry**, 2nd ed., John Willey & Sons inc, New York.
- Wygladacz, K., **Solid-State Sensor**,
<http://www.csrg.ch.pw.edu.pl.htm>, diakses tanggal 18 Mei 2008.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. DIAGRAM TAHAPAN PENELITIAN



LAMPIRAN 2. PEMBUATAN ELEKTRODA

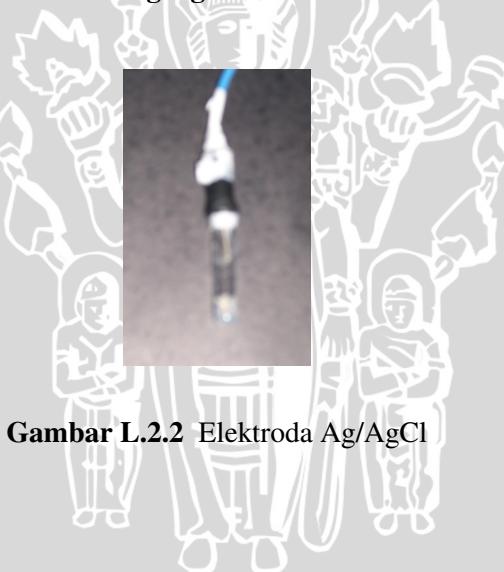
L.2.1 Pembuatan elektroda Ag/AgCl

Kawat Ag

- dipotong sepanjang 4 cm
- diampelas
- dicuci dengan akuades
- dimasukkan dalam tabung berisi jembatan garam, KCl 1M, 1 tetes AgNO₃

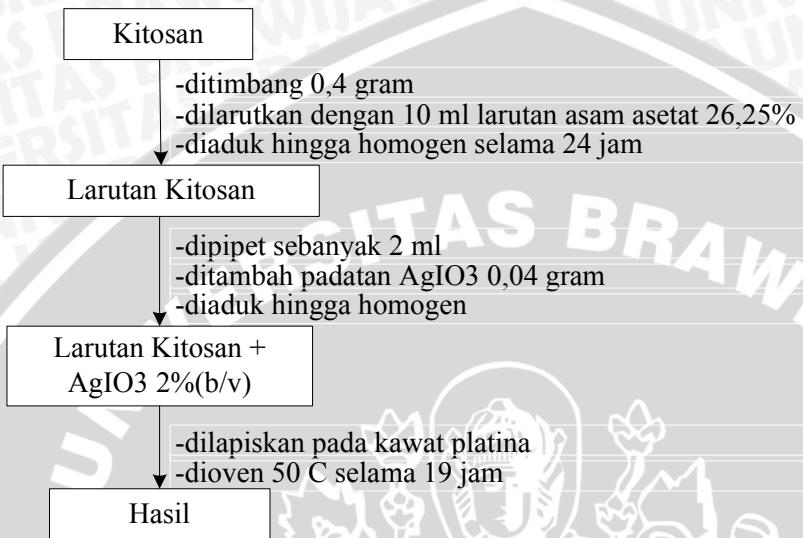
Hasil

L.2.2 Gambar Elektroda Ag/AgCl



Gambar L.2.2 Elektroda Ag/AgCl

L.2.3 Pembuatan ESI Iodat

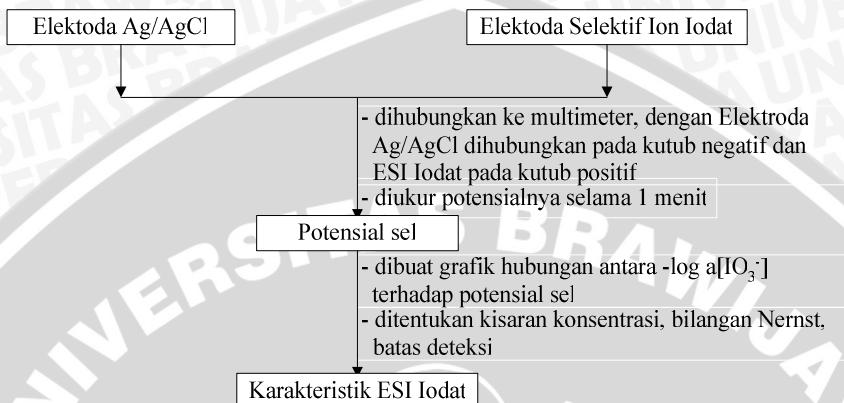


L.2.4 Gambar ESI Iodat



Gambar L.2.4 ESI Iodat

L.2.5 Pengukuran potensial sel



L.2.6 Gambar rangkaian alat pengukuran potensial sel



Gambar L.2.6 Rangkaian alat pengukuran potensial sel

LAMPIRAN 3. PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN

L.3.1 Pembuatan 100 mL larutan KCl 1 M (untuk elektrode pembanding Ag/AgCl)

$$* \text{ mol KCl} = 1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,1 \text{ mol}$$

$$* \text{ massa KCl} = 0,1 \text{ mol} \times 74,551 \text{ gram/mol}$$

$$= 7,455 \text{ gram}$$

Berat KCl yang harus ditimbang sebesar 7,455 gram.

L.3.2 Pembuatan 250 mL larutan $\text{KIO}_3 2 \cdot 10^{-1} \text{ M}$

$$* \text{ mol KIO}_3 = 0,2 \text{ mol/L} \times 0,25 \text{ L}$$

$$= 0,05 \text{ mol}$$

$$* \text{ massa KIO}_3 = 0,05 \text{ mol} \times 213,995 \text{ gram/mol}$$

$$= 10,6997 \text{ gram.}$$

Berat KIO_3 yang harus ditimbang sebesar 10,6997 gram.

L.3.3 Pembuatan larutan 100 mL $\text{KIO}_3 1 \cdot 10^{-1} \text{ M}$ dari $2 \cdot 10^{-1} \text{ M}$

$$\text{Mol KIO}_3 10^{-1} \text{ M} 100 \text{ mL}$$

$$= 0,1 \text{ L/mol} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{KIO}_3 2 \cdot 10^{-1} \text{ M} \text{ yang harus dipipet}$$

$$= 10^{-2} \text{ mol} : 0,2 \text{ mol/L}$$

$$= 0,05 \text{ L}$$

$$= 50 \text{ mL}$$

Volume larutan $\text{KIO}_3 2 \cdot 10^{-1} \text{ M}$ yang dibutuhkan untuk pembuatan 100 ml larutan $\text{KIO}_3 1 \cdot 10^{-1} \text{ M}$ sebanyak 50 mL.

L.3.4 Contoh perhitungan pembuatan larutan 100 mL KIO_3

10^{-2} M sampai 10^{-8} M dari 10^{-1} M

$$\text{Mol KIO}_3 10^{-2} \text{ M} 100 \text{ mL}$$

$$= 0,01 \text{ L/mol} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{KIO}_3 10^{-1} \text{ M} \text{ yang harus dipipet}$$

$$= 10^{-3} \text{ mol} : 0,1 \text{ mol/L}$$

$$= 0,01 \text{ L}$$

$$= 10 \text{ mL}$$

Volume larutan $\text{KIO}_3 10^{-1} \text{ M}$ yang dibutuhkan untuk pembuatan 100 ml larutan $\text{KIO}_3 10^{-2} \text{ M}$ sebanyak 10 mL.

L.3.5 Pembuatan 50 mL larutan AgNO₃ 0,07 M

$$\begin{aligned} * \text{ mol AgNO}_3 &= 0,07 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,0035 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \text{ massa AgNO}_3 &= 0,0035 \text{ mol} \times 169,87 \text{ gram/mol} \\ &= 0,595 \text{ gram.} \end{aligned}$$

Berat AgNO₃ yang harus ditimbang sebesar 0,595 gram.

L.3.6 Pembuatan 50 mL larutan KIO₃ 0,07 M

$$\begin{aligned} * \text{ mol KIO}_3 &= 0,07 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,0035 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \text{ massa KIO}_3 &= 0,0035 \text{ mol} \times 214 \text{ gram/mol} \\ &= 0,749 \text{ gram.} \end{aligned}$$

Berat KIO₃ yang harus ditimbang sebesar 0,749 gram.

L.3.7 Pembuatan 100 ml larutan NaNO₃ 2 M

$$\begin{aligned} * \text{ mol NaNO}_3 &= M \times V \\ &= 2 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} = 0,2 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \text{ massa NaNO}_3 &= \text{mol} \times \text{Mr} \\ &= 0,2 \text{ mol} \times 84,896 \text{ gram/mol} = 16,9792 \text{ gram} \end{aligned}$$

Berat NaNO₃ yang harus ditimbang sebesar 16,9792 gram.

L.3.8 Perhitungan pembuatan larutan NaNO₃ 1 M dari 2 M

$$\begin{aligned} \text{Mol NaNO}_3 1 \text{ M } 100 \text{ mL} \\ &= 1 \text{ L/mol} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 10^{-1} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NaNO}_3 2 \text{ M yang harus dipipet} \\ &= 10^{-1} \text{ mol} : 2 \text{ mol/L} \\ &= 0,05 \text{ L} \\ &= 50 \text{ mL} \end{aligned}$$

Volume larutan NaNO₃ 2 M yang dibutuhkan untuk pembuatan 100 ml larutan NaNO₃ 1 M sebanyak 50 mL.

L.3.9 Contoh perhitungan pembuatan larutan NaNO₃ 1.10⁻¹ M dari 1 M

$$\begin{aligned} \text{Mol NaNO}_3 10^{-1} \text{ M } 100 \text{ mL} \\ &= 0,1 \text{ L/mol} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 10^{-2} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NaNO}_3 1 \text{ M yang harus dipipet} \\ &= 10^{-2} \text{ mol} : 1 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,01 \text{ L} \\ &= 10 \text{ mL} \end{aligned}$$

Volume larutan NaNO_3 1 M yang dibutuhkan untuk pembuatan 100 ml larutan NaNO_3 10^{-1} M sebanyak 10 mL.

L.3.10 Pembuatan 100 ml larutan NaCl 2 M

$$\begin{aligned} * \text{ mol NaCl} &= M \times V \\ &= 2 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} = 0,2 \text{ mol} \\ * \text{ massa NaCl} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\ &= 0,2 \text{ mol} \times 58,44 \text{ gram/mol} = 11,688 \text{ gram} \end{aligned}$$

Berat NaCl yang harus ditimbang sebesar 11,688 gram.

L.3.11 Perhitungan pembuatan larutan NaCl 1 M dari 2 M

Mol NaCl 1 M 100 mL

$$\begin{aligned} &= 1 \text{ L/mol} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 10^{-1} \text{ mol} \end{aligned}$$

NaCl 2 M yang harus dipipet

$$\begin{aligned} &= 10^{-1} \text{ mol} : 2 \text{ mol/L} \\ &= 0,05 \text{ L} \\ &= 50 \text{ mL} \end{aligned}$$

Volume larutan NaCl 2 M yang dibutuhkan untuk pembuatan 100 ml larutan NaCl 1 M sebanyak 50 mL.

L.3.12 Contoh perhitungan pembuatan larutan NaCl 1.10^{-1} M dari 1 M

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl } 10^{-1} \text{ M 100 mL} &= 0,1 \text{ L/mol} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 10^{-2} \text{ mol} \end{aligned}$$

NaCl 1 M yang harus dipipet

$$\begin{aligned} &= 10^{-2} \text{ mol} : 1 \text{ mol/L} \\ &= 0,01 \text{ L} \\ &= 10 \text{ mL} \end{aligned}$$

Volume larutan NaCl 1 M yang dibutuhkan untuk pembuatan 100 ml larutan NaCl 10^{-1} M sebanyak 10 mL.

LAMPIRAN 4. PEMBUATAN LARUTAN

L.4.1 Larutan $\text{KIO}_3 \cdot 2.10^{-1} \text{ M}$

Ditimbang 10,6997 gram KIO_3 kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dalam beker gelas. Setelah itu dipindahkan dalam tabu takar 250 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.2 Larutan $\text{KIO}_3 \cdot 1.10^{-1} \text{ M}$ dari Larutan 2.10^{-1} M

Dipipet 50 mL $\text{KIO}_3 \cdot 2.10^{-1} \text{ M}$ kemudian dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.2 Larutan $\text{KIO}_3 \cdot 1.10^{-2} \text{ M}$ dari Larutan 1.10^{-1} M

Dipipet 10 mL $\text{KIO}_3 \cdot 1.10^{-1} \text{ M}$ kemudian dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.3.3 Larutan $\text{KIO}_3 \cdot 1.10^{-3} \text{ M}$ hingga 1.10^{-8} M

Konsentrasi awal (M)	Konsentrasi akhir (M)	Volume larutan awal yang dipipet (mL)	Volume total (mL)
1.10^{-2}	1.10^{-3}	10	100
1.10^{-3}	1.10^{-4}	10	100
1.10^{-4}	1.10^{-5}	10	100
1.10^{-5}	1.10^{-6}	10	100
1.10^{-6}	1.10^{-7}	10	100
1.10^{-7}	1.10^{-8}	10	100

L.4.4 Larutan $\text{KCl} \cdot 1 \text{ M}$

Ditimbang 7,455 gram KCl kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dalam beker gelas. Setelah itu dipindahkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.5 Larutan $\text{AgNO}_3 \cdot 0,07 \text{ M}$

Ditimbang 0,595 gram AgNO_3 kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dalam beker gelas. Setelah itu ditambahkan akuades sampai dengan 50 ml.

L.4.6 Larutan KIO₃ 0,07 M

Ditimbang 0,749gram KIO₃ kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dalam beker gelas. Setelah itu ditambahkan akuades hingga 50 mL.

L.4.7 Larutan NaNO₃ 2 M

Ditimbang 16,9792 gram NaNO₃ kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dalam beker gelas. Setelah itu dipindahkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.8 Larutan NaNO₃ 1 M dari Larutan 2 M

Dipipet 50 mL NaNO₃ 2 M kemudian dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.9 Larutan NaNO₃ 1. 10^{-1} M dari Larutan 1 M

Dipipet 10 mL NaNO₃ 1 M kemudian dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.10 Larutan NaNO₃ 1. 10^{-2} M hingga 1. 10^{-4} M

Konsentrasi awal (M)	Konsentrasi akhir (M)	Volume larutan awal yang dipipet (mL)	Volume total (mL)
1. 10^{-1}	1. 10^{-2}	10	100
1. 10^{-2}	1. 10^{-3}	10	100
1. 10^{-3}	1. 10^{-4}	10	100

L.4.11 Larutan KIO₃ 1. 10^{-1} M dalam 1 M; 1. 10^{-1} M; 1. 10^{-2} M; 1. 10^{-3} M dan 1. 10^{-4} M NaNO₃

Disiapkan lima buah labu takar 25 mL, masing-masing diisi dengan 12,5 mL larutan KIO₃ 2. 10^{-1} M; dan ditambah larutan NaNO₃ untuk labu takar I = 12,5 mL(2 M); II = 2,5 mL(1 M); III = 2,5 mL(1. 10^{-1} M); IV = 2,5 mL(1. 10^{-2} M); V = 2,5 mL(1. 10^{-3} M). Kemudian diencerkan sampai tanda batas.

L.4.12 Larutan KIO₃ 1. 10^{-2} M dalam 1 M; 1. 10^{-1} M; 1. 10^{-2} M; 1. 10^{-3} M dan 1. 10^{-4} M NaNO₃

Disiapkan lima buah labu takar 25 mL, masing-masing diisi dengan 10 mL larutan KIO₃ 1. 10^{-1} M; dan ditambah larutan NaNO₃

untuk labu takar I = 12,5 mL(2 M); II = 2,5 mL(1 M); III = 2,5 mL($1 \cdot 10^{-1}$ M); IV = 2,5 mL($1 \cdot 10^{-2}$ M); V = 2,5 mL($1 \cdot 10^{-3}$ M). Kemudian diencerkan sampai tanda batas.

L.4.13 Larutan KIO_3 $1 \cdot 10^{-3}$ M dalam 1 M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; $1 \cdot 10^{-2}$ M; $1 \cdot 10^{-3}$ M dan $1 \cdot 10^{-4}$ M NaNO_3

Disiapkan lima buah labu takar 25 mL, masing-masing diisi dengan 10 mL larutan KIO_3 $1 \cdot 10^{-2}$ M; dan ditambah larutan NaNO_3 untuk labu takar I = 12,5 mL(2 M); II = 2,5 mL(1 M); III = 2,5 mL($1 \cdot 10^{-1}$ M); IV = 2,5 mL($1 \cdot 10^{-2}$ M); V = 2,5 mL($1 \cdot 10^{-3}$ M). Kemudian diencerkan sampai tanda batas.

L.4.14 Larutan NaCl 2 M

Ditimbang 11,688 gram NaCl kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dalam beker gelas. Setelah itu dipindahkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.15 Larutan NaCl 1 M dari Larutan 2 M

Dipipet 50 mL NaCl 2 M kemudian dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.16 Larutan NaCl $1 \cdot 10^{-1}$ M dari Larutan 1 M

Dipipet 10 mL NaCl 1 M kemudian dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

L.4.17 Larutan NaCl $1 \cdot 10^{-2}$ M hingga $1 \cdot 10^{-4}$ M

Konsentrasi awal (M)	Konsentrasi akhir (M)	Volume larutan awal yang dipipet (mL)	Volume total (mL)
$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	10	100
$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	10	100
$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	10	100

L.4.18 Larutan KIO_3 $1 \cdot 10^{-1}$ M dalam 1 M; $1 \cdot 10^{-1}$ M; $1 \cdot 10^{-2}$ M; $1 \cdot 10^{-3}$ M dan $1 \cdot 10^{-4}$ M NaCl

Disiapkan lima buah labu takar 25 mL, masing-masing diisi dengan 12,5 mL larutan KIO_3 $2 \cdot 10^{-1}$ M; dan ditambah larutan NaCl untuk labu takar I = 12,5 mL(2 M); II = 2,5 mL(1 M); III = 2,5

$\text{mL}(1.10^{-1} \text{ M})$; IV = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-2} \text{ M})$; V = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-3} \text{ M})$. Kemudian diencerkan sampai tanda batas.

L.4.19 Larutan KIO_3 1.10^{-2} M dalam 1 M ; 1.10^{-1} M ; 1.10^{-2} M ; 1.10^{-3} M dan 1.10^{-4} M NaCl

Disiapkan lima buah labu takar 25 mL, masing-masing diisi dengan 10 mL larutan KIO_3 1.10^{-1} M ; dan ditambah larutan NaCl untuk labu takar I = $12,5 \text{ mL}(2 \text{ M})$; II = $2,5 \text{ mL}(1 \text{ M})$; III = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-1} \text{ M})$; IV = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-2} \text{ M})$; V = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-3} \text{ M})$. Kemudian diencerkan sampai tanda batas.

L.4.20 Larutan KIO_3 1.10^{-3} M dalam 1 M ; 1.10^{-1} M ; 1.10^{-2} M ; 1.10^{-3} M dan 1.10^{-4} M NaCl

Disiapkan lima buah labu takar 25 mL, masing-masing diisi dengan 10 mL larutan KIO_3 1.10^{-2} M ; dan ditambah larutan NaCl untuk labu takar I = $12,5 \text{ mL}(2 \text{ M})$; II = $2,5 \text{ mL}(1 \text{ M})$; III = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-1} \text{ M})$; IV = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-2} \text{ M})$; V = $2,5 \text{ mL}(1.10^{-3} \text{ M})$. Kemudian diencerkan sampai tanda batas.

LAMPIRAN 5. DATA POTENSIAL SEL

L.5.1 Data Penentuan Waktu Respon ke-1

Waktu (detik)	E _{sel} (mV) pada [IO ₃ ⁻] (M)		
	1.10 ⁻¹	1.10 ⁻²	1.10 ⁻³
1	132,5	144,0	197,0
5	162,7	153,9	210,2
10	163,1	157,5	217,8
15	163,7	162,4	222,8
20	164,4	165,0	229,0
25	165,0	168,3	235,9
30	165,8	170,7	238,8
35	166,4	172,7	242,8
40	167,0	174,5	245,1
45	167,6	176,1	247,5
50	168,1	177,7	249,7
55	168,5	179,0	251,5
60	169,0	180,1	253,0
75	168,9	180,3	252,8
90	168,8	179,8	252,7
120	168,8	179,7	251,9
150	168,7	179,7	251,8

L.5.2 Data Penentuan Waktu Respon ke-2

Waktu (detik)	E _{sel} (mV) pada [IO ₃ ⁻] (M)		
	1.10 ⁻¹	1.10 ⁻²	1.10 ⁻³
1	154,0	191,5	257,0
5	154,8	192,0	258,9
10	155,5	192,4	260,7
15	156,7	192,6	261,8
20	157,4	192,7	262,7
25	158,1	192,8	263,4
30	158,6	193,0	264,0
35	158,8	193,0	264,5
40	159,1	193,0	264,9
45	159,3	193,1	265,3
50	159,4	193,2	265,6
55	159,2	193,3	266,0

60	159,6	193,4	266,2
75	158,8	193,4	266,1
90	157,6	193,2	266,1
120	155,6	193,2	265,8
150	155,0	193,0	265,8

L.5.3 Data Penentuan Waktu Respon ke-3

Waktu (detik)	E_{sel} (mV) pada $[IO_3^-]$ (M)		
	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
1	140,5	240,9	325,2
5	179,5	247,5	325,3
10	187,7	255,0	325,3
15	193,0	256,2	326,5
20	195,8	256,5	326,8
25	198,8	256,9	330,7
30	200,9	257,6	331,5
35	203,1	257,7	332,4
40	206,4	258,0	332,6
45	208,5	258,2	333,0
50	210,8	258,9	333,5
55	214,8	259,1	333,8
60	215,4	259,4	334,5
75	216,0	259,2	334,2
90	217,0	259,2	334,2
120	217,5	259,1	333,8
150	217,8	259,1	333,8

L.5.4 Data Penentuan Waktu Respon ke-4

Waktu (detik)	E_{sel} (mV) pada $[IO_3^-]$ (M)		
	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
1	199,8	266,0	326,5
5	202,7	266,3	326,6
10	203,5	266,9	326,6
15	204,2	267,4	326,9
20	204,6	268,0	327,0
25	205,0	269,0	328,9
30	205,2	269,5	329,7
35	205,3	269,8	335,1

40	205,4	270,0	335,7
45	205,5	270,3	336,3
50	205,6	270,6	336,9
55	205,6	270,9	337,4
60	205,7	271,1	337,8
75	205,7	270,8	337,5
90	205,8	270,8	336,5
120	205,8	269,8	335,1
150	205,8	269,8	335,1

L.5.5 Data Penentuan Waktu Respon Rata-Rata

Waktu (detik)	E_{sel} (mV) pada $[IO_3^-]$ (M)		
	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
1	156,7	210,6	276,4
5	174,9	214,9	280,3
10	177,4	218,0	282,6
15	179,4	219,7	284,5
20	180,6	220,6	286,4
25	181,7	221,8	289,7
30	182,6	222,7	291,0
35	183,4	223,3	293,7
40	184,5	223,9	294,6
45	185,2	224,4	295,5
50	186,0	225,1	296,4
55	187,0	225,6	297,2
60	187,4	226,0	297,9
75	187,4	226,0	297,7
90	187,3	225,8	297,4
120	187,0	225,5	296,7
150	186,8	225,4	296,6

L.5.6 Data Potensial Sel pada Waktu Pengukuran 1 menit

[IO ₃] (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata- Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10 ⁻¹	214,1	250,6	250,9	257,1	243,2
1.10 ⁻²	264,9	282,7	294,6	314,1	289,1
1.10 ⁻³	304,6	350,0	337,6	347,3	334,9
1.10 ⁻⁴	315,8	336,1	364,9	362,0	344,7
1.10 ⁻⁵	307,1	331,0	370,6	352,3	340,3
1.10 ⁻⁶	300,8	327,5	333,9	338,6	325,2
1.10 ⁻⁷	287,3	317,9	316,0	319,0	310,1
1.10 ⁻⁸	255,2	286,6	286,3	259,0	271,8

L.5.7 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO₃ 1.10⁻¹ M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[NO ₃] (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata- Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10 ⁻⁴	277,6	296,7	268,0	257,7	275,0
1.10 ⁻³	261,7	294,8	290,9	284,9	283,1
1.10 ⁻²	248,7	299,0	299,3	291,2	284,6
1.10 ⁻¹	240,2	299,7	296,9	289,4	281,6
1	238,5	284,9	286,2	290,3	275,0

L.5.8 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO₃ 1.10⁻² M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[NO ₃] (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata- Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10 ⁻⁴	310,2	329,8	318,1	303,1	315,3
1.10 ⁻³	306,1	322,9	322,8	305,8	314,4
1.10 ⁻²	296,5	323,0	322,6	314,2	314,1
1.10 ⁻¹	282,7	312,2	317,3	304,2	304,1
1	277,0	305,0	311,7	303,9	299,4

L.5.9 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-3} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{NO}_3^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata- Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	353,7	377,2	351,6	329,7	353,1
1.10^{-3}	342,1	372,5	357,1	326,2	349,5
1.10^{-2}	321,8	352,3	345,6	320,4	335,0
1.10^{-1}	303,8	332,7	334,0	319,6	322,5
1	298,0	321,1	323,2	325,6	317,0

L.5.10 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-4} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{NO}_3^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata- Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	381,4	385,0	360,6	371,8	374,7
1.10^{-3}	365,0	394,0	371,8	373,5	376,1
1.10^{-2}	334,5	369,8	347,2	362,8	353,6
1.10^{-1}	314,9	350,4	336,0	338,6	335,0
1	310,2	341,6	327,8	347,8	331,9

L.5.11 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-5} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{NO}_3^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata- Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	338,5	394,0	368,7	388,2	384,9
1.10^{-3}	362,7	395,8	377,0	389,0	381,1
1.10^{-2}	337,1	363,9	353,9	382,2	359,3
1.10^{-1}	322,3	345,7	340,3	348,5	339,2
1	317,7	336,5	322,6	345,8	330,7

L.5.12 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-6} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[NO_3^-] (M)	E_{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	390,5	384,0	368,5	366,7	377,4
1.10^{-3}	364,5	387,5	373,7	395,4	380,3
1.10^{-2}	339,0	357,8	352,8	366,4	354,0
1.10^{-1}	322,5	340,2	344,2	336,6	335,9
1	321,2	333,8	337,0	345,7	334,4

L.5.13 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-7} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[NO_3^-] (M)	E_{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	368,0	380,0	373,1	373,5	373,7
1.10^{-3}	376,3	382,5	378,8	372,0	377,4
1.10^{-2}	342,0	351,1	356,8	351,7	350,4
1.10^{-1}	323,0	335,8	345,5	342,4	336,7
1	323,9	330,0	338,4	333,4	331,4

L.5.14 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-8} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[NO_3^-] (M)	E_{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	377,0	392,7	373,9	376,9	380,1
1.10^{-3}	355,9	373,0	378,7	381,0	372,2
1.10^{-2}	328,0	346,0	357,4	353,2	346,2
1.10^{-1}	310,9	330,4	346,3	342,9	332,6
1	307,8	327,2	338,1	332,1	326,3

L.5.15 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-1} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{Cl}^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	209,0	232,8	333,9	323,2	274,7
1.10^{-3}	195,8	224,2	323,5	305,9	262,4
1.10^{-2}	188,2	207,1	254,4	236,1	221,5
1.10^{-1}	189,9	227,6	265,4	237,0	230,0
1	193,5	207,5	211,2	203,9	204,0

L.5.16 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-2} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{Cl}^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	216,2	231,4	257,9	230,7	234,1
1.10^{-3}	204,9	224,8	261,3	243,8	233,7
1.10^{-2}	189,8	214,0	245,8	238,0	221,9
1.10^{-1}	175,6	205,1	221,9	218,8	205,4
1	166,7	189,1	195,0	197,7	187,1

L.5.17 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-3} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{Cl}^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	253,1	254,0	236,9	231,1	243,8
1.10^{-3}	241,7	243,5	250,2	255,6	247,8
1.10^{-2}	232,2	224,5	239,1	245,3	235,3
1.10^{-1}	179,8	206,1	219,0	227,4	208,1
1	171,8	187,3	192,3	191,9	185,8

L.5.18 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-4} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[Cl ⁻] (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	248,5	271,7	234,4	231,4	246,5
1.10^{-3}	227,5	244,2	251,3	256,1	244,8
1.10^{-2}	200,9	214,4	217,4	225,6	214,6
1.10^{-1}	202,2	217,6	232,5	242,1	223,6
1	188,1	190,1	190,9	191,2	190,1

L.5.19 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-5} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[Cl ⁻] (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	254,6	273,9	232,7	225,4	246,7
1.10^{-3}	231,8	253,3	255,4	245,2	246,4
1.10^{-2}	203,8	225,0	237,0	242,3	227,0
1.10^{-1}	181,5	207,5	216,8	224,9	207,7
1	185,5	192,2	188,3	193,0	189,8

L.5.20 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-6} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

[Cl ⁻] (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	251,4	274,8	230,7	224,8	245,4
1.10^{-3}	226,5	254,8	251,4	256,4	247,3
1.10^{-2}	214,4	226,0	234,6	247,2	228,1
1.10^{-1}	187,5	208,6	215,7	224,3	209,0
1	183,7	192,8	185,1	193,3	188,7

L.5.21 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-7} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{Cl}^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	255,6	276,1	221,9	230,8	246,1
1.10^{-3}	229,9	258,3	257,0	242,9	247,0
1.10^{-2}	204,4	226,5	230,8	243,8	226,4
1.10^{-1}	188,0	208,3	213,5	225,5	208,8
1	183,5	193,5	185,6	194,6	189,3

L.5.22 Data Potensial Sel pada Konsentrasi KIO_3 1.10^{-8} M dan Waktu Pengukuran 1 menit

$[\text{Cl}^-]$ (M)	E _{sel} (mV)				Esel Rata-Rata (mV)
	I	II	III	IV	
1.10^{-4}	242,8	275,0	221,8	227,4	241,8
1.10^{-3}	225,8	253,2	243,1	256,9	244,8
1.10^{-2}	203,0	226,8	228,8	244,1	225,7
1.10^{-1}	185,9	208,9	212,6	226,6	208,5
1	183,0	193,5	186,2	192,6	188,8

LAMPIRAN 6. ANALISIS DATA

L.6.1 Data Kekuatan Ion, Kofisien Aktivitas, Aktivitas Ion Iodat

$$\begin{aligned}\mu_{KIO_3} &= \frac{1}{2} \sum Z_i^2 C_i \\ &= \frac{1}{2} (Z_{K^+}^2 \cdot C_{K^+} + Z_{IO_3^-}^2 \cdot C_{IO_3^-}) \\ &= \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,1 + (-1)^2 \cdot 0,1) \\ &= 0,1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}-\log f_{IO_3^-} &= \frac{0,51 z_{IO_3^-}^2 \sqrt{\mu}}{1 + 0,33 \alpha_{IO_3^-} \sqrt{\mu}} \\ &= \frac{0,51(-1)^2 \sqrt{0,1}}{1 + 0,33(4,5)\sqrt{0,1}} \\ &= 0,109741667\end{aligned}$$

$$\frac{1}{f_{IO_3^-}} = 1,287483487$$

$$f_{IO_3^-} = 0,776708991 \approx 7,77 \cdot 10^{-1}$$

$$\begin{aligned}a_{IO_3^-} &= f_{IO_3^-} \cdot C_{IO_3^-} \\ &= 7,77 \cdot 10^{-1} \cdot 0,1 \\ &= 7,77 \cdot 10^{-2}\end{aligned}$$

$[IO_3^-] (M)$	Kekuatan ion (μ)	Koefisien aktivitas (f_i)	Aktivitas (a_i)
1.10^{-1}	1.10^{-1}	$7,77.10^{-1}$	$7,77.10^{-2}$
1.10^{-2}	1.10^{-2}	$9,03.10^{-1}$	$9,03.10^{-3}$
1.10^{-3}	1.10^{-3}	$9,65.10^{-1}$	$9,65.10^{-4}$
1.10^{-4}	1.10^{-4}	$9,88.10^{-1}$	$9,88.10^{-5}$
1.10^{-5}	1.10^{-5}	$9,96.10^{-1}$	$9,96.10^{-6}$
1.10^{-6}	1.10^{-6}	$9,99.10^{-1}$	$9,99.10^{-7}$
1.10^{-7}	1.10^{-7}	$1,00.10^0$	$1,00.10^{-7}$
1.10^{-8}	1.10^{-8}	$1,00.10^0$	$1,00.10^{-8}$

L.6.2 Contoh Perhitungan Kekuatan Ion, Koefisien Aktivitas dan Aktivitas dari Larutan Iodat dengan Penambahan Ion Nitrat pada konsentrasi Larutan Iodat $1.10^{-1} M$

- Pada penambahan konsentrasi ion nitrat $1.10^{-4} M$

$$\mu_{KIO_3} = \frac{1}{2} \sum Z_i^2 C_i$$

$$= \frac{1}{2} (Z_{K^+}^2 \cdot C_{K^+} + Z_{IO_3^-}^2 \cdot C_{IO_3^-})$$

$$= \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,1 + (-1)^2 \cdot 0,1)$$

$$= 0,1$$

$$\mu_{NaNO_3} = \frac{1}{2} \sum Z_i^2 C_i$$

$$= \frac{1}{2} (Z_{Na^+}^2 \cdot C_{Na^+} + Z_{NO_3^-}^2 \cdot C_{NO_3^-})$$

$$= \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,0001 + (-1)^2 \cdot 0,0001)$$

$$= 0,0001$$

$$\mu = \mu_{KIO_3} + \mu_{NaNO_3}$$

$$= 0,1 + 0,0001 = 0,1001$$

$$-\log f_{IO_3^-} = \frac{0,51z_{IO_3^-}^2 \sqrt{\mu}}{1 + 0,33\alpha_{IO_3^-} \sqrt{\mu}}$$

$$= \frac{0,51(-1)^2 \sqrt{0,1001}}{1 + 0,33(4,5)\sqrt{0,1001}}$$

$$= 0,109778989$$

$$\frac{1}{f_{IO_3^-}} = 1,287594134$$

$$f_{IO_3^-} = 0,776642245 \approx 7,8 \cdot 10^{-1}$$

$$a_{IO_3^-} = f_{IO_3^-} \cdot C_{IO_3^-}$$

$$= 7,8 \cdot 10^{-1} \cdot 0,1$$

$$= 7,8 \cdot 10^{-2}$$

[NO ₃] (M)	Kekuatan ion (μ)	Koefisien aktivitas (f_i)	Aktivitas (a_i)
1.10 ⁻⁴	0,1001	7,8.10 ⁻¹	7,8.10 ⁻²
1.10 ⁻³	0,1010	7,8.10 ⁻¹	7,8.10 ⁻²
1.10 ⁻²	0,1100	7,7.10 ⁻¹	7,7.10 ⁻²
1.10 ⁻¹	0,2000	7,3.10 ⁻¹	7,3.10 ⁻²
1	1,1000	6,2.10 ⁻¹	6,2.10 ⁻²

L.6.3 Contoh Perhitungan Kekuatan Ion, Koefisien Aktivitas dan Aktivitas dari Larutan Iodat dengan Penambahan Ion Klorida pada konsentrasi Larutan Iodat 1.10⁻¹ M

- Pada penambahan konsentrasi ion klorida 1.10⁻⁴ M

$$\mu_{KIO_3} = \frac{1}{2} \sum Z_i^2 C_i$$

$$= \frac{1}{2} (Z_{K^+}^2 \cdot C_{K^+} + Z_{IO_3^-}^2 \cdot C_{IO_3^-})$$

$$= \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,1 + (-1)^2 \cdot 0,1) \\ = 0,1$$

$$\mu_{NaCl} = \frac{1}{2} \sum Z_i^2 C_i \\ = \frac{1}{2} (Z_{Na^+}^2 \cdot C_{Na^+} + Z_{Cl^-}^2 \cdot C_{Cl^-}) \\ = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,0001 + (-1)^2 \cdot 0,0001) \\ = 0,0001$$

$$\mu = \mu_{KIO_3} + \mu_{NaCl} \\ = 0,1 + 0,0001 = 0,1001$$

$$-\log f_{IO_3^-} = \frac{0,51 z_{IO_3^-}^2 \sqrt{\mu}}{1 + 0,33 \alpha_{IO_3^-} \sqrt{\mu}} \\ = \frac{0,51 (-1)^2 \sqrt{0,1001}}{1 + 0,33 (4,5) \sqrt{0,1001}} \\ = 0,109778989$$

$$\frac{1}{f_{IO_3^-}} = 1,287594134$$

$$f_{IO_3^-} = 0,776642245 \approx 7,8 \cdot 10^{-1}$$

$$a_{IO_3^-} = f_{IO_3^-} \cdot C_{IO_3^-} \\ = 7,8 \cdot 10^{-1} \cdot 0,1 \\ = 7,8 \cdot 10^{-2}$$

[Cl ⁻] (M)	Kekuatan ion (μ)	Koefisien aktivitas (f_i)	Aktivitas (a_i)
1.10 ⁻⁴	0,1001	7,8.10 ⁻¹	7,8.10 ⁻²
1.10 ⁻³	0,1010	7,8.10 ⁻¹	7,8.10 ⁻²
1.10 ⁻²	0,1100	7,7.10 ⁻¹	7,7.10 ⁻²
1.10 ⁻¹	0,2000	7,3.10 ⁻¹	7,3.10 ⁻²
1	1,1000	6,2.10 ⁻¹	6,2.10 ⁻²

L.6.4 Contoh Perhitungan Kelarutan AgIO₃

- Kelarutan AgIO₃ pada konsentrasi iodat 1.10⁻¹ M dan konsentrasi ion nitrat 0 M

$$K_{sp} \text{ AgIO}_3 = 3.10^{-8}$$

$$K_{sp} \text{ AgIO}_3 = [\text{Ag}^+][\text{IO}_3^-]$$

$$= a_{\text{Ag}^+} \cdot a_{\text{IO}_3^-}$$

$$= f_{\text{Ag}^+} \cdot [\text{Ag}^+] \times f_{\text{IO}_3^-} \cdot [\text{IO}_3^-]$$

$$\begin{aligned} [\text{Ag}^+] &= \frac{K_{sp}}{f_{\text{Ag}^+} \cdot a_{\text{IO}_3^-}} \\ &= \frac{3.10^{-8}}{7,8.10^{-1} \cdot 7,8.10^{-2}} \\ &= 4,973.10^{-7} \end{aligned}$$

[NO ₃ ⁻] (M)	Koefisien aktivitas Ag ⁺ (f_{Ag^+})	Aktivitas ion iodat ($a_{\text{IO}_3^-}$)	Kelarutan AgIO ₃
1.10 ⁻⁴	7,8.10 ⁻¹	7,8.10 ⁻²	4,973.10 ⁻⁷
1.10 ⁻³	7,8.10 ⁻¹	7,8.10 ⁻²	4,981.10 ⁻⁷
1.10 ⁻²	7,7.10 ⁻¹	7,7.10 ⁻²	5,056.10 ⁻⁷
1.10 ⁻¹	7,3.10 ⁻¹	7,3.10 ⁻²	5,639.10 ⁻⁷
1	6,2.10 ⁻¹	6,2.10 ⁻²	7,860.10 ⁻⁷

- Kelarutan AgIO₃ pada konsentrasi iodat 1.10⁻¹ M dan konsentrasi ion klorida 0 M

$$K_{sp} \text{ AgIO}_3 = 3.10^{-8}$$

$$K_{sp} \text{ AgIO}_3 = [\text{Ag}^+][\text{IO}_3^-]$$

$$= a_{\text{Ag}^+} \cdot a_{\text{IO}_3^-}$$

$$= f_{\text{Ag}^+} \cdot [\text{Ag}^+] \times f_{\text{IO}_3^-} \cdot [\text{IO}_3^-]$$

$$\begin{aligned} [\text{Ag}^+] &= \frac{K_{sp}}{f_{\text{Ag}^+} \cdot a_{\text{IO}_3^-}} \\ &= \frac{3.10^{-8}}{7.8 \cdot 10^{-1} \cdot 7.8 \cdot 10^{-2}} \\ &= 4.973 \cdot 10^{-7} \end{aligned}$$

[Cl] (M)	Koefisien aktivitas Ag^+ (f_{Ag^+})	Aktivitas ion iodat ($a_{\text{IO}_3^-}$)	Kelarutan AgIO_3
$1 \cdot 10^{-4}$	$7.8 \cdot 10^{-1}$	$7.8 \cdot 10^{-2}$	$4.973 \cdot 10^{-7}$
$1 \cdot 10^{-3}$	$7.8 \cdot 10^{-1}$	$7.8 \cdot 10^{-2}$	$4.981 \cdot 10^{-7}$
$1 \cdot 10^{-2}$	$7.7 \cdot 10^{-1}$	$7.7 \cdot 10^{-2}$	$5.056 \cdot 10^{-7}$
$1 \cdot 10^{-1}$	$7.3 \cdot 10^{-1}$	$7.3 \cdot 10^{-2}$	$5.639 \cdot 10^{-7}$
1	$6.2 \cdot 10^{-1}$	$6.2 \cdot 10^{-2}$	$7.860 \cdot 10^{-7}$

L.6.5 Contoh Perhitungan Selektivitas

- Pada penambahan konsentrasi ion iodat 1.10^{-1} M dan ion nitrat 1 M

$$E_{IO_3}(\text{murni}) = 243,175 \text{ mV}$$

$$E_{IO_3}(\text{campuran}) = 274,975 \text{ mV}$$

$$a_{IO_3} (\text{murni}) = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$a_{IO_3} (\text{campuran}) = 6,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$\left[\exp\left\{ \frac{E - E'}{59,2} \right\} \right] a_1 - a'_1 = K a'_2$$

$$\left[\exp\left\{ \frac{243,175 - 274,975}{59,2} \right\} \right] 7,8 \cdot 10^{-2} - 6,2 \cdot 10^{-2} = K a'_2$$

$$-0,039 = K a'_2$$

$[NO_3^-]$ (M)	$a_{IO_3^-}$ (M)	$a'_{IO_3^-}$ (M)	E (mV)	E' (mV)	$K a'_2$
0	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	243,175	0	0
$1 \cdot 10^{-4}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	243,175	275	-0,055
$1 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	243,175	283,075	-0,061
$1 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-2}$	243,175	284,55	-0,062
$1 \cdot 10^{-1}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	243,175	281,55	-0,056
1	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	243,175	274,975	-0,039

- Pada penambahan konsentrasi ion iodat 1.10^{-1} M dan ion nitrat 1 M

$$E_{IO_3}(\text{murni}) = 243,175 \text{ mV}$$

$$E_{IO_3}(\text{campuran}) = 204,025 \text{ mV}$$

$$a_{IO_3} (\text{murni}) = 7,8 \cdot 10^{-2}$$

$$a_{IO_3} (\text{campuran}) = 6,2 \cdot 10^{-2}$$

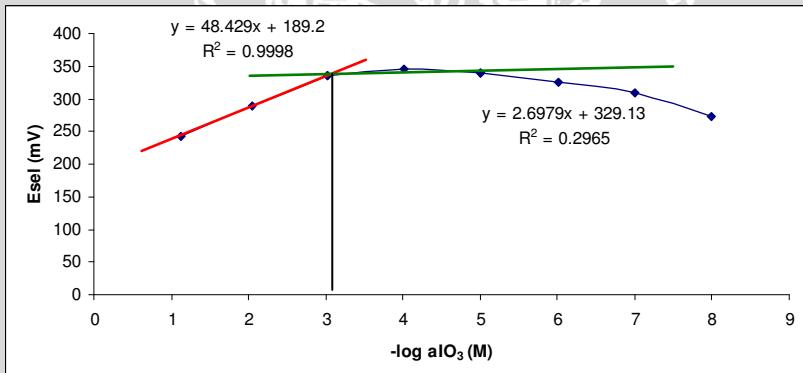
$$\left[\exp\left\{ \frac{E - E'}{59,2} \right\} \right] a_1 - a'_1 = K a'_2$$

$$\left[\exp\left\{ \frac{243,175 - 204,025}{59,2} \right\} \right] 7,8 \cdot 10^{-2} - 6,2 \cdot 10^{-2} = K a'_2$$

$$0,294 = K a'_2$$

[Cl] (M)	$a_{IO_3^-}$ (M)	$a'_{IO_3^-}$ (M)	E (mV)	E' (mV)	$K a'_2$
0	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	243,175	0	0
$1 \cdot 10^{-4}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	243,175	274,725	-0,055
$1 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	243,175	262,35	-0,041
$1 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-2}$	243,175	221,45	0,104
$1 \cdot 10^{-1}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	243,175	229,975	0,057
1	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	243,175	204,025	0,294

L.6.6 Contoh Perhitungan Batas Deteksi



Persamaan garis 1 (linier): $y = 48,429x + 189,2$

Persamaan garis 2 (non linier): $y = 2,6979x + 329,13$

Perpotongan garis persamaan 1 dan persamaan 2:

$$48,429x + 189,2 = 2,6979x + 329,13$$

$$45,7311x = 139,93$$

$$x = 3,0598$$

$$-\log [IO_3^-] = 3,0598$$

$$[\text{IO}_3^-] = \exp(-3,0598)$$

$$[\text{IO}_3^-] = 8 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Jadi batas deteksi elektroda adalah $8 \cdot 10^{-4} \text{ M}$.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

