

**PENGARUH pH, ION ASING, DAN TEMPERATUR  
TERHADAP KINERJA SENSOR ION TIOSIANAT  
BERBASIS KITOSAN**

**SKRIPSI**

oleh

**LILIK SUMARLINA**

**0710920008-92**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2011**

**PENGARUH pH, ION ASING, DAN TEMPERATUR  
TERHADAP KINERJA SENSOR ION TIOSIANAT  
BERBASIS KITOSAN**

**SKRIPSI**

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

oleh

**LILIK SUMARLINA  
0710920008-92**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2011**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH pH, ION ASING, DAN TEMPERATUR  
TERHADAP KINERJA SENSOR ION TIOSIANAT  
BERBASIS KITOSAN**

Oleh  
**LILIK SUMARLINA**  
**0710920008-92**

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. 19570208 198601 2 001**

**Dr. Hermin Sulistyarti**  
**NIP.19640529 198802 2 001**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Kimia**  
**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Dr. Sasangka Prasetyawan, MS**  
**NIP. 19630404 198701 1 001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lilik Sumarlina  
NIM : 0710920008  
Jurusan : Kimia  
Penulis skripsi berjudul :  
Pengaruh pH, Ion Asing, dan Temperatur terhadap Kinerja  
Sensor Ion Tiosianat Berbasis Kitosan

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari tugas akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang tercantum di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam tugas akhir ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata tugas akhir 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, 8 Agustus 2011  
Yang menyatakan,

Lilik Sumarlina  
NIM. 0710920008

# PENGARUH pH, ION ASING, DAN TEMPERATUR TERHADAP KINERJA SENSOR ION TIOSIANAT BERBASIS KITOSAN

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH, ion asing ( $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), dan temperatur terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Membran sensor ini dibuat dari campuran kitosan: PVC (polivinilklorida): DOP (dioktilftalat) dengan perbandingan (% b/b) 33:25:42 dalam pelarut THF (tetrahidrofuran) dengan perbandingan (% b/v) 1:3 dan telah dikarakterisasi sifat dasarnya. Pengaruh pH ditentukan dengan mengukur respon potensial larutan tiosianat pada rentang konsentrasi  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M pada pH 3-10 menggunakan bufer fosfat. Koefisien selektivitas ditentukan dengan menggunakan metode larutan tercampur pada rentang konsentrasi ion utama  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M dan konsentrasi ion asing  $10^{-3}$  M. Pengaruh temperatur ditentukan dengan mengukur larutan tiosianat pada rentang konsentrasi  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M pada temperatur 20-60 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor ion tiosianat dapat digunakan pada pH 4-8. Sensor ion tiosianat dapat dipengaruhi oleh ion  $\text{CN}^-$  dan  $\text{I}^-$ , sedangkan ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  tidak mempengaruhi kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Urutan selektivitas sensor ion tiosianat berbasis kitosan terhadap ion asing adalah  $\text{I}^- > \text{CN}^- > \text{SCN}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Kinerja sensor ion tiosianat tidak dipengaruhi temperatur 20-50 °C.

*Kata kunci: Sensor, tiosianat, kitosan, pH, koefisien selektifitas, temperatur*

# THE INFLUENCE OF pH, FOREIGN IONS, AND TEMPERATURE TO THE PERFORMANCE OF THIOCYANATE ION SENSOR BASED ON CHITOSAN

## ABSTRACT

The aim of this research was to know the influence of pH, foreign ions ( $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , and  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), and temperature to ward the performance of thiocyanate ion sensor based on chitosan. This membrane sensor was made of mixture of chitosan: PVC (polyvinylchloride): DOP (dioctylphthalat) with ratio (% w/w) of 33:25:42 dissolved in THF solvent (tetrahydrofuran) with ratio (% w/v) 1:3 and has been characterized its basic properties. The influence of pH was determined by measuring potential response of thiocyanate solution at concentration ranging from  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M at pH 3-10 by using phosphate buffer solution. The selective coefficients ( $K_{ij}$ ) were determined using mixed solution method at concentration of primer ions ranging from  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M and foreign ions concentration of  $10^{-3}$  M. The influence of temperature was determined by measuring the thiocyanate solution at temperatures ranging from 20-60 °C. This research showed that the thiocyanate sensor could be used at pH range of 4-8. The thiocyanate ion sensor was interfered by  $\text{CN}^-$  and  $\text{I}^-$  ion, while the  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  and  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ions did not interfere the performance of thiocyanate sensor. The selectivity order of thiocyanate sensor based on chitosan among the interfering ions was  $\text{I}^- > \text{CN}^- > \text{SCN}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{H}_2\text{PO}_4^-$ . The performance of thiocyanate ion sensor was not interfered at temperatures of 20-50° C.

Keywords: *Thiocyanate, sensor, chitosan,, pH, selectivity coefficient, temperature*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan karunia dan rahmat-Nya yang telah diberikan sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **Pengaruh pH, Ion Asing, dan Temperatur terhadap Kinerja Sensor Ion Tiosianat Berbasis Kitosan**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama pelaksanaan penelitian maupun dalam proses penulisan skripsi, yaitu kepada:

1. Dr. Atikah, Apt.,M.Si., selaku Dosen Pembimbing I dan Dr. Hermin Sulistyarti, selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, dukungan, kesabaran, dan doa yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Arie Srihardyastutie, S.Si., M.Kes, Rachmat Triandi Tjahjanto, Dr.rer.nat, Ir.Bambang Ismuyanto, MS, Drs. Suratmo, M.sc., selaku Dosen Penguji atas segala masukan dan saran yang diberikan kepada penulis untuk perbaikan naskah skripsi ini.
3. Dra. Anna R., M.App.Sc., selaku Dosen Penasehat Akademik atas bimbingan dan pengarahan selama masa studi.
4. Dr. Sasangka Prasetyawan, MS., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya serta seluruh Dosen dan Staf Pengajar untuk segala bantuan yang diberikan.
5. Keluarga orang tua yang selalu mengiringi penulis dengan doa, perhatian, dukungan dan kasih sayang hingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman di Jurusan Kimia atas doa dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran guna perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini sehingga dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 8 Agustus 2011

Penulis





# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tiosianat .....	5
2.2 Elektroda Selektif Ion (ESI).....	6
2.3 ESI Tipe Kawat Terlapis .....	6
2.4 Membran ESI .....	8
2.5 Komposisi Membran Selektif Ion .....	8
2.5.1 Bahan aktif.....	8
2.5.2 Bahan pendukung .....	10
2.5.3 Zat pemlastis.....	11
2.5.4 Pelarut membran.....	12
2.6 Mekanisme Reaksi Kesetimbangan Ion pada Membran .....	12
2.7 Prinsip Pengukuran ESI.....	14
2.8 Karakterisasi Sensor Ion Tiosianat.....	16
2.8.1 Pengaruh pH.....	16
2.8.2 Pengaruh ion asing.....	18
2.8.3 Pengaruh temperatur .....	22
2.9 Hipotesis.....	22

<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	23
3.2.1 Alat penelitian.....	23
3.2.2 Bahan penelitian .....	23
3.3 Metoda Penelitian.....	23
3.3.1 Pembuatan membran kitosan.....	24
3.3.2 Pembuatan badan elektroda .....	24
3.3.3 Konstruksi sensor ion tiosianat berbasis kitosan .....	24
3.3.4 Preparasi larutan .....	25
3.3.5 Karakterisasi sensor, pengaruh pH, ion asing, dan temperatur .....	25
3.4 Cara Kerja .....	25
3.4.1 Pembuatan larutan induk KSCN 1 M.....	25
3.4.2 Pembuatan larutan KSCN $1 \times 10^{-5}$ – $1 \times 10^{-1}$ M pH 5.....	26
3.4.3 Pembuatan larutan bufer fosfat dengan .....	
pH 3-10.....	26
3.4.4 Pembuatan larutan KSCN $1 \times 10^{-5}$ – $1 \times 10^{-1}$ M pH 3-10.....	26
3.4.5 Pembuatan larutan $\text{CN}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ dan $\text{CH}_3\text{COO}^-$ $1 \times 10^{-3}$ M pH 5 .....	27
3.5 Pengaruh pH.....	27
3.6 Pengaruh Ion Asing .....	27
3.7 Pengaruh Temperatur .....	27
3.8 Analisis Data .....	28
3.8.1 Pengaruh pH.....	28
3.8.2 Pengaruh ion asing.....	28
3.8.3 Pengaruh temperatur.....	28
3.8.4 Penentuan ketelitian dan ketepatan.....	28
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	 <b>30</b>
4.1 Pengaruh pH Terhadap Kinerja Sensor Ion Tiosianat.....	
Berbasis Kitosan .....	30
4.2 Pengaruh Ion Asing terhadap Kinerja Sensor Ion Tiosianat... Berbasis Kitosan .....	33
4.3 Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja Sensor Ion Tiosianat Berbasis Kitosan.....	36

<b>Bab V PENUTUP.....</b>	<b>39</b>
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>45</b>

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elektoda tipe kawat terlapis .....	7
Gambar 2.2	Struktur kitosan .....	9
Gambar 2.3	Struktur PVC .....	11
Gambar 2.4	Struktur DOP .....	12
Gambar 2.5	Struktur THF .....	12
Gambar 2.6	Reaksi pertukaran pada membran ESI .....	13
Gambar 2.7	Skema pengukuran ion pada sensor ion tiosianat .....	15
Gambar 2.8	Pengukuran dengan menggunakan sensor ion berbasis kitosan .....	15
Gambar 2.9	Spesies ortofosfat pada berbagai pH .....	17
Gambar 2.10	Skema lapis rangkap listrik pada fasa antar muka .....	20
Gambar 4.1	Pengaruh pH terhadap faktor <i>Nernst</i> sensor ion tiosianat berbasis kitosan .....	31
Gambar 4.2	Pengaruh ion asing terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan .....	34
Gambar 4.3	Pengaruh temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan .....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan jari-jari ion dan $\Delta H_{\text{Hyd}}$ .....	18
Tabel 4.1	Harga Kij ion asing terhadap sensor ion tiosianat berbasis kitosan .....	34
Tabel L.1.1	Hasil pengenceran campuran larutan KSCN dan .. larutan Ion Asing ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , $\text{CN}^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{I}^-$ ) ...	48
Tabel L.2.1	Hasil Pengenceran Larutan KSCN.....	50
Tabel L.3.1.1	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 3 .....	57
Tabel L.3.1.2	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 4 .....	57
Tabel L.3.1.3	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 5 .....	58
Tabel L.3.1.4	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 6 .....	58
Tabel L.3.1.5	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 7 .....	59
Tabel L.3.1.6	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 8 .....	59
Tabel L.3.1.7	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 9 .....	60
Tabel L.3.1.8	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada pH 10 .....	60
Tabel L.3.2	Pengaruh pH terhadap kinerja sensor ion $\text{SCN}^-$ berbasis kitosan .....	61
Tabel L.3.3.1	Harga potensial sensor ion tiosianat tanpa ion asing .....	62
Tabel L.3.3.2	Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing sianida .....	62
Tabel L.3.3.3	Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing iodida .....	63
Tabel L.3.3.4	Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing asetat .....	63
Tabel L.3.3.5	Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing fosfat .....	64
Tabel L.3.4.1	Harga potensial sensor ion tiosianat terhadap ion asing .....	65
Tabel L.3.4.2	Harga koefisien selektifitas sensor ion tiosianat terhadap ion asing .....	66
Tabel L.3.5.1	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 20°C....	67
Tabel L.3.5.2	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 25°C....	67
Tabel L.3.5.3	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 30°C....	68
Tabel L.3.5.4	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 35°C....	68
Tabel L.3.5.5	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 40°C....	69

Tabel L.3.5.6	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 45°C.....	69
Tabel L.3.5.7	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 50°C.....	70
Tabel L.3.5.8	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 55°C.....	70
Tabel L.3.5.9	Penentuan harga <i>Nernst</i> pada temperatur 60°C.....	71
Tabel L.3.6	Pengaruh temperatur terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan.....	72
Tabel L.3.7	Harga potensial ESI SCN- terhadap temperatur (teoritis).....	77

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Preparasi Larutan.....	45
Lampiran 2	Perhitungan dan Pembuatan Larutan.....	49
Lampiran 3	Data dan Hasil Penelitian.....	57

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Adanya kontaminan senyawa kimia yang terlarut dalam air dapat berakibat fatal jika kadarnya melebihi ambang batas atau sedikit berlebih terutama pada penggunaan jangka panjang karena jika terakumulasi akan menimbulkan efek yang merugikan kesehatan. Salah satu senyawa kimia yang merupakan kontaminan di air adalah tiosianat. Senyawa tiosianat dapat bereaksi dengan ion klorida dan menghasilkan senyawa sianogen klorida yang sangat beracun sehingga dapat membahayakan bagi tubuh (Clesceri, dkk, 1989). Menurut Improta (2002), kadar tiosianat dalam air minum yang direkomendasikan WHO tidak boleh melebihi 100 ppm atau setara dengan  $1,722 \times 10^{-3}$  M.

Metode yang telah digunakan dalam penentuan ion tiosianat adalah metode kromatografi dan spektrofotometri. Pelaksanaan kedua metode ini cukup kompleks dan tidak dapat digunakan sebagai analisis lapang. Kelemahan ini dapat diatasi dengan metode potensiometri menggunakan ESI. Beberapa kelebihan ESI antara lain desain sederhana sehingga lebih ekonomis dan efisien, bersifat *portable* sehingga mudah untuk analisis langsung di lapangan, kisaran pengukuran yang lebar karena potensial listrik yang terukur berbanding lurus dengan logaritma aktifitas ion. Selain itu ESI juga memiliki selektivitas yang tinggi sehingga sampel yang diukur tidak memerlukan proses pemisahan (Atikah, 1994).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putra (2011), telah dibuat ESI SCN<sup>-</sup> tipe kawat terlapis berbasis kitosan. ESI SCN<sup>-</sup> ini menggunakan komposisi membran dengan perbandingan % berat (b/b) 33:25:42 yaitu kitosan, polimer polivinilklorida (PVC), *plasticizer* dioktilftalat (DOP) dalam pelarut THF 1:3 volume. Pada pH 5 dan temperatur kamar ( $25 \pm 1$  °C) ESI SCN<sup>-</sup> tipe kawat terlapis ini sensitif terhadap ion SCN<sup>-</sup> dengan faktor *Nernst* sebesar  $59,5 \pm 0,45$  mV/dekade, rentang konsentrasi pengukuran  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M, waktu perendaman 30 menit, limit deteksi  $7,792 \times 10^{-6}$  M atau setara dengan 0,45 ppm, waktu respon 70 detik dan usia pemakaian 25 hari namun belum diteliti pengaruh pH, ion asing, dan temperatur terhadap kinerja sensor ion tiosianat.



Sensor tiosianat yang telah dibuat, agar dapat diaplikasikan di lingkungan, maka perlu untuk mengetahui kondisi-kondisi yang dapat mempengaruhi kinerja dari sensor yaitu pH, adanya ion asing dan temperatur. Pengaruh pH memegang peranan penting dalam penelitian ini karena kinerja membran kitosan yang digunakan dipengaruhi oleh pH. Pada pH rendah jumlah  $H^+$  dalam membran akan bertambah sedangkan pada pH tinggi jumlah  $OH^-$  dalam larutan akan bertambah. Selain itu pada pH di atas pKa kitosan sekitar 6,5, molekul kitosan lebih banyak bermuatan positif karena protonasi dari gugus  $NH_2$  menjadi ion  $NH_3^+$  (Lin, 2007). Hal ini dapat mempengaruhi kemampuan membran dalam menukarkan ion. Sehingga perlu diuji pengaruh pH terhadap kinerja sensor yang berkisar antara pH asam dan basa yaitu pH 3 sampai 10.

Dasar pemilihan range pH ini karena pada penelitian sebelumnya, telah dikembangkan sensor elektrokimia ion tiosianat berbahan aktif alikuat  $336-SCN^-$  dengan polimer polivinilklorida (PVC) dan dioktilftalat (DOP) sebagai pemlastis. Sensor ini dapat bekerja dengan baik pada rentang konsentrasi  $1 \times 10^{-3}$ - $1 \times 10^{-1}$  M dengan slope *Nernstian* 58,01 mV/dekade konsentrasi, antara pH 3 sampai 9 (Yudhistira, 2010).

Karakter lain yang harus dimiliki oleh sensor adalah selektivitas dalam mendeteksi ion utama dibandingkan dengan ion asing yang ada dalam larutan. Parameter yang menunjukkan selektivitas sensor adalah koefisien selektivitas ( $K_{ij}$ ), jika nilai  $K_{ij} > 1$  maka sensor elektrokimia lebih merespon ion asing daripada ion utama sedangkan jika nilai  $K_{ij} < 1$  maka sensor elektrokimia tersebut lebih merespon ion utama daripada ion asing (Umezawa, dkk., 2000). Ion asing yang diteliti pengaruhnya dalam penelitian ini antara lain ion sianida, iodida, asetat dan fosfat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yudhistira (2010), dengan menggunakan sensor elektrokimia ion tiosianat berbahan aktif alikuat  $336-SCN^-$ , ion asing sianida dan iodida pada konsentrasi  $10^{-3}$  M mengganggu kinerja sensor tiosianat. Oleh karena itu, perlu untuk mengetahui apakah ion sianida dan iodida dapat mempengaruhi kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Ion asetat dipilih sebagai ion asing karena digunakan sebagai pereaksi protonasi gugus  $NH_2$  pada kitosan. Sedangkan pemilihan ion asing fosfat karena digunakan sebagai larutan bufer fosfat untuk mengatur pH tertentu

larutan. Oleh karena itu, ion asetat dan fosfat perlu diketahui pengaruhnya terhadap kinerja sensor ion tiosianat.

Selain pH dan ion asing, temperatur juga perlu diteliti terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Temperatur dapat menyebabkan kesalahan dalam pengukuran yang signifikan. Perubahan 10 °C pada temperatur sampel dapat mengubah harga faktor *Nernst* 1 mV/dekade (Lynde, 1997). Menurut Rundle (2003) ESI tiosianat yang telah diperdagangkan stabil hingga temperatur 80 °C. Akan tetapi, dengan adanya pengaruh kualitas membran dan sifat analit dapat dimungkinkan kestabilan membran ESI menurun (pada temperatur >60 °C membran ESI telah rusak). Oleh karena itu, pengukuran larutan analit dilakukan hanya pada temperatur antara 20-60 °C dengan asumsi bahwa ESI masih dapat merespon analit.

Dari uraian di atas maka dalam penelitian ini perlu dipelajari pengaruh pH, ion asing, dan temperatur terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimanakah pengaruh pH, ion asing ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{I}^-$ ), dan temperatur terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan ?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Komposisi membran kitosan tersusun dari kitosan : PVC : DOP dengan perbandingan % berat (b/b) 33:25:42, dengan perbandingan bahan membran dan pelarut THF 1:3 (b/v)
2. Rentang konsentrasi pengukuran larutan  $\text{SCN}^-$  :  $1 \times 10^{-5}$  -  $1 \times 10^{-1}$  M
3. Ion asing yang digunakan adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , dan  $\text{I}^-$  dengan konsentrasi  $1 \times 10^{-3}$  M menggunakan metode larutan tercampur
4. pH pengukuran: 3-10 dengan menambahkan larutan asam atau larutan basa
5. Temperatur pengukuran: 20 – 60 °C

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Menentukan pengaruh pH, ion asing ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{I}^-$ ), dan temperatur terhadap kinerja elektrode selektif ion tiosianat tipe kawat terlapis berbasis kitosan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari hasil penelitian dapat diperoleh sensor ion tiosianat berbasis kitosan yang dapat digunakan pada beberapa kondisi pH, temperatur dan memiliki selektivitas terhadap ion asing ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , dan  $\text{I}^-$ ) pada konsentrasi tertentu.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tiosianat

Tiosianat merupakan senyawa baik organik maupun anorganik yang mengandung  $SCN^-$  dan diturunkan dari asam tiosianat,  $HSCN$ , yang dapat berada dalam 2 bentuk, yaitu  $H-S-C\equiv N$  dan asam isotiosianat,  $H-N=C=S$ . Tiosianat anorganik mirip dengan halida karena sebagian besar garamnya larut dalam air kecuali  $Pb$ ,  $Hg$ ,  $Ag$  dan  $Cu$  (Parker, dkk, 1992).

Asupan  $SCN^-$  ke dalam tubuh manusia berasal dari konsumsi makanan kaya  $SCN^-$  seperti sayuran kubis, bunga kol (*cauliflower*), dan radis (*radish*) (Murdiana, 2000) dan akibat dari reaksi detoksifikasi  $CN^-$  (sianogenik glukosa).  $SCN^-$  merupakan produk utama proses detoksifikasi  $CN^-$  oleh enzim tiosulfat sulfur transferase (rhodanese). Enzim tersebut banyak terdapat dalam jaringan mitokondria hati, ginjal, kelenjar tiroid, adrenal, dan pankreas (Ardakani, dkk, 2004).

Dalam lingkungan air, senyawa tiosianat sangat berbahaya bila terdapat dalam air limbah yang mengalami proses klorinasi dimana terkandung ion  $Cl^-$  di dalamnya, senyawa yang sangat beracun yaitu sianogen klorida ( $CNCl$ ) akan segera terbentuk (Clesceri, dkk, 1989). Senyawa tiosianat cukup berbahaya bagi kehidupan ikan di air karena senyawa ini menyebabkan *sudden death syndrome* bagi ikan, penyebab stress dan menguatkan efek persenyawaan kimia dalam tubuh ikan dalam waktu yang lama (Moran, 1999). Tingginya kadar tiosianat dalam air dapat mengakibatkan terjadinya keracunan tiosianat seperti menurunnya selera makan, mual, lemah, penekanan fungsi sumsum tulang, dan kematian (Pudjaatmaka, 2002). Meskipun efek tiosianat terhadap kesehatan relatif singkat tapi berbahaya dan seharusnya dikurangi dalam air minum hingga mencapai konsentrasi yang direkomendasikan. Rekomendasi WHO untuk konsentrasi tiosianat dalam air minum adalah 100 ppm (Improta, 2002).

Keberadaan  $SCN^-$  yang berlebih di dalam tubuh menyebabkan tidak terjadinya sekresi hormon tiroid. Hal ini karena  $SCN^-$  merupakan inhibitor kompetitif yang dapat menghalangi  $I^-$  untuk

berinteraksi dengan enzim. Kekurangan hormon tiroid (hipotiroid) akan mengakibatkan keterbelakangan pertumbuhan jasmani dan mental, pada anak-anak akan mengalami kretinisme, sehingga hipotiroid dapat menyebabkan kualitas sumber daya manusia (SDM) semakin menurun. Hipotiroid secara fisik dapat menyebabkan pembesaran kelenjar gondok karena tidak ada atau sedikit sekali hormon tiroid (Setian, 2007).

## **2.2 Elektroda Selektif Ion (ESI)**

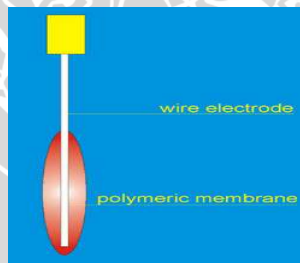
Metode pengukuran ion tiosianat dalam penelitian ini adalah metode potensiometri. Potensiometri merupakan suatu metode pengukuran potensial dari dua elektroda yang tidak terpolarisasi pada keadaan setimbang. Potensial sel yang terbaca sebanding dengan aktivitas ion dalam analit. Elektroda yang tidak terpolarisasi adalah elektroda yang menunjukkan potensial konstan dan tidak bergantung pada arus hingga rentang tertentu (Wang, 2006). Metode potensiometri yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan Elektroda selektif ion.

Elektroda selektif ion (ESI) merupakan alat ukur yang cukup ideal karena kemampuannya untuk menentukan aktivitas dari ion tertentu dalam suatu larutan secara kuantitatif dan selektif, yang menggunakan membran sebagai sensor kimia yang potensialnya berubah ubah secara reversibel terhadap perubahan aktivitas ion yang ditentukan (Buchari, 1990 dalam Atikah, 1994). Dalam larutan encer, aktivitas ion biasanya sebanding dengan konsentrasi ion (Williard, dkk., 1988). Dalam perkembangannya ESI ini tidak hanya memberikan respon terhadap senyawa ionik saja, namun juga terhadap molekul analit. Maka berdasarkan jenis membran yang digunakan sebagai sensor elektrokimia, ESI dibagi menjadi lima macam yaitu elektroda bermembran kaca, padatan, cairan penukar ion, penunjuk gas, dan enzim (Skoog, dkk., 1983).

## **2.3 ESI Tipe Kawat Terlapis**

ESI tipe kawat terlapis merupakan sebuah tipe ESI dengan menggunakan membran terdiri dari bahan elektroaktif khusus dalam polimer tipis yang secara langsung dilapiskan pada konduktor logam (Freiser, dkk., 1972). Pada umumnya, konduktor logam yang

digunakan dalam ESI tipe kawat berlapis adalah kawat Pt, tetapi perak, tembaga dan grafit juga dapat digunakan (Wygladacs, 2006). Konstruksi ESI tipe kawat berlapis ini menggunakan elektroda pembanding yang digantikan oleh kawat Pt sehingga konstruksi ESI tipe kawat berlapis berukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan ESI tipe tabung (Bauer, 1978). Akan tetapi, ESI nitrat tipe kawat berlapis juga memiliki kelemahan yaitu harga  $E^{\circ}$  yang dihasilkan berubah-ubah terutama pada satu minggu pertama setelah ESI dibuat. Hal ini dapat diatasi dengan pemilihan bahan serta penentuan komposisi bahan pembentuk membran yang tepat agar menghasilkan membran yang homogen, sehingga menghasilkan respon potensial yang stabil. Pemilihan dan penentuan komposisi bahan membran yang tepat juga dapat meningkatkan sensitifitas ESI, mempercepat waktu respon dan memperpanjang usia pemakaian (Nielsen dan Hansen, 1976 dalam Rahmawati, 2008). Gambar 2.1 merupakan konstruksi dari elektroda kawat berlapis dirujuk dari Wygladacz (2006).



**Gambar 2.1** Elektroda tipe kawat berlapis

Kelebihan ESI tipe kawat berlapis antara lain: karakteristik sama dan lebih baik jika dibandingkan dengan ESI tipe tabung, berukuran kecil ( $\varnothing$  1-2 mm), hanya membutuhkan volume sampel yang sedikit, konstruksinya sederhana sehingga mudah dibuat, harga relatif lebih murah, dapat digunakan sekali pakai (*disposable*), serta dapat digunakan dalam posisi miring yang sesuai digunakan untuk pengukuran *in vivo* dengan usia pemakaian lebih dari 6 bulan (Cunningham, 1986; Cha, 1991 dalam Atikah 1994). ESI tipe kawat berlapis memiliki kelemahan yaitu memiliki waktu hidup terbatas dan daya tahan lapisan membran umumnya rendah (Patnaik, 2004).

ESI SCN tipe kawat terlapis pada umumnya menggunakan membran berbahan aktif kitosan dan berbahan pendukung polimer PVC dengan *plasticizer* DOP.

## **2.4 Membran ESI**

Pada ESI membran merupakan komponen penting yang dapat memisahkan dua larutan yang mengatur perpindahan massa dari kedua fasa yang dipisahkan oleh membran tersebut (Mulder, 1991). Membran yang digunakan dalam sel elektrokimia dan berfungsi sebagai sensor ion tertentu disebut membran selektif ion (Bailey, 1976). Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh membran selektif ion agar elektroda tersebut mempunyai sensitifitas dan selektivitas yang baik terhadap kation dan anion adalah tidak larut di dalam larutan analit yang pada umumnya air dan menunjukkan sifat menghantarkan listrik (Atikah, 1994).

Menurut Harvey (2000), berdasarkan jenis membrannya ESI digolongkan menjadi tiga jenis yaitu Elektroda selektif ion bermembran gelas, Elektroda selektif ion bermembran padat dan Elektroda selektif ion bermembran cair. Dalam pembuatan membran cair diperlukan bahan aktif atau ionofor, bahan pendukung atau penguat, zat pemlastis dan pelarut membran.

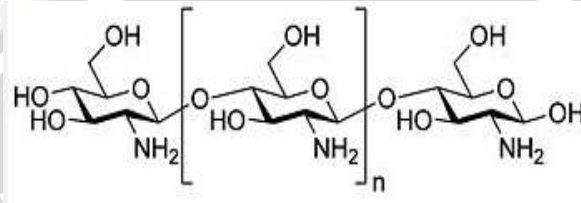
## **2.5 Komposisi Membran Selektif Ion**

### **2.5.1 Bahan aktif**

Bahan aktif merupakan bahan yang berfungsi sebagai ionofor atau penukar ion. Bahan aktif dapat berupa aliat 336, zeolit, maupun kitosan. Pada penelitian ini senyawa organik yang digunakan sebagai ionofor membran adalah kitosan.

Kitosan atau poli( $\beta$ -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa) adalah biopolimer yang sangat melimpah di alam. Biopolimer ini memperlihatkan sifat biodegradabilitas biomaterial yang diinginkan, toksisitasnya rendah dan biokompatibilitasnya bagus. Kitosan merupakan polisakarida alami yang dibentuk dari deasetilasi senyawa kitin. Kitosan merupakan contoh polimer yang memiliki

gugus amina (Katalinich, 2001; Robert, 1992). Gambar 2.2 merupakan struktur kitosan yang dirujuk dari Gamage (2006).



**Gambar 2.2** Struktur kitosan

Biomaterial ini larut dalam banyak mineral dan asam organik. Kitosan dapat larut hanya dalam larutan asam melalui interaksi antara  $H^+$  dan  $-NH_2$ , tapi tidak larut pada kondisi pH yang lebih tinggi atau pH lebih besar dari 7. Kelarutannya pada pelarut organik juga terbatas ( Benavente, 2008; Fan *et.al*, 2009). Pelarutan kitosan terjadi karena protonasi gugus  $-NH_2$  pada posisi C-2 dari D-glukosamin (Rinaudo, 2006).

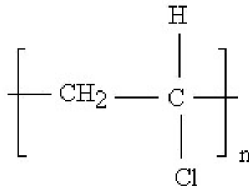
Dalam larutan asam, gugus amina dari kitosan terprotonasi menjadi  $-NH_3^+$  yang memiliki sifat polielektrolitik dan pembentuk kelat dari kitosan diatur oleh keasaman gugus  $-NH_3^+$  tersebut (Muzzarelli, 1977). Biopolimer kitosan dapat dimanfaatkan dalam pemisahan sebagai penukar ion, karena memiliki gugus  $-NH_2$  yang dapat berubah muatan tergantung kondisi pH. Modifikasi kitosan sebagai penukar ion dilakukan melalui pengubahan gugus  $NH_2$  pada kitosan menjadi gugus bermuatan positif  $-NH_3^+$  di dalam air dengan suasana sedikit asam yaitu pada pH kurang dari pKa kitosan. Pada pH kurang dari pKa, maka gugus  $-NH_3^+$  yang akan terbentuk akan lebih banyak dibandingkan gugus  $-NH_2$ , dan sebaliknya jika lebih dari pKa maka gugus  $-NH_3^+$  yang terbentuk sedikit (Roberts, 1992). Pada pH lebih dari pKa maka gugus  $-NH_3^+$  yang terbentuk sedikit sehingga mempengaruhi banyaknya ion tiosianat yang dapat diikat oleh membran. Gugus amina bebas pada molekul kitosan dapat dengan mudah diprotonasi menjadi  $-NH_3^+$  pada larutan asam dan dapat mengikat senyawa bermuatan negatif. Pada larutan alkali, kitosan bermuatan negatif karena disosiasi gugus  $CH_2OH$  atau



adsorpsi OH dari larutan dan digunakan untuk menghilangkan senyawa yang bermuatan positif. Molekul kitosan akan bermuatan positif pada  $\text{pH} < 6,6$  dan bermuatan negatif pada  $\text{pH} > 6,6$ . Berdasarkan nilai  $\text{pKa}$  (6,5), spesi meliputi  $\text{NH}_3^+$  (pada  $\text{pH}$  1-3),  $\text{NH}_2$  (pada  $\text{pH}$  7-13) dan  $\text{NH}_3^+$  atau  $\text{NH}_2$  (pada  $\text{pH}$  4-7) (Cheung, 2002; Muzzarelli, 1977; Pourjavadi, 2006). Pada komposisi membran selektif ion selain bahan aktif juga dibutuhkan bahan pendukung yang berfungsi agar membran mampu menghantarkan listrik.

### 2.5.2 Bahan pendukung

Bahan pendukung merupakan bahan yang dapat meningkatkan kekuatan mekanik membran dan mengurangi sifat *swelling* membran. Bahan pendukung yang paling banyak digunakan pada membran adalah polivinil klorida (PVC) (Vesely, dkk, 1978). Bahan pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah PVC. Bahan pendukung ini bersifat kaku, tahan terhadap pelarut, berpori-pori kecil, mempunyai sifat fisik yang baik, tahan terhadap bahan kimia serta mampu bercampur dengan bahan elektroaktif maupun pelarut dan kuat. Bahan ini tidak berasa dan tidak larut dalam kebanyakan pelarut organik. Biasanya digunakan dalam lapisan tipis yang fleksibel untuk pengemasan makanan dan membentuk produk yang kaku seperti pipa (Mc-Graw Hill, 2003). Penambahan PVC dapat meningkatkan kekuatan mekanik membran dan mengurangi sifat *swelling* membran yang diakibatkan oleh kitosan, hal ini tidak terlepas dari sifatnya yang kaku dan mampu bercampur dengan bahan aktif dan pelarut sehingga dapat membentuk sebuah fasa membran yang tidak larut dalam air (hidrofob). Supaya membran mampu menghantarkan listrik dan memungkinkan terjadinya mobilitas ion-ion, maka temperatur transisi gelasnya harus berada dibawah temperatur kamar dengan ditambahkan *plasticizer*. Selain bahan pendukung, membran ESI juga membutuhkan zat pemlastis (*Plasticizer*). Gambar struktur molekul PVC ditunjukkan pada Gambar 2.3.

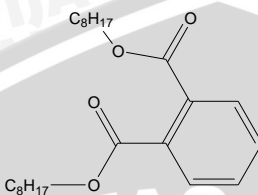


**Gambar 2.3** Rumus struktur PVC

### 2.5.3 Zat pemlastis

Zat pemlastis atau *Plasticizer* merupakan bahan yang ditambahkan pada polimer agar diperoleh sifat-sifat polimer yang diinginkan. Bahan ini biasanya berupa pelarut organik dengan titik didih tinggi yang ditambahkan pada polimer kaku untuk meningkatkan fleksibilitasnya. Interaksi yang terjadi antara *plasticizer* dengan polimer adalah interaksi ion. *Plasticizer* dapat mengurangi suhu transisi-gelas pada membran (Vesely, dkk, 1978). *Plasticizer* yang sering digunakan dalam pembuatan membran ESI adalah DBP (dibutilftalat) dan DOP (dioktilftalat). *Plasticizer* yang digunakan dalam pembuatan membran ESI ini adalah dioktilftalat.

DOP merupakan senyawa organik berupa cairan kental dengan titik didih 384° C (Mc-Graw Hill, 2003). DOP mempunyai rantai hidrokarbon panjang, tidak larut dalam air, tidak mudah menguap, dan memiliki tetapan dielektrik rendah (Atikah, 1994). Penambahan DOP pada membran dilakukan untuk mengurangi kekakuan pada sifat mekanik membran sehingga membran lebih elastis dan tidak kaku. Selain itu, penambahan DOP untuk mengkondisikan temperatur transisi gelas dibawah temperatur kamar karena PVC memiliki temperatur transisi gelas (T<sub>g</sub>) sekitar 80 °C, agar membran yang terbentuk mampu menghantarkan listrik dan memungkinkan terjadinya mobilitas ion-ion (Mc-Graw Hill, 2003). Gambar struktur molekul DOP ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Rumus struktur DOP

#### 2.5.4 Pelarut membran

Pelarut membran digunakan untuk melarutkan bahan aktif kitosan, bahan pendukung PVC dan zat pemlastis DOP. Pelarut membran yang digunakan pada penelitian ini adalah tetrahidrofuran (THF). Tetrahidrofuran merupakan senyawa organik heterosiklik dengan rumus kimia  $[(CH_2)_4O]$  yang digunakan sebagai pelarut dalam penelitian ini. THF merupakan cairan berviskositas rendah dan memiliki aroma seperti dietil eter. THF termasuk dalam molekul eter yang paling polar. THF memiliki kepolaran yang sedang dan melarutkan berbagai macam senyawa nonpolar maupun polar. THF sering digunakan untuk melarutkan karet dan PVC. Pelarut THF merupakan donor elektron dengan konstanta dielektrik 7,6 dan mempunyai viskositas rendah (0,48 cP pada temperatur 25 °C) (Sax dan Lewis, 1987; Vesely, 1978). Gambar struktur molekul THF ditunjukkan pada Gambar 2.5.

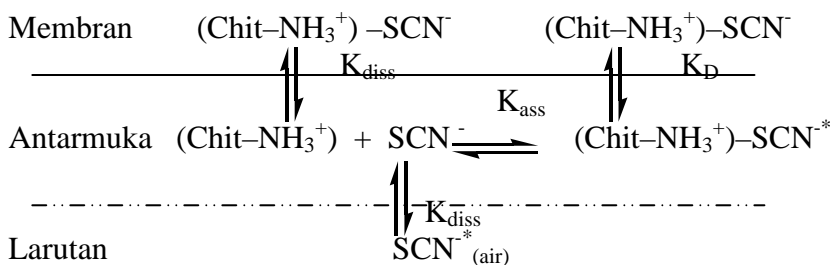


**Gambar 2.5** Rumus struktur THF

#### 2.6 Mekanisme Reaksi Keseimbangan Ion pada Membran

Interaksi dari analit dengan membran terjadi jika terdapat perbedaan konsentrasi analit dengan sisi yang berlawanan pada

membran. Satu sisi membran kontak dengan kawat platina sedangkan pada sisi lain (bagian luar) kontak dengan sampel. Arus yang diterima melewati membran menunjukkan perpindahan analit atau ion yang ada dalam matriks membran. Mekanisme reaksi kesetimbangan ion pada antar muka membran ditunjukkan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Reaksi pertukaran pada membran ESI

Pada sisi-sisi luar membran yang bersentuhan langsung dengan larutan, bahan aktif membran ( $\text{Chit-NH}_3^+\text{-X}$ ) akan mengalami disosiasi menjadi ion-ion bebas ( $\text{Chit-NH}_3^+$  dan  $\text{X}^-$ ) pada antarmuka membran-larutan. Hal ini menyebabkan permukaan membran bermuatan positif sehingga anion-anion dari ion yang sejenis ( $\text{X}^-$ ) dari larutan bermigrasi menuju permukaan membran. Ion-ion ( $\text{X}^-$ ) tersebut saling menggantikan posisinya untuk berikatan dengan gugus tetap membran ( $\text{Chit-NH}_3^+$ ). 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).

Respon potensial ESI terjadi jika ion dapat menembus batas antarmuka dua fasa sehingga akan terjadi kesetimbangan elektrokimia, menyebabkan timbulnya beda potensial. Beda potensial yang timbul pada antarmuka fasa ini ditentukan oleh aktivitas ion yang terdapat dalam dua fasa (Wroblewski, 2005). Beda potensial ini terukur sebagai potensial sel yang dinyatakan dalam persamaan *Nernst* (2.1). Dimana,  $E$  adalah beda potensial sel,  $E^0$  adalah

potensial elektroda standar,  $a_A$  adalah aktivitas ion analit,  $n$  adalah muatan ion yang ditentukan,  $R$  adalah tetapan gas ideal ( $8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ),  $T$  adalah temperatur (K),  $F$  adalah tetapan Faraday ( $96485 \text{ Cmol}^{-1}$ ).

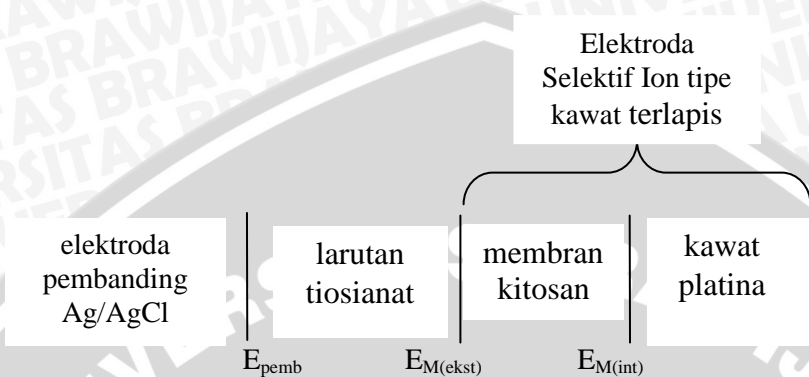
$$E = E^0 - 2,303 \frac{RT}{nF} \log a_A \quad (2.1)$$

Sifat homogenitas dan hidrofobisitas memegang peran penting dalam kinerja ESI. Sifat homogenitas yang tinggi dari satu ESI akan mempengaruhi sifat dasar ESI meliputi: faktor Nernst yang mendekati teoritis (59,2 mV/dekade), limit deteksi yang kecil, rentang konsentrasi linear yang lebar, waktu respon cepat dan usia pakai yang lama (Freiser, dkk., 1972 dalam Rahmania, 2008).

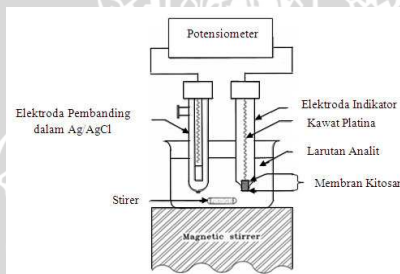
Sifat hidrofobisitas yang mempengaruhi kinerja ESI yaitu stabilitas membran terhadap pengaruh temperatur larutan sampel dan selektifitas membran ESI terhadap pengaruh gangguan ion asing. Sehingga suatu membran ESI akan sensitif dan selektif terhadap faktor lingkungan sekitarnya (Lakshminarayanaiah dan Jefferson, 1990 dalam Rahmania, 2008).

## 2.7 Prinsip Pengukuran ESI

Prinsip pengukuran sensor ion tiosianat dengan menggunakan metode potensiometri adalah mengukur potensial dengan menggunakan elektroda indikator dan dibandingkan dengan elektroda standar yang disebut elektroda pembanding. Elektroda indikator dicelupkan ke dalam larutan analit sehingga potensial dapat terukur. Besarnya potensial elektroda indikator bergantung pada aktivitas ion-ion dalam larutan sehingga dengan menggunakan persamaan *Nernst*, aktivitas ion dalam larutan dapat langsung terukur berdasarkan potensial sel yang terbaca. Prinsip pengukuran sensor ion dapat ditunjukkan pada Gambar 2.7 (Pranitis, *et al.*, 1992). Sedangkan rangkaian alat pada pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.7** Skema pengukuran ion pada sensor ion tiosianat



**Gambar 2.8** Pengukuran dengan menggunakan sensor ion berbasis kitosan

Potensial suatu ESI ditentukan dengan menggunakan elektroda pembanding. Potensial yang terukur merupakan beda potensial antara ESI dengan elektrode pembanding, sehingga dapat ditulis dalam persamaan (2.2) (Lynde, 1997).

$$E_{sel} = E_{ESI} - E_{pemb} \quad (2.2)$$

Pada ESI tipe kawat terlapis, platina menggantikan elektroda pembanding dalam, bila potensial Ag/AgCl adalah  $E_{pemb}$  yang bernilai negatif, potensial Pt dengan permukaan dalam membran adalah  $E_{M(int)}$  dan potensial permukaan membran dengan larutan cuplikan adalah  $E_{M(eks)}$ , sehingga persamaan *Nernst* dapat dituliskan

menjadi persamaan (2.3)

$$E_{sel} = E_{M(int)} + E_{M(eks)} + E_{pemb} \quad (2.3)$$

Oleh karena  $E_{M(int)}$  dan  $E_{pemb}$  bernilai tetap maka persamaan (2.3) dapat ditulis menjadi persamaan (2.4).

$$E_{sel} = E^{\circ} + E_{M(eks)} \quad (2.4)$$

Karena pengukuran dilakukan pada temperatur ruang (298 K), maka persamaan (2.4) menjadi persamaan (2.5).

$$E = E^{\circ} - 2,303 \frac{RT}{nF} \log a_A \quad (2.5)$$

Tanda (+) untuk kation dan tanda (-) untuk anion. Dengan  $E_{sel}$  adalah beda potensial sel,  $E^{\circ}$  adalah potensial elektroda standar, R adalah konstanta gas ( $8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ), T adalah temperatur dalam K, F adalah konstanta Faraday ( $96485 \text{ C mol}^{-1}$ ) dan n merupakan muatan dari ion yang ditentukan. Oleh karena ion  $\text{SCN}^{-}$  merupakan anion dan muatannya adalah 1, maka pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$  persamaan (2.5) menjadi persamaan (2.6).

$$E_{sel} = E^{\circ} - 0,0592 \log a_{\text{SCN}} \quad (2.6)$$

## 2.8 Karakterisasi Sensor Ion Tiosianat

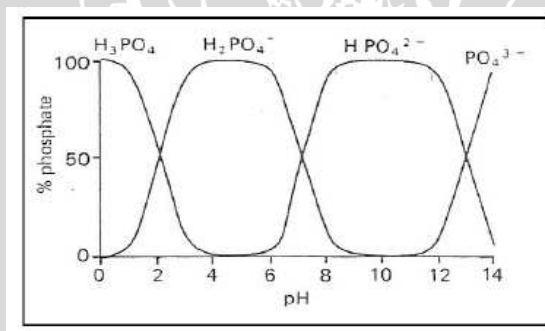
### 2.8.1 Pengaruh pH

Salah satu ion yang ada dalam larutan asam adalah ion hidrogen. Aktivitas ion hidrogen dapat memungkinkan menjadi pengganggu bagi sensor. Oleh karena itu perlu untuk menentukan kisaran pH optimum sehingga sensor dapat berfungsi tanpa gangguan dari ion hidrogen. Pada  $\text{pH} > 8$ , potensial akan mengalami penurunan (slope negatif) karena adanya gangguan dari ion hidroksida (Zare, 2005).

Menurut Evan (1991), pH sangat rendah dihindari dalam pengukuran karena dapat menurunkan kinerja ESI. Pada ESI kation, ion hidrogen dapat membentuk kompleks dengan bahan aktif sedangkan pada pH alkali bila konsentrasi ion hidroksida sangat

tinggi dapat menjadi ion asing. Oleh karena itu perlu menentukan kisaran pH optimum dimana kinerja ESI tanpa terganggu ion hidrogen. Penambahan buffer dapat menyebabkan perubahan pH dan menambah kestabilan pada beberapa sampel, tetapi dapat menyebabkan kesalahan yang cukup berarti. Pada pH asam, membran mempunyai gugus bermuatan positif tetap berupa ammonium ( $\text{NH}_3^+$ ) dengan kation ion  $\text{H}^+$  sebagai koion (ion yang bermuatan sama dengan muatan gugus ionik membran) dan ion  $\text{SCN}^-$  sebagai ion lain (ion kontra). Saat terjadi difusi, ion kontra dan koion dalam jumlah sama. Pada konsentrasi koion rendah dan gugus  $\text{NH}_3^+$  besar terjadi penetralan muatan dengan adanya pengikatan ion kontra oleh gugus  $\text{NH}_3^+$  dan koion ditolak keluar membran (disebut sebagai tolakan Donnan) (Atikah, 1994).

Bufur yang digunakan dalam penelitian ini adalah bufer fosfat. Asam fosfat mengandung lebih dari satu atom hidrogen terionisasi yang dikenal sebagai asam poliprototik atau multiprotik. Asam fosfat akan terdisosiasi menjadi spesi-spesi yang berbeda tergantung pada pH. Distribusi spesi asam fosfat terhadap pH ditunjukkan pada Gambar 2.9 yang dirujuk dari Effendi (2003). Pada pH 2-6 asam fosfat terdisosiasi menjadi spesi  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , sedangkan pada pH 7-12 asam fosfat terdisosiasi menjadi  $\text{HPO}_4^{2-}$ .



**Gambar 2.9** Spesies ortofosfat pada berbagai pH



## 2.8.2 Pengaruh ion asing

Ion asing merupakan ion lain selain ion yang ditentukan yang hadir dalam larutan sampel yang dapat mempengaruhi pengukuran potensial sel (Buck and Linder, 1994). Ion asing perlu diuji pengaruhnya terhadap kinerja sensor ion tiosianat karena membran yang digunakan dalam penelitian ini merupakan membran selektif ion dimana hanya ion tertentu saja yang disensor oleh membran. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui keberadaan ion asing yang ikut berdifusi ke dalam membran dapat mempengaruhi atau tidak mempengaruhi terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan.

Perbedaan konsentrasi, ukuran, energi bebas serta entalpi hidrasi yang dimiliki oleh ion utama maupun ion asing akan mempengaruhi aktivitas ion di dalam larutan dan proses transpor ion-ion menuju membran. Sifat fisikokimia yang mengontrol selektivitas membran ESI adalah perubahan energi bebas standar ( $\Delta G^{\circ}$ ) yang merupakan fungsi jari-jari ion karena interaksi ion utama A dan ion asing B dengan air yang dinyatakan sebagai entalpi hidrasi ion-ion  $\Delta H^{\circ}_{\text{hidrasi}}$  (Danesi, dkk., 1974 dan Reinsfelder, dkk., 1973 dalam Rahmania, 2008). Jari-jari ion ini menentukan urutan selektivitas, sedangkan jumlah molekul air yang diikat oleh gugus penukar anion membran mempengaruhi besarnya koefisien selektivitas (Lakshminarayanaiah dan Jefferson, 1990 dalam Rahmania, 2008). Perbandingan jari-jari dan  $\Delta H_{Hyd}$  ion utama dan ion asing ditunjukkan pada Tabel 2.1 (Steed, 2009; Trompette, 2009).

**Tabel 2.1** Perbandingan jari-jari ion dan  $\Delta H_{Hyd}$

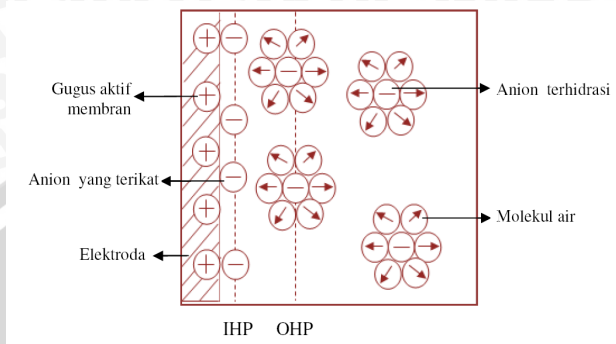
Ion	Jari-Jari Ion (Å)	$\Delta H_{Hyd}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
SCN <sup>-</sup>	2,13	-311
CN <sup>-</sup>	1,77	-339,5
I <sup>-</sup>	2,20	-291
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	1,62	-425
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2,00	*

\* Belum diketahui

Elektroda selektif membran untuk anion didasarkan pada pertukaran ion, yang selektivitasnya sesuai dengan urutan dalam deret Hofmeister sebagai :  $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{SCN}^- > \text{HSO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{ClO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , atau  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  (Korenaga, 1981).

Smith (1977) menyatakan bahwa jari-jari ion berbanding terbalik dengan  $\Delta H_{\text{hyd}}^{\circ}$  dan berbanding lurus dengan kuadrat kerapatan muatan. Maka dapat dinyatakan bahwa  $\Delta H_{\text{hyd}}^{\circ}$  dipengaruhi oleh jari-jari ion dan kerapatan muatan. Jika terdapat ion hidrofobik didalam larutan yang memiliki jari-jari yang besar, maka  $\Delta H_{\text{hyd}}^{\circ}$  akan semakin kecil dan kuadrat kerapatan muatan suatu ion semakin kecil. Pada sisi larutan antar-muka membran terdapat bidang antarmuka luar dan bidang antarmuka dalam, pada lapisan ini jarak antara elektrolit dan elektroda sangat dekat. Di lapisan antarmuka luar suatu anion terhidrat (anion yang mengikat molekul air) harus melepas kulit hidrasi terluarnya (mengalami reorientasi menuju ke  $\Delta G$  yang lebih rendah) sehingga dapat menuju ke daerah antarmuka dalam. Jika  $\Delta H_{\text{hyd}}^{\circ}$  kecil maka kemampuan anion dalam mengikat molekul air lebih rendah sehingga mobilitas anion semakin besar. Hal ini menyebabkan anion mudah berikatan dengan membran (Roobottom, dkk., 1999 dalam Effendy, 2008).

Mekanisme selektifitas dapat dijelaskan bahwa jika sensor ion dicelupkan dalam larutan cuplikan, maka akan terjadi difusi ion-ion dalam lapisan rangkap listrik sebagai potensial Donnan pada fase antar-muka membran-larutan. Masing-masing ion akan berdifusi melewati bidang *helmholz* luar (OHP) dan mengalami pelepasan kulit hidrasinya. Ion dengan jari-jari ion yang lebih kecil dan entalpi hidrasi ( $\Delta H_{\text{hyd}}$ ) semakin positif maka akan sulit terhidrasi, sehingga semakin tinggi laju difusinya. Setelah melewati bidang OHP, ion-ion tersebut akan berdifusi menuju ke membran melewati bidang *helmholz* dalam (IHP). Skema lapis rangkap listrik terlihat pada Gambar 2.10 dirujuk dari Wang (2006).



**Gambar 2.10** Skema lapis rangkap listrik pada fasa antar muka

Besarnya pengaruh ion asing terhadap ion utama dalam Elektroda Selektif Ion dinyatakan dalam koefisien selektivitas. Koefisien selektivitas ( $K_{A,B}^{pot}$ ) didefinisikan sebagai ukuran selektivitas dari elektroda untuk ion utama, A (ion yang ditentukan) dengan adanya ion asing, B (Bailey,1976). Jika  $K_{A,B}^{pot} > 1$  maka Elektroda Selektif Ion lebih merespon secara selektif terhadap ion asing B daripada ion utama A. Pada umumnya  $K_{A,B}^{pot} < 1$  yang berarti bahwa Elektroda Selektif Ion lebih merespon secara selektif ion utama A daripada ion asing B (Umezawa, et al, 2000). Semakin tinggi  $K_{A,B}^{pot}$ , maka semakin besar dampak dari ion asing B. Pada  $K_{A,B}^{pot} = 1$  terjadi respon yang sama pada kedua ion (Ardakani, dkk., 2004).

Harga koefisien selektivitas dapat ditentukan melalui dua metode yaitu metode larutan terpisah dan metode larutan tercampur. Pada metode larutan terpisah, potensial elektroda diukur dalam larutan yang mengandung ion utama A tanpa adanya ion asing B dan kemudian diukur dalam larutan yang mengandung ion asing B tanpa adanya ion utama A. Metode ini sederhana, tetapi kurang baik karena tidak memberikan hasil yang nyata. Proses penentuan potensial elektroda membran sering berbeda dalam pemisahan larutan murni A dan B dari campuran A dan B. Harga koefisien selektivitas yang

diperoleh sering berbeda dengan harga koefisien selektivitas dari salah satu pengukuran larutan campuran (Bailey, 1976; Umezawa, dkk., 2000).

Pada metode larutan tercampur, potensial elektroda diukur dalam larutan yang mengandung aktivitas ion asing, B ( $a_B$ ) tetap dan aktivitas ion utama, A ( $a_A$ ) bervariasi. Metode larutan tercampur ini merupakan metode yang direkomendasikan oleh IUPAC. Pada penelitian ini koefisien selektivitas ditentukan dengan metode larutan tercampur dengan mengukur potensial elektroda larutan yang mengandung aktivitas ion utama tertentu ( $E_1$ ) kemudian potensial elektroda larutan yang mengandung aktivitas ion utama A ( $a_A$ ) dan aktivitas ion asing ( $a_B$ ) ( $E_2$ ) (Bailey, 1976; Umezawa, dkk., 2000).

Pada masing-masing pengukuran diperoleh persamaan 2.7 dan 2.8, dimana tanda (+) untuk kation dan tanda (-) untuk anion (Srinivasan dan Rechnitz, 1969; Umezawa, dkk., 2000).

$$E_1 = E^o \pm 2,303 \frac{RT}{nF} \log a_A \quad (2.7)$$

$$E_2 = E^o - 2,303 \frac{RT}{nF} \log (a_A + K_{A,B} a_B^{n/z}) \quad (2.8)$$

Dengan mengurangkan  $E_1$  ke  $E_2$  maka akan diperoleh persamaan (2.9). Dimana  $E_{sel}$  adalah beda potensial sel,  $E^o$  adalah potensial elektroda standar,  $a_A$  adalah aktivitas ion utama,  $a_B$  adalah ion asing,  $n$  adalah muatan ion utama,  $z$  adalah muatan ion asing, A adalah ion utama, B adalah ion asing.

$$E_2 - E_1 = -2,303 \frac{RT}{nF} \log \left( \frac{a_A + K_{A,B}^{pot} a_B^{n/z}}{a_A} \right) \quad (2.9)$$

Dengan cara memasukkan harga ketetapan gas ideal (R) sebesar  $8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , ketetapan Faraday (F)  $96.485 \text{ Cmol}^{-1}$  dan temperatur (T)  $298 \text{ K}$  dan muatan ( $n$ )  $\text{SCN}^-$  sebesar 1, maka diperoleh harga  $K_{A,B}^{pot}$  yang ditunjukkan pada persamaan 2.10-2.11.

$$E_2 - E_1 = -0,0591 \log \left( \frac{a_A + K_{A,B}^{pot} a_B^{n/z}}{a_A} \right) \quad (2.10)$$

$$K_{A,B}^{pot} = \frac{10^{\left( \frac{E_2 - E_1}{-0,0591} \right)} a_A - a_A}{a_B^{n/z}} \quad (2.11)$$

Oleh karena itu koefisien selektivitas untuk ion  $SCN^-$  terhadap ion asing  $X^-$  ( $CH_3COO^-$ ,  $CN^-$ ,  $H_2PO_4^-$  dan  $I^-$ ), dalam larutan dapat ditulis sebagai berikut dalam persamaan (2.12).

$$K_{SCN^-, X}^{pot} = \frac{10^{\left( \frac{E_2 - E_1}{-0,0591} \right)} a_{SCN^-} - a_{SCN^-}}{a_{X^-}^{n/z}} \quad (2.12)$$

### 2.8.3 Pengaruh temperatur

Pengukuran temperatur dengan memvariasikan temperatur pada rentang tertentu. Temperatur dapat menyebabkan kesalahan dalam pengukuran yang cukup signifikan dimana perubahan  $10^\circ C$  pada temperatur sampel dapat mengubah harga faktor *Nernst* 1 mV/dekade. Pengaruh temperatur pada harga faktor *Nernst* dapat dihitung dengan modifikasi persamaan *Nernst* yang ditunjukkan pada persamaan 2.13 (Rundle, 2003).

$$\text{Faktor } Nernst = 2,303RT/nF \quad (2.13)$$

## 2.9 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Ion  $CH_3COO^-$ ,  $CN^-$ ,  $H_2PO_4^-$ , dan  $I^-$  pada konsentrasi tertentu dapat berpengaruh terhadap kinerja Elektroda Selektif Ion  $SCN^-$  tipe kawat terlapis.
2. Kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan dapat dipengaruhi oleh pH dan temperatur.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga bulan Mei 2011 di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.

### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.2.1 Alat penelitian**

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah potensiometer merek Schoot Gerate model CG 820, elektroda pembanding Ag/AgCl, neraca analitik merek Adventurer model AR 2130, pH meter merek inolab, oven, pengaduk magnetik, pemanas listrik Ikamag RH Janke & Kunkel Ika Labortechnik, statif, termokopel, botol semprot, botol sampel, sendok takar, serta alat gelas yang lazim digunakan di laboratorium kimia.

#### **3.2.2 Bahan penelitian**

Bahan - bahan yang digunakan adalah kitosan powder DD 65 %, polivinilklorida (PVC) high molecular (Fluka), dioktilftalat (DOP) (E.Merck), tetrahidrofuran (THF) (E.Merck), kawat platina panjang 5 cm diameter 0,5 mm, kabel koaksial RG 58, KSCN (E. Merck), etanol 96%, asam asetat,  $\text{HNO}_3$ , NaOH (E.Merck),  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85% (v/v), KCN (E.Merck), KI (E.Merck),  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  (E.Merck),  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (E.Merck) dan akuades.

### **3.3 Metoda Penelitian**

ESI  $\text{SCN}^-$  yang digunakan pada penelitian ini menggunakan ESI  $\text{SCN}^-$  yang telah dikembangkan oleh Putra (2011). Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan membran kitosan
2. Pembuatan badan elektroda
3. Konstruksi sensor ion tiosianat berbasis kitosan

4. Preparasi larutan
5. Karakterisasi sensor, pengaruh pH, ion asing, dan temperatur

### **3.3.1 Pembuatan membran kitosan**

Pembuatan membran kitosan diawali dari pembuatan bahan aktif kitosan dalam larutan asam asetat 3 % dengan komposisi 1,5 g : 45 ml dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam. Selanjutnya untuk pembuatan membran dilakukan dengan cara menimbang bahan aktif kitosan, bahan pendukung polivinil klorida (PVC) dan *plasticizer* dioktilftalat (DOP) dengan perbandingan % berat (% b/b) kitosan : PVC : DOP = 33: 25: 42. Campuran bahan membran dengan berat total 1,5 g dilarutkan dalam pelarut tetrahidofuran (THF) dengan perbandingan berat bahan membran: volume THF = 1:3 (b/v) dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 2 jam.

### **3.3.2 Pembuatan badan elektroda**

Badan elektroda ini dibuat dari kawat Pt dengan panjang 5 cm, diameter 0,5 mm dan panjang badan elektroda keseluruhan 10 cm, pada kedua ujungnya sepanjang 1,5 cm dibiarkan terbuka sedang bagian lainnya ditutup dengan plastik polietilen (PE) yang bersifat inert, pada penelitian ini penutup elektroda yang digunakan adalah badan bolpoin yang sama-sama bersifat inert dan terbuat dari bahan plastik polietilen. Ujung sebelah atas kawat disambung dengan kabel koaksial RG-58 sebagai penghubung ESI ke alat potensio/pH meter, sedangkan ujung bawahnya dicuci dari kotoran mekanik dan lemak dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat. Selanjutnya dibilas dengan akuades dan selanjutnya dengan etanol 96%, lalu dikeringkan.

### **3.3.3 Konstruksi sensor ion tiosianat berbasis kitosan**

Membran dilapiskan pada kawat platina yang telah dicuci dengan larutan  $\text{HNO}_3$  1:1 (v/v) dan etanol 96% 1:1 (v/v) masing masing selama 3 menit. Kemudian didiamkan 30 menit dan dipanaskan di dalam oven selama 12 jam pada temperatur 45°C. Selanjutnya, konstruksi sensor ion tiosianat berbasis kitosan dibuat dari badan elektroda terbuat dari polietilen yang dihubungkan dengan

kabel dan kawat platina berlapiskan membran kitosan.

Sebelum digunakan untuk mengukur larutan uji, sensor ion tiosianat berbasis kitosan harus direndam terlebih dahulu dalam larutan induk KSCN 1 M pH 5 selama 30 menit untuk proses pengikatan ion tiosianat pada gugus aktif  $\text{NH}_3^+$  dari kitosan. Setelah direndam selama 30 menit, sensor ion tiosianat berbasis kitosan dapat digunakan untuk pengukuran ion tiosianat dalam larutan uji.

### 3.3.4 Preparasi larutan

- Pembuatan larutan induk KSCN 1 M pH 5
- Pembuatan larutan KSCN  $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M pH 5
- Pembuatan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{I}^-$ , dan  $1 \times 10^{-3}$  M
- Pembuatan larutan bufer fosfat dengan pH 3-10

### 3.3.5 Karakterisasi sensor, pengaruh pH, ion asing, dan temperatur

- Pengukuran potensial sensor untuk memperoleh harga faktor *Nernst*, limit deteksi dan waktu respon sensor ion tiosianat berbasis kitosan
- Pengukuran potensial sensor ion tiosianat berbasis kitosan pada pH 3-10
- Pengukuran potensial sensor ion tiosianat berbasis kitosan tanpa adanya ion asing dan dengan adanya ion asing
- Pengukuran potensial sensor ion tiosianat berbasis kitosan pada temperatur 20-60 °C

## 3.4 Cara Kerja

### 3.4.1 Pembuatan larutan induk KSCN 1 M

Padatan KSCN dipanaskan dalam oven dan dikeringkan dengan menggunakan desikator. Padatan KSCN yang telah dikeringkan, ditimbang sebanyak 9,718 gram dengan menggunakan neraca analitik. Dimasukkan ke dalam beaker glass dan ditambahkan dengan 80 ml akuades. Selanjutnya diaduk hingga larut, dipindahkan dalam labu ukur 100 ml secara kuantitatif dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Dikocok hingga homogen.



### **3.4.2 Pembuatan larutan KSCN $1 \times 10^{-5}$ – $1 \times 10^{-1}$ M pH 5**

Larutan KSCN  $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M digunakan untuk pengukuran harga potensial sensor ion tiosianat tipe kawat terlapis. Pembuatan larutan KSCN  $1 \times 10^{-1}$  M pH 5 yaitu dengan memipet 10 ml larutan KSCN 1 M, ditambah dengan sedikit akuades ke dalam gelas beaker 50 ml dan diukur pH larutan dengan menggunakan pH meter. Kemudian ditetesi dengan bufer pH 5 hingga pH larutan menjadi pH 5. Larutan tersebut kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 ml secara kuantitatif dan ditambah akuades hingga tanda batas. Untuk larutan KSCN  $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-2}$  M pH 5 juga dibuat dengan pengenceran larutan KSCN 1 M yang dikondisikan pada pH 5.

### **3.4.3 Pembuatan larutan bufer fosfat dengan pH 3-10**

Larutan bufer fosfat pH 3-10 dibuat dengan penambahan NaOH 0,1 M dengan volume tertentu kedalam larutan  $H_3PO_4$  25 ml hingga pH meter menunjukkan pH 3-10. Volume NaOH 0,1 M yang ditambahkan berbeda-beda untuk masing-masing larutan larutan pH 3-10.

### **3.4.4 Pembuatan larutan KSCN $1 \times 10^{-5}$ – $1 \times 10^{-1}$ M pH 3-10**

Pembuatan larutan KSCN  $1 \times 10^{-1}$  M pH 3 yaitu dengan memipet 10 ml larutan KSCN 1 M, ditambah dengan sedikit akuades ke dalam gelas beaker 50 ml dan diukur pH larutan dengan menggunakan pH meter. Kemudian ditetesi dengan bufer pH 3 hingga pH larutan menjadi pH 3. Larutan tersebut kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 ml secara kuantitatif dan ditambah akuades hingga tanda batas. Untuk larutan KSCN  $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-2}$  M pH 3 juga dibuat dengan pengenceran larutan KSCN 1 M yang dikondisikan pada pH 3.

Dalam pembuatan larutan KSCN  $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M pH 4-10 digunakan prosedur yang sama seperti pH 3 hanya pH larutan diatur sesuai dengan yang diinginkan.

### 3.4.5 Pembuatan larutan $\text{CN}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ dan $\text{CH}_3\text{COO}^-$ $1 \times 10^{-3}$ M

#### pH 5

Pembuatan larutan  $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$   $1 \times 10^{-3}$  M adalah sebagai ion asing yang ingin diketahui pengaruh ion-ion tersebut terhadap kinerja dari sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Larutan tersebut dibuat pengenceran larutan  $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$   $1 \times 10^{-3}$  M, kemudian dicampurkan dengan larutan yang mengandung ion utama  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M, kemudian masing-masing campuran dikondisikan pada pH 5 dengan menggunakan bufer fosfat pH 5.

### 3.5 Pengaruh pH

Larutan KSCN dengan konsentrasi  $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M pH 3-10 diukur potensialnya setelah 70 detik. Pengulangan potensial sensor terhadap pengaruh pH dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Adanya penyimpangan harga faktor *Nernst* yang dihasilkan menunjukkan adanya pengaruh pH terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan.

### 3.6 Pengaruh Ion Asing

Pengukuran dilakukan terhadap larutan yang mengandung ion utama  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M tanpa adanya ion asing. Dicatat respon potensial yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan pengukuran larutan yang mengandung ion utama  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M dan ion asing  $1 \times 10^{-3}$  M ( $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ). Harga koefisien selektivitasnya dihitung dengan memasukkan nilai potensial terukur ke dalam persamaan rumus 2.12.

### 3.7 Pengaruh Temperatur

Pengaruh temperatur terhadap kualitas kinerja ESI  $\text{SCN}^-$  dapat dilakukan dengan pengukuran larutan  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M pH 5 pada temperatur 20-60 °C dengan interval 5 °C. Pengaturan temperatur dengan menggunakan termokopel yang berfungsi untuk mengatur temperatur menjadi lebih stabil. Pengukuran potensial ESI terhadap pengaruh temperatur dilakukan 3 kali pengulangan. Besar

penyimpangan harga faktor *Nernst* menunjukkan adanya pengaruh temperatur terhadap kinerja ESI.

### **3.8 Analisis Data**

#### **3.8.1 Pengaruh pH**

Dibuat kurva hubungan  $-\log [\text{SCN}^-]$  dengan potensial yang terukur sehingga diperoleh harga faktor *Nernst* sebagai lereng kurva, kemudian dibuat kurva hubungan antara pH (sumbu x) dengan harga faktor *Nernst* (sumbu y). Adanya penyimpangan harga faktor *Nernst* dari harga teoritis 59,2 mV/dekade konsentrasi menunjukkan adanya pengaruh pH terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan.

#### **3.8.2 Pengaruh ion asing**

Pengaruh ion asing (selektivitas) terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan dilakukan dengan metode larutan tercampur, dimana konsentrasi ion utama ( $\text{SCN}^-$ ) bervariasi dan ion asing ( $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) tetap. Potensial yang diperoleh dari hasil pengukuran larutan yang hanya mengandung ion utama ( $\text{SCN}^-$ ) saja maupun dengan penambahan ion asing disubstitusikan dalam suatu persamaan dan dibuat kurva baku antara  $-\log [\text{SCN}^-]$  dengan  $K_{ij}$ , jika  $K_{ij} > 1$  maka sensor ion tiosianat lebih merespon secara selektif ion asing daripada ion tiosianat sendiri, yang artinya ion asing tersebut mengganggu kinerja sensor ion tiosianat.

#### **3.8.3 Pengaruh temperatur**

Dibuat kurva hubungan  $-\log[\text{SCN}^-]$  dengan potensial sehingga diperoleh harga faktor *Nernst*. Kemudian dibuat kurva hubungan antara temperatur dengan harga faktor *Nernst*. Pengaruh temperatur terhadap kinerja ESI ditunjukkan dengan adanya penyimpangan harga faktor *Nernst*.

#### **3.8.4 Penentuan ketelitian dan ketepatan**

Ketelitian (presisi) merupakan kesesuaian antara data hasil pengulangan dari suatu jumlah yang diukur. Perhitungan rata-rata hasil pengukuran ditunjukkan pada persamaan 3.1 dirujuk dari

Skoog, dkk.(2004). Dimana  $n$  adalah jumlah pengukuran,  $x_i$  adalah data pengukuran sampel ke  $i$ .

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

Standar deviasi merupakan ukuran ketepatan suatu data. Standar deviasi sampel dapat dihitung dengan persamaan 3.2 dirujuk dari Skoog, dkk.(2004). Dimana SD adalah standar deviasi,  $x$  adalah sampel,  $\bar{x}$  adalah nilai rata-rata data pengukuran sampel, dan  $n$  adalah jumlah pengukuran.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

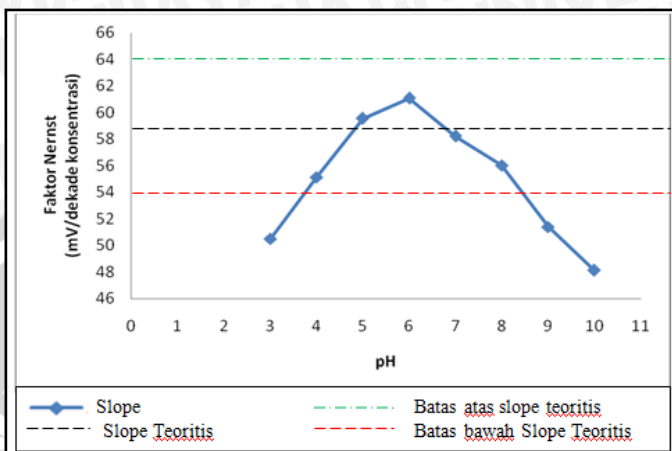
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Putra (2011) telah mengembangkan ESI  $\text{SCN}^-$  tipe kawat berlapis berbasis kitosan dengan perbandingan komposisi optimum kitosan : PVC : DOP = 33: 25: 42. Sensor yang dihasilkan mempunyai harga faktor *Nernst*  $59,5 \pm 0,45$  mV/dekade, rentang konsentrasi pengukuran  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M, waktu perendaman 30 menit, limit deteksi  $7,792 \times 10^{-6}$  M atau 0,45 ppm, waktu respon 70 detik, dan usia pemakaian 25 hari. Pada penelitian ini ditentukan pengaruh pH, ion asing, dan temperatur terhadap kinerja ESI  $\text{SCN}^-$  tipe kawat berlapis berbasis kitosan.

### 4.1 Pengaruh pH terhadap Kinerja Sensor Ion Tiosianat Berbasis Kitosan

Pada penelitian ini diteliti pengaruh pH terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Salah satu ion yang terdapat dalam larutan asam adalah ion  $\text{H}^+$ . Adanya ion  $\text{H}^+$  dalam larutan dapat memungkinkan timbulnya gangguan terhadap kinerja sensor sehingga dapat mempengaruhi proses kesetimbangan elektrokimia pada fasa antar muka membran. Hal ini disebabkan ion  $\text{H}^+$  merupakan koion bagi muatan tetap membran ( $\text{NH}_3^+$ ). Adanya aktivitas ion  $\text{H}^+$  ini tentu akan berpengaruh terhadap respon potensial yang dihasilkan oleh sensor. Parameter yang menunjukkan aktivitas ion  $\text{H}^+$  adalah pH.

Pengaruh pH terhadap kinerja ESI  $\text{SCN}^-$  tipe kawat berlapis berbasis kitosan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran pada konsentrasi  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M pada pH 3-10 dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.1. Jika data pada Gambar 4.1 dihitung harga faktor *Nernst* terhadap pH maka diperoleh tabel pada Lampiran L.3.2. Garis yang tidak lurus pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa faktor *Nernst* ESI untuk semua konsentrasi  $\text{SCN}^-$  mulai dari  $1 \times 10^{-5}$  –  $1 \times 10^{-1}$  M dipengaruhi oleh pH larutan 3-10.



**Gambar 4.1** Pengaruh pH terhadap faktor *Nernst* sensor ion tiosianat berbasis kitosan

Nilai faktor *Nernst* teoritis untuk ion monovalen adalah 59,2 mV/dekade konsentrasi. Dengan batas minimal yang diijinkan adalah 54,2 mV/dekade konsentrasi dan batas maksimal yang diijinkan 64,2 mV/dekade konsentrasi. Jika nilai faktor *Nernst* berada di bawah batas minimal atau melebihi batas maksimal maka sensor tidak bersifat *Nernstian*. Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada pH 3 sensor ion tiosianat memberikan nilai faktor Nernst di bawah nilai teoritis yaitu sebesar 50,5 mV/dekade konsentrasi. Penurunan nilai faktor *Nernst* ini karena semakin rendah pH maka semakin besar jumlah ion  $H^+$  dalam larutan.

Pada pH 3 masih terdapat ion  $H^+$  dalam membran. Hal ini menyebabkan ion kontra yaitu ion  $SCN^-$  tidak hanya diikat oleh gugus aktif membran sebagai ion tetap akan tetapi juga diikat oleh ion  $H^+$  dalam membran. Ion kontra merupakan ion lain yang memiliki muatan berlawanan dengan muatan gugus ionik membran. Hal ini menyebabkan ion kontra yaitu ion  $SCN^-$  tidak hanya diikat oleh gugus aktif membran sebagai ion tetap akan tetapi juga diikat oleh ion  $H^+$  sebagai molekul. Akibatnya konsentrasi ion  $SCN^-$  dalam membran jauh lebih besar daripada di larutan sehingga respon potensial sensor menurun dan tidak *Nernstian*. Ion  $H^+$  tidak dapat

dikeluarkan dari membran untuk menetralkan muatan membran, sehingga tolakan Donnan (penolakan ion  $H^+$ ) menjadi tidak efektif. Hal ini menyebabkan sensitifitas membran berkurang. Selain itu banyaknya ion  $SCN^-$  yang terikat pada membran menyebabkan membran semakin bersifat hidrofilik. Sifat ini dapat menyebabkan terjadinya swelling pada membran kitosan dan mempengaruhi respon potensial yang terukur sehingga selektivitasnya menurun.

Pada  $pH \geq 4$  sekitar 99 % HSCN telah terionisasi menjadi  $SCN^-$  ( $K_a$  HSCN adalah  $1,42 \times 10^{-1}$ ). Reaksi disosiasi HSCN menjadi  $SCN^-$  ditunjukkan pada reaksi (4.1). Pada  $pH 4$  nilai faktor *Nernst* tidak sesuai dengan nilai teoritis tetapi masih berada pada range yang diijinkan yaitu 55,1 mV/dekade konsentrasi. Pada  $pH 4$  masih terdapat ion  $H^+$  yang ada pada membran. Hal ini menyebabkan proses pertukaran ion pada fasa antar muka membran belum terjadi secara optimal, sehingga nilai faktor *Nernst* masih di bawah nilai teoritis. Sensor ion tiosianat berbasis kitosan menunjukkan hasil yang super *Nernstian* pada  $pH 5$  dan  $6$ , dengan nilai faktor *Nernst* masing-masing sebesar 59,6 mV/dekade konsentrasi dan 61,1 mV/dekade konsentrasi. Adanya ion  $H^+$  di dalam larutan mampu ditolak oleh membran sehingga respon potensial yang diperoleh tidak mengalami gangguan dengan adanya ion  $H^+$ . Pada kondisi ini konsentrasi ion  $SCN^-$  dalam larutan melimpah, sehingga respon sensor yang dihasilkan memberikan respon super *Nernstian*. Hal ini juga dikarenakan pada  $pH 5$  dan  $6$ , sesuai dengan  $pK_a$  kitosan sebagai bahan aktif membran yaitu 6,5. Kitosan akan memiliki spesi bermuatan positif ( $NH_3^+$ ) apabila  $pH$  tidak melebihi dari  $pK_a$ , sehingga membran kitosan mampu bekerja secara optimal dalam merespon ion-ion yang terukur dengan memberikan hasil yang *Nernstian*.



Pada  $pH 7$  sensor ion tiosianat menghasilkan nilai faktor *Nernst* sebesar 58,2 mV/dekade konsentrasi dan mengalami penurunan nilai faktor *Nernst* 56,0 pada  $pH 8$ . Hal ini disebabkan pada  $pH$  lebih dari  $pK_a$  gugus aktif kitosan akan mengalami deprotonasi dari  $NH_3^+$  menjadi  $NH_2$ . Pada  $pH 7$  nilai faktor *Nernst* masih mendekati nilai faktor *Nernst* teoritis. Akan tetapi dari respon

yang dihasilkan oleh sensor ion tiosianat pada pH 8 masih dapat digunakan sehingga dapat diasumsikan tidak semua gugus  $\text{NH}_3^+$  pada membran mengalami deprotonasi.

Pada pH 9 dan 10 nilai faktor *Nernst* yang dihasilkan tidak sesuai dengan nilai teoritis 59,2 mV/dekade konsentrasi. Pada pH ini terdapat ion  $\text{OH}^-$  di dalam larutan. Kehadiran ion  $\text{OH}^-$  mempengaruhi respon potensial ESI  $\text{SCN}^-$ . Adanya ion  $\text{OH}^-$  menyebabkan gugus  $\text{NH}_3^+$  pada kitosan berubah menjadi gugus  $\text{NH}_2$  karena pada kondisi basa kitosan mudah mengalami deprotonasi. Adanya proses deprotonasi ini menyebabkan lepasnya ion  $\text{SCN}^-$  dari gugus aktif membran. Reaksi deprotonasi gugus aktif kitosan ditunjukkan pada reaksi 4.2. Adanya proses deprotonasi ini menyebabkan gugus aktif membran tidak bermuatan sehingga reaksi pertukaran ion  $\text{SCN}^-$  tidak terjadi pada fasa antar muka membran. Akibatnya nilai faktor *Nernst* yang dihasilkan jauh dibawah nilai teoritis.



Berdasarkan uraian di atas pada pH 4-8 faktor *Nernst* masih berada pada kisaran teoritis meskipun dengan adanya perubahan pH, hal ini mengindikasikan pada kisaran pH 4-8 sensor ion tiosianat masih dapat digunakan.

#### **4.2 Pengaruh Ion Asing terhadap Kinerja Sensor Ion Tiosianat Berbasis Kitosan**

Pengaruh ion asing terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan dapat diketahui dengan menentukan harga koefisien selektifitas. Metode yang digunakan adalah metode larutan tercampur, yaitu pengukuran potensial dilakukan pada larutan ion utama yaitu  $\text{SCN}^-$  dengan konsentrasi bervariasi  $1 \times 10^{-5}$  -  $1 \times 10^{-1}$  M dan ion asing ( $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) pada pH 5 dengan konsentrasi ion asing tetap  $1 \times 10^{-3}$  M. Setelah didapatkan data potensial dari masing-masing larutan yang diukur, harga koefisien selektifitas ion  $\text{CN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  terhadap ion  $\text{SCN}^-$  dihitung berdasarkan persamaan 2.12, pada persamaan ini menunjukkan bahwa  $E_1$  adalah harga potensial ion utama,  $E_2$  adalah harga potensial ion asing dan  $\alpha_{\text{SCN}^-}$  adalah aktivitas ion tiosianat. Dari

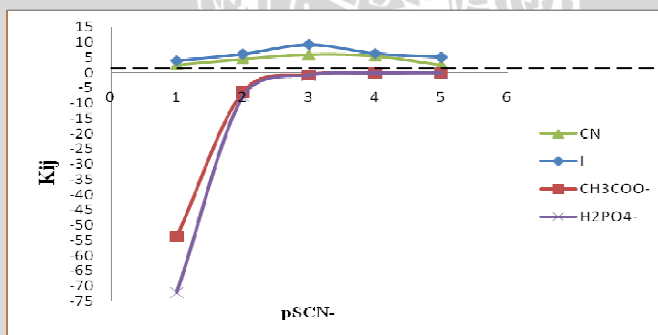


hasil perhitungan maka diperoleh data Kij untuk masing-masing ion yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Harga Kij ion asing terhadap sensor ion tiosianat berbasis kitosan

pSCN <sup>-</sup>	$K_{SCN^-,CN^-}$	$K_{SCN^-,I^-}$	$K_{SCN^-,CH_3COO^-}$	$K_{SCN^-,H_2PO_4^-}$
5	2,58	5,084	-0,006149	-0,007579
4	5,515	6,288	-0,065	-0,077
3	6,01	9,183	-0,639	-0,755
2	4,53	6,111	-6,342	-7,759
1	2,625	3,94	-53,865	-72,097

Berdasarkan nilai Kij pada Tabel 4.1. dimana apabila nilai Kij lebih besar dari satu maka ion asing berpengaruh terhadap kinerja sensor sedangkan jika nilai Kij kurang dari satu maka ion asing tidak berpengaruh terhadap kinerja sensor. Oleh karena itu, dari Tabel 4.1 dapat menunjukkan bahwa ion CN<sup>-</sup> dan I<sup>-</sup> mengganggu kinerja sensor ion tiosianat sedangkan ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> dan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> tidak mengganggu kinerja sensor ion tiosianat. Pengaruh ion asing terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Pengaruh ion asing terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan

Dalam membran terdapat gugus penukar ion yaitu gugus amina terdeprotonasi ( $\text{NH}_3^+$ ) yang berdudukan tetap di dalam membran. Pada gugus ini terjadi pertukaran ion tiosianat dari membran dengan ion tiosianat dari larutan pada fasa antar muka. Anion asing dan ion  $\text{SCN}^-$  adalah ion kontra bagi membran, sedang kation dan ion hidrogen merupakan koion. Pada keseimbangan Donnan jumlah ion kontra dan koion yang berdifusi ke dalam membran dan larutan sama, sehingga kecepatan pertukaran ion dikontrol oleh difusi ion kontra dan koion yang melewati fasa antar muka membran-larutan. Selama penukar ion tetap pada permukaan membran adalah gugus penukar ion bermuatan positif, maka koion secara normal tidak berperan dalam menimbulkan potensial Donnan (karena ditolak keluar membran). Anion hidrofobik dan berjari-jari paling besar maka kekuatan asosiasinya akan lebih kuat sehingga lebih cepat terekstrak dan lebih cepat menuju antar-muka membran-larutan dan melewati lapis rangkap listrik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.

Hasil penelitian menunjukkan ion  $\text{CN}^-$  dan  $\text{I}^-$  mengganggu kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Dari Tabel 2.1 diketahui bahwa ion sianida memiliki jari-jari ion lebih kecil daripada jari-jari ion tiosianat tetapi memiliki  $\Delta H_{\text{hyd}}$  yang sangat negatif dibandingkan  $\Delta H_{\text{hyd}}$  pada ion tiosianat, sehingga ion sianida lebih cepat terekstrak pada antar-muka membran-larutan. Semakin negatif  $\Delta H_{\text{hyd}}$  maka kekuatan asosiasi semakin meningkat. Oleh karena itu ion  $\text{CN}^-$  lebih cepat menuju ke membran dan mengalami pertukaran ion pada fasa antar muka dengan ion  $\text{SCN}^-$  yang terikat pada gugus aktif membran, sehingga ion  $\text{CN}^-$  berpengaruh terhadap sensor ion tiosianat.

Seperti halnya dengan ion sianida, ion iodida juga berpengaruh terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Ion iodida memiliki jari-jari ion lebih besar dibandingkan dengan jari-jari ion tiosianat. Hal ini menyebabkan kekuatan asosiasi ion  $\text{I}^-$  lebih kuat dan lebih bersifat hidrofobik dibandingkan dengan ion  $\text{SCN}^-$  sehingga ion  $\text{I}^-$  lebih cepat terekstrak dan lebih mudah melewati lapisan antar-muka membran-larutan. Hal inilah yang menyebabkan membran lebih mudah merespon anion  $\text{I}^-$ . Oleh karena itu ESI tidak hanya merespon ion  $\text{SCN}^-$  akan tetapi juga merespon ion  $\text{I}^-$  yang ditunjukkan dengan harga potensial yang semakin meningkat. Dengan demikian ion  $\text{CN}^-$  dan  $\text{I}^-$  mampu berkompetisi dengan ion

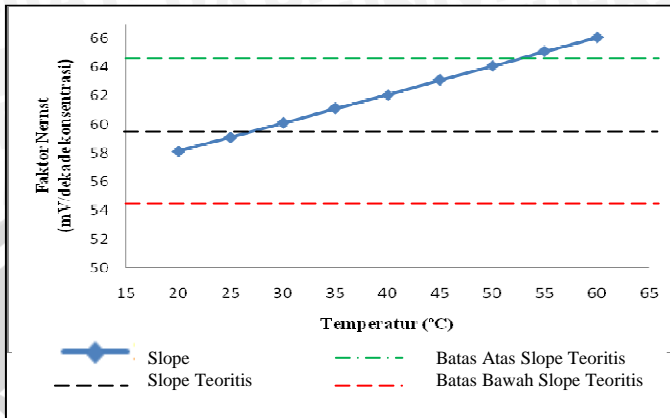
SCN<sup>-</sup> sehingga kedua ion ini mengganggu respon potensial sensor dengan menghasilkan harga K<sub>ij</sub> untuk ion CN<sup>-</sup> dan I<sup>-</sup> lebih dari 1.

Hasil penelitian pada ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> dan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> berbeda dengan ion CN<sup>-</sup>, meskipun sama-sama memiliki jari-jari ion lebih kecil dari jari-jari ion tiosianat, akan tetapi ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> dan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> tidak mengganggu kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Semakin kecil jari-jari ion maka energi solvasinya akan semakin besar, sehingga meskipun kekuatan disosiasinya kuat, tetapi ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> dan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> kurang bersifat hidrofob dibandingkan ion SCN<sup>-</sup>. Hal inilah yang menyebabkan ion tiosianat lebih mudah melewati lapisan antar-muka membran-larutan dan mengalami pertukaran ion dengan ion SCN<sup>-</sup> yang terikat pada gugus aktif membran hingga mencapai kesetimbangan. Dengan demikian ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> dan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> tidak mampu berkompetisi dengan ion SCN<sup>-</sup> sehingga kedua ion ini tidak mengganggu respon potensial sensor dengan menghasilkan harga K<sub>ij</sub> untuk ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> dan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> kurang dari 1. Urutan selektivitas sensor ion tiosianat berbasis kitosan terhadap ion asing berdasarkan harga K<sub>ij</sub> yang dihasilkan adalah I<sup>-</sup>>CN<sup>-</sup>>SCN<sup>-</sup>>CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

#### **4.3 Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja Sensor Ion Tiosianat Berbasis Kitosan**

Kesalahan pengukuran yang signifikan dapat disebabkan oleh pengaruh temperatur larutan sampel. Perubahan 10 °C pada temperatur sampel dapat mengubah harga faktor *Nernst* 1 mV/dekade (Lynde, 1997).

Pada penelitian ini untuk mengetahui apakah temperatur mempengaruhi kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan, maka dilakukan pengukuran potensial pada larutan dengan konsentrasi larutan SCN<sup>-</sup> 10<sup>-5</sup>-10<sup>-1</sup> M pada temperatur 20-60 °C dengan rentang temperatur 5 °C. Pengaruh temperatur terhadap kinerja ESI SCN<sup>-</sup> ditunjukkan dalam Gambar 4.3. Nilai faktor *Nernst* teoritis untuk ion monovalen adalah 59,2 mV/dekade konsentrasi. Dengan batas minimal yang diijinkan adalah 54,2 mV/dekade konsentrasi dan batas maksimal yang diijinkan 64,2 mV/dekade konsentasi.



**Gambar 4.3** Pengaruh temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan

Pada Gambar 4.3 menghasilkan garis yang lurus, hal ini menandakan bahwa temperatur berpengaruh terhadap kinerja sensor ion tiosianat. Akan tetapi, apabila ditinjau dari nilai batas faktor *Nernst* teoritis maka kinerja ion tiosianat dapat bekerja baik pada temperatur 20-50  $^{\circ}\text{C}$ . Pada temperatur 20-50  $^{\circ}\text{C}$  nilai faktor *Nernst* masih berada pada kisaran konsentrasi, akan tetapi pada temperatur  $\geq 55$   $^{\circ}\text{C}$  harga faktor *Nernst* yang dihasilkan tidak sesuai dengan batas faktor *Nernst* teoritis.

Temperatur dapat meningkatkan mobilitas suatu molekul ion. Jika suatu larutan dipanaskan maka molekul ion akan mengambil energi panas tersebut dan menunjukkannya dengan bergerak semakin cepat. Dapat dikatakan bahwa energi kinetik suatu ion bertambah. Dengan bertambahnya energi kinetik maka reaksi pertukaran ion akan semakin meningkat. Oleh karena itu, kemampuan membran untuk dapat mengikat ion-ion  $\text{SCN}^-$  menjadi bertambah. Akibatnya respon potensial ESI  $\text{SCN}^-$  terukur secara maksimal. Hal ini ditandai oleh harga faktor *Nernst* pada temperatur 20-60  $^{\circ}\text{C}$  yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dan menghasilkan garis yang lurus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Pada temperatur  $\geq 55^{\circ}\text{C}$ , mobilitas ion-ion dalam larutan bertambah akan tetapi fleksibilitas membran penukar ion menurun. Fleksibilitas merupakan salah satu karakteristik terpenting suatu membran selama transisinya dari padat ke cair. Ketika suatu membran cair dipanaskan, maka energi kinetik molekul-molekulnya bertambah. Namun gerakannya masih dibatasi sampai vibrasi dan rotasi daerah pendek sepanjang molekul membran polimer tersebut mampu mempertahankan struktur. Ketika temperatur lebih dinaikkan, maka muncul suatu batas dimana terjadi suatu perubahan yang jelas, dimana membran polimer melepaskan sifat-sifat gelasnya dan lebih bersifat karet. Membran yang mengalami perubahan sifat ini akan mempengaruhi pertukaran ion  $\text{SCN}^-$  pada membran dan ion  $\text{SCN}^-$  dalam larutan. Kemampuan membran untuk dapat mengikat ion-ion  $\text{SCN}^-$  menjadi berkurang sehingga menyebabkan  $\text{SCN}^-$  bebas berada di larutan. Hal ini mengakibatkan respon potensial ESI  $\text{SCN}^-$  yang terukur tidak maksimal, sehingga harga faktor *Nernst* yang dihasilkan tidak sesuai dengan batas kisaran harga faktor *Nernst* teoritis. Berdasarkan pada Gambar 4.3, garis lurus yang dihasilkan menunjukkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan. Akan tetapi, berdasarkan batas faktor *Nernst* teoritis, maka dapat dilakukan pengukuran potensial sensor ion tiosianat berbasis kitosan pada temperatur 20-50  $^{\circ}\text{C}$ .



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kinerja sensor ion tiosianat dapat bekerja baik pada pH 4-8. Sedangkan pada pH 3 dan  $\text{pH} \geq 9$  dapat mempengaruhi kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan.
2. Kinerja sensor ion tiosianat tipe kawat terlapis dipengaruhi oleh ion  $\text{CN}^-$  dan  $\text{I}^-$ . Sedangkan ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  serta pada temperatur 20-50 °C tidak mempengaruhi kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan.

### 5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya, perlu dibuat ESI  $\text{SCN}^-$  tipe kawat terlapis dengan membran berbahan aktif lain seperti zeolit sehingga didapatkan ESI yang memiliki ketahanan terhadap pengaruh pH dan ion asing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardakani, M.M, H.R. Zare, N. Nasirizadeh, dan J. Safari, 2004, **Highly Selective Lead (II) Membran Electrode Based on New Oxim Phenyl 2-Keto Methyl Quinoline (OPKMQ)**. *Dept. Of Chem.* 49(4):228-230
- Atikah, 1994, **Pembuatan dan Karakterisasi ESI Nitrat Tipe Kawat Terlapis**, Tesis Pasca Sarjana ITB, Bandung, 1, 13, 17, 18, 25, 28, 32
- Bailey, P. L., 1976, **Analysis with Ion-Selective Electrodes**, Heyden & Sons. Ltd., New York. 44-46
- Bauer, H. N., 1978, **Instrumental Analysis**, Allyn and Bacon, Inc. Boston, 55
- Buchari, 1990, **Analisis Instrumental Bagian I**, FMIPA, ITB
- Buck, R.P., dan L. Eric. 1994. **Recommendations for Nomenclature of Ion-Selective Electrodes**. *Pure & Appl. Chem.* 66(12): 2530-2531
- Cheung, W.H., J.C.Y.Ng dan G. McKay, 2002, **Equilibrium Studies of the Sorption of Cu(II) Ions onto Chitosan**, *Journal of Colloid and Interface Science.* 25(5):64-74
- Clesceri, L. S., A. E. Greenberg, dan R. R. Trussel. 1989, **Standart Metode For The Examination Of Water and Wastewater**. American Public Health Assiciation (APHA). 17<sup>th</sup> ed. Washington DC. 4-20, 4-27, 4-42, 4-44
- D' Angelo, E., J. Crutchfield, dan M Vandiviere. 2001. **Rapid, Sensitive, Micro scale Determination of Phosphate in Water and Soil**. *J. En. Qual.* 30(10):2206
- Danesi, P.R., G. Scibona, dan B. Scuppa. 1974. **Electrochemical Behavior of Liquid Anion Membrans. Biionic Potentials with NO<sup>3-</sup>-Cl<sup>-</sup>, NO<sup>3-</sup>-Br<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>-Cl<sup>-</sup> Couples**. *J. Phys. Chem.* 75, 554-561
- Effendi, H., 2003, **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**, Kanisius. Yogyakarta
- Evan, A., 1991, **Potentiometry and Ion Selective Electrodes**, John Wiley & Sons, London
- Fan, J., J. Chen, L. Yang dan H. Lin, 2009, **Preparation of Dual Sensitive Graft Copolymer Hydrogel Based on N-maleoyl Chitosan and Poly(N-isopropylacrylamide) by Electron**

- Beam Radiation.** *Bull. Mater.Sci.*,32(2):521-526
- Freiser, H., H. James, dan G. Carmarck, 1972, **Coated Wire Ion Selective Electrodes**, *Anal. Chem.* 44(4):856-857
- Gamage, Ashoka, dan Fereidoon Shahidi, 2007, **Use of Chitosan for the Removal of Metal Ion Contaminants and Proteins from Water**, Environmental Science Program, Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, Canada
- Harvey, D., 2000, **Modern Analytical Chemistry**, The McGraw-Hill Companies, Inc., the United States of America. pp.475-482
- Improta, Carlo, Maraglia, R.V., dan Nota, G., 2002, **Determination of Cyanides and Thiocyanates in Water by Headspace Gas Chromathography with a Nitrogen-Phosphorus Detector**, *Elsevier science b.s.*, 207(1):47-54
- Katalinich, Michael., 2001, **Characterization of Chitosan Films for Cell Culture Applications**, Thesis of Chemical Engineering, The university of Maine. 2
- Kirk, A. B., J.V. Dyke, C.F. Martin, dan P.K. Dasgupta., 2007, **Temporal Patterns in Perchlorate, Thiocyanate, and Iodide Excretion in Human Milk.** *En. And Health Pers.* 115, 182-186
- Kittivachra, R., 2006, **Effect of Cassava on Thyroid Gland in Rats.** *Thai J. Pharm. Sci.* 30, 57-62
- Kesting,R.E, 1985, **Synthetic Polymer Membrans, a Structural Perspective 2<sup>nd</sup> Edition**, John Wiley and Sons, New York
- Korenaga, T., 1981, **Continuous Monitoring Using Thiocyanate Ion-Selective Electrodes.** *J. Of Auto. Chem.* 3:191-196
- Lakshminarayanaiah, N., dan T. Jefferson., 1990, **Selectivity of Ion-Sensing Electrodes, dalam Ion-Sensing Electodes and Electrochemical Instrumentation**, Santhanam, K. S. V. Editor. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore. 1-49
- Lin, E.Y., 2007. **A Study of Mobility of Silver Ion in Chitosan Membranes.** Thesis. Department of Applied Science in Chemical Engineering. Canada
- Lynde, S.R., 1997, **Environmental Sampling & Monitoring**



- Primer**, <http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teach/smprimer/ise/ise.html>, diakses 10 Maret 2009
- Mahasari, Y., 2008, **Pengaruh pH, Temperatur dan Ion Asing terhadap Kinerja Elektroda Selektif Ion Nitrat Tipe Tabung yang Diaplikasikan pada Penentuan Nitrat dalam Air Sawah**, Skripsi Strata Satu, Universitas Brawijaya, Malang
- Mc-Graw Hill, 2003, **Dictionary of Chemistry Second Edition**. The McGraw-Hill Companies, Inc, USA
- Moran, R. E., 1999, **Cyanide in Mining: Some Observations on The Chemistry**, Toxicity and Analysis of Mining-Related Waters, Hydrogeology. Geochemistry Golden. Colorado, USA, 5, 7-8, 9-10, 12.
- Mulder, M., 1991, **Basic Principles Of Membrane Technology**, Klnwer Academic Publisher Dordrecht
- Muzzarelli, R.A.A. dan Jeuniaux,C., 1977, **Chitin Chemistry**, Oxford. Pergamon press: 87-153
- Nielsen, H. J dan E.H. Hansen., 1976, **New Nitrate Ion-Selective Electrodes Based on Quaternary Ammonium Compounds in Nonporous Polymer Membrans**. *Anal. Chem. Acta.* 1-16
- Parker, 1992, **Encyclopedia of Science and Technology**, 3<sup>th</sup> ed. Mc Graw Hill Book Co. 522, 1923
- Patnaik, Pradyot., 2004, **Dean's Analytical Chemistry Handbook Second Edition** . McGraw-Hill Companies, Inc., New York. 14(41): 799
- Pranitis, D. M. 1992, **Potentiometric Ion Gas And Bio Selective Membran Electrodes**, *Crit. Rev. In Anal.* 163-186
- Pourjavadi, Ali dan Gholam Reza Mahdavinia., 2006., **Superabsorbency, pH-Sensitivity and Swelling Kinetics of Partially Hydrolyzed Chitosan-g-poly (Acrylamide) Hydrogels**, *Turk J. Chem* 30:595-608
- Pudjaatmaka, A. Hadyana, 2002, **Kamus Kimia**, Balai Pustaka, Jakarta
- Putra, Wahyu B.M., 2011, **Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Selektif Ion Tiosianat Tipe Kawat Terlapis Berbasis Kitosan**, Draf Skripsi, Universitas Brawijaya

- Rahmania, D., 2008, **Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Selektif ion Sianida Tipe Kawat Terlapis Menggunakan Ag/AgCl untuk Penentuan Sianida dalam Air Limbah Elektroplating**, Skripsi Strata Satu, Universitas Brawijaya, Malang
- Reinsfelder, R.E., dan F.A. Schultz., 1973, **Anion Selectivity Studies on Liquid Membran Electodes**, *Anal. Chem. Acta.* 6(5): 425-437
- Rinaudo, M., 2006, **Chitin and Chitosan: Properties and Applications**, *Progress in Polymer Science*, 31(3): 603-632
- Roberts, G.A.F., 1992, **Chitin Chemistry**, MacMillan, London, 54-84
- Rundle, C.C., 2003, **Glossary of Terms Used in Ion Selective Electrode Measurements (With Mathematical Formulae)**, Nico2000 Ltd., London, United Kingkom. <http://www.nico2000.net/DataSheets/electrodes.html>, diakses 10 Maret 2009
- Setian, N., 2007, **Hypothyroidism in Children: Diagnosis and Treatment**, *J. de Ped.* 83(5):1-6
- Sihotang, U., 2007, **Hubungan Asupan Yodium dan Asupan Goitrogenik dengan Status Gangguan Akibat Kekurangan Yodium (GAKY) pada Anak Sekolah Dasar di Kabupaten Dairi Provinsi Sumatera Utara**, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Skoog, D. A., D.M. West dan J. Holler., 1983, **Ion Exchange Membrans**, Ellis Horwood Limited Publishers. Chichester. 361
- Skoog, D. A., M.W. Donald, dan J. Holler., 1990, **Analytical Chemistry an Introduction**, 5<sup>th</sup> Ed. Saunders College Publishing, Philadelphia, 23-27
- Smith, D.W., 1977, **Ionic hydration enthalpies**, *J. Of Chem. Ed*, 54: 541-542
- Steed, J.W., dan J.L. Atwood, 2009, **Supramolecular Chemistry**, John Wiley and Sons, Ltd., UK, p.226
- Steven, W.F., P., Lertsutthiwong dan S. Chandrkrachang, 2000, **The Effect of The Utilization of Chitosan on Properties of Paper**, *J. of Metals, Materials and Minerals.* 10 (1): 43-52
- Trompette, J.L., L. Arurault, S. Fontorbes, dan L. Massot, 2009,

- Influence of The Anion Specificity on The Electrochemical Corrosion of Anodized Aluminium Substrates**, Universite de Toulouse France
- Umezawa, Y., P. Buhlmann, K. Umezawa, K. Tohda, dan S. Amemiya., 2000, **Potentiometric Selectivity Coefficients of Ion-Selective Electrodes Inorganic Cations**, part 1. *Pure & Appl. Chem*, 72(10): 1852-1854
- Vesely, J., Dalibor, W., dan Karel, S., 1978, **Analysis with Ion Selective Electrodes**, John Wiley and Sons, New York, pp 23,44,47-53
- Wang, J., 2006, **Analytical Electrochemistry 3<sup>rd</sup> Edition**, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, pp.165-174,185-190
- Weast, R.C., 1989, **CRC Handbook of Chemistry and Physics**, CRC Press Inc. Boca Raton, Florida
- Williard, H.H., L. Lynne, J. Merritt, D. John, dan F. Settle., 1988, **Instrumental Methodes of Analysis**, 7<sup>th</sup> ed., Wadsworth Publishing Company, 682, 685, 686
- Wroblewski, W., 2005, **Ion selective Chemical Sensors Research Group**, Polandia, <http://csrg.ch.pw.edu.pl/tutorials/ise>, diakses 10 Maret 2009
- Wygładacs, K., 2006, **Solid-State Sensors**, Warsaw University of Technology, Department of Analytical Chemistry, Poland. <http://csrg.ch.pw.edu.pl/tutorials/solid>, diakses 10 Juni 2009
- Yudhistira, N.P., 2010, **Pengaruh Ion Pengganggu, pH dan Temperatur Terhadap Kinerja Elektroda Selektif Ion (ESI) NCS<sup>-</sup> Tipe Kawat Terlapis Berbasis Aliquot 336-NCS<sup>-</sup>**, Draf Skripsi, Universitas Brawijaya
- Zare, H.R., 2005, **Iodide-Selective Membran Electrode Based on Shalopen Complex of Cobalt (III)**, *J.Braz. Chem.Soc.*, 16(2):571-577

## **LAMPIRAN 1**

### **L.1 Preparasi Larutan**

#### **L.1.1 Larutan KSCN 1 M**

Padatan KSCN ditimbang 9,718 gram dalam gelas arloji, dipindahkan ke dalam gelas beaker 50 ml dan dilarutkan dengan akuades. Dipindahkan ke dalam labu ukur 100 ml secara kuantitatif, diencerkan hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen.

#### **L.1.2 Larutan KSCN 0.2 M**

Padatan KSCN ditimbang 0,972 gram dalam gelas arloji, dipindahkan ke dalam gelas beaker 50 ml dan dilarutkan dengan akuades. Dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml secara kuantitatif, diencerkan hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen.

#### **L.1.3 Larutan KCN 0,1 M**

Padatan KCN ditimbang sebanyak 0,326 gram dalam gelas arloji, dipindahkan ke dalam gelas piala 25 ml dan dilarutkan dengan akuades 10 ml. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml, diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan  $\text{CN}^-$   $1 \times 10^{-1}$  M diperoleh dari pengenceran larutan  $\text{CN}^-$  0,2 M.

#### **L.1.4 Larutan $\text{CH}_3\text{COONa}$ 0,1 M**

Padatan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ditimbang sebanyak 0,41 gram dalam gelas arloji, dipindahkan ke dalam gelas piala 25 ml dan dilarutkan dengan akuades 10 ml. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml, diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$   $1 \times 10^{-1}$  M diperoleh dari pengenceran larutan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  0,2 M.

#### **L.1.5 Larutan KI 0,1 M**

Padatan KI ditimbang sebanyak 0,83 gram dalam gelas arloji, dipindahkan ke dalam gelas piala 25 ml dan dilarutkan dengan akuades 10 ml. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml, diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan  $\text{I}^-$   $1 \times 10^{-1}$  M diperoleh dari pengenceran larutan  $\text{I}^-$  0,2 M.

### **L.1.6 Larutan $\text{Na}_3\text{PO}_4$ 0,1 M**

Padatan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  ditimbang sebanyak 0,82 gram dalam gelas arloji, dipindahkan ke dalam gelas piala 25 ml dan dilarutkan dengan akuades 10 ml. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml, diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$   $1 \times 10^{-1}$  M diperoleh dari pengenceran larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  0,2 M.

### **L.1.7 Larutan bufer fosfat**

Pembuatan larutan bufer fosfat pH 3-10 yaitu dilakukan dengan cara menambahkan larutan NaOH 0,1 M ke dalam 25 ml larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

### **L.1.8 Larutan $\text{SCN}^-$ $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$ M pH 5**

Larutan  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-1}$  M diperoleh dari pengenceran larutan  $\text{SCN}^-$  0,2 M. Dipipet 25 ml larutan  $\text{SCN}^-$  0,2 M ke dalam gelas beaker 50 ml, diencerkan dengan sedikit akuades dan diukur pH larutan dengan menggunakan pH meter. Kemudian ditetesi dengan bufer pH 5 hingga pH larutan menjadi pH 5. Larutan tersebut kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan akuades pH 6-7 hingga tanda batas. Begitu pula untuk pembuatan larutan  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-2}$  M pH 5 dibuat dengan pengenceran dari larutan  $\text{SCN}^-$  0,2 M.

### **L.1.9 Pembuatan Larutan $\text{KSCN}$ $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$ M pH 3-10**

Pembuatan larutan  $\text{KSCN}$   $1 \times 10^{-1}$  M pH 3 yaitu dibuat dengan memipet 25 ml larutan  $\text{KSCN}$  0,2 M, diencerkan dengan sedikit akuades ke dalam gelas beaker 50 ml dan diukur pH larutan dengan menggunakan pH meter. Kemudian ditetesi dengan bufer pH 3. Larutan tersebut kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan akuades pH 6-7 hingga tanda batas. Demikian juga untuk pembuatan larutan  $\text{KSCN}$   $1 \times 10^{-2}$ - $1 \times 10^{-5}$  M pH 3 dan larutan  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M pH 4-10 dibuat seperti cara di atas.

### **L.1.10 Variasi larutan campuran $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$ M dan $\text{CN}^- 1 \times 10^{-3}$ M pH 5**

Larutan campuran  $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-1}$  M dan  $\text{CN}^- 1 \times 10^{-3}$  M dibuat dari larutan  $\text{SCN}^- 0,2$  M yang dipipet 12,5 ml menggunakan pipet ukur dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 ml. Lalu 0,25 ml larutan  $\text{CN}^- 0,1$  M. Kemudian ditetesi bufer pH 5 hingga pH larutan menjadi pH 5. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml dan ditambah akuades sampai tanda batas dan dikocok hingga homogen. Dengan cara yang sama dibuat larutan campuran  $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-2}$  M dan  $\text{CN}^- 1 \times 10^{-3}$  M dari larutan  $\text{CN}^- 0,1$  M.

### **L.1.11 Variasi larutan campuran $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$ M dan $\text{I}^- 1 \times 10^{-3}$ M pH 5**

Larutan campuran  $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-1}$  M dan  $\text{I}^- 1 \times 10^{-3}$  M dibuat dari larutan  $\text{SCN}^- 0,2$  M yang dipipet 12,5 ml menggunakan pipet ukur dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 ml. Lalu 0,25 ml larutan  $\text{I}^- 0,1$  M. Kemudian ditetesi bufer pH 5 hingga pH larutan menjadi pH 5. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml dan ditambah akuades sampai tanda batas dan dikocok hingga homogen. Dengan cara yang sama dibuat larutan campuran  $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-2}$  M dan  $\text{I}^- 1 \times 10^{-3}$  M dari larutan  $\text{I}^- 0,1$  M.

### **L.1.12 Variasi larutan campuran $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$ M dan $\text{CH}_3\text{COO}^- 1 \times 10^{-3}$ M pH 5**

Larutan campuran  $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-1}$  M dan  $\text{CH}_3\text{COO}^- 1 \times 10^{-3}$  M dibuat dari larutan  $\text{SCN}^- 0,2$  M yang dipipet 12,5 ml menggunakan pipet ukur dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 ml. Lalu 0,25 ml larutan  $\text{CN}^- 0,1$  M. Kemudian ditetesi bufer pH 5 hingga pH larutan menjadi pH 5. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml dan ditambah akuades sampai tanda batas dan dikocok hingga homogen. Dengan cara yang sama dibuat larutan campuran  $\text{SCN}^- 1 \times 10^{-2}$  M dan  $\text{CH}_3\text{COO}^- 1 \times 10^{-3}$  M dari larutan  $\text{CH}_3\text{COO}^- 0,1$  M.

### L.1.13 Variasi larutan campuran $\text{SCN}^-$ $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$ M dan $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ $1 \times 10^{-3}$ M pH 5

Larutan campuran  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-1}$  M dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$   $1 \times 10^{-3}$  M dibuat dari larutan  $\text{SCN}^-$  0,2 M yang dipipet 12,5 ml menggunakan pipet ukur dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 ml. Lalu 0,25 ml larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  0,1 M. Kemudian larutan ditetesi bufer pH 5 hingga pH larutan menjadi pH 5. Dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml dan ditambah akuades sampai tanda batas dan dikocok hingga homogen. Pada pH 5  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  terdisosiasi menjadi spesi  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Dengan cara yang sama dibuat larutan campuran  $\text{SCN}^-$   $10^{-2}$  M dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$   $10^{-3}$  M dari larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  0,1 M. Hasil pengenceran campuran larutan KSCN  $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-1}$  M dan larutan ion asing ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{I}^-$ )  $10^{-3}$  M dalam labu takar 25 ml ditunjukkan pada Tabel L.1.1.

**Tabel L.1.1** Hasil Pengenceran Campuran Larutan KSCN dan Larutan Ion Asing ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{I}^-$ )

Larutan KSCN yang dipipet (M)	Larutan ion asing yang dipipet (M)	Volume KSCN yang dipipet (ml)	Volume ion asing yang dipipet (ml)	KSCN yang dihasilkan (M)	Larutan ion asing yang dihasilkan (M)
0,2	$10^{-1}$	12,5	0,25	$10^{-1}$	$10^{-3}$
0,2		1,25		$10^{-2}$	
$10^{-2}$		2,5		$10^{-3}$	
$10^{-3}$		2,5		$10^{-4}$	
$10^{-3}$		0,25		$10^{-5}$	

## LAMPIRAN 2

### L.2 Perhitungan dan Pembuatan Larutan

#### L.2.1 Perhitungan dan pembuatan larutan KSCN 0,2 M

$$\begin{aligned}\text{mol SCN}^- &= 0,2 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,01 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa KSCN} &= 97,18 \text{ gram/mol} \times 0,01 \text{ mol} \\ &= 0,972 \text{ gram}\end{aligned}$$

Jadi berat KSCN yang ditimbang sebesar 0,972 gram

#### L.2.2 Perhitungan dan pembuatan larutan KSCN $1 \times 10^{-1}$ M- $1 \times 10^{-5}$ M

Konsentrasi  $10^{-1}$  M :

$$\begin{aligned}V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 0,2 &= 50 \text{ ml} \times 10^{-1} \text{ M} \\ V_1 &= 25 \text{ ml}\end{aligned}$$

Dipipet 25 ml KSCN 0,2 M kemudian dimasukkan dalam labu ukur 50 ml ditanda bataskan dengan akuades.

Konsentrasi  $10^{-2}$  M :

$$\begin{aligned}V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 0,2 &= 50 \text{ ml} \times 10^{-2} \text{ M} \\ V_1 &= 2,5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Dipipet 2,5 ml KSCN 0,2 M kemudian dimasukkan dalam labu ukur 50 ml ditanda bataskan dengan akuades.

Konsentrasi  $10^{-3}$  M :

$$\begin{aligned}V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 0,2 &= 50 \text{ ml} \times 10^{-3} \text{ M} \\ V_1 &= 0,25 \text{ ml}\end{aligned}$$

Dipipet 0,25 ml KSCN 0,2 M dengan pipet ukur kemudian dimasukkan dalam labu ukur 50 ml ditanda bataskan dengan akuades.

Konsentrasi  $10^{-4}$  M :

$$\begin{aligned}V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 10^{-3} &= 50 \text{ ml} \times 10^{-4} \text{ M} \\ V_1 &= 5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Dipipet 10 ml KSCN  $10^{-3}$  M kemudian dimasukkan dalam labu ukur 50 ml ditanda bataskan dengan akuades.



Konsentrasi  $10^{-5}$  M :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 10^{-3} = 50 \text{ ml} \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ ml}$$

Dipipet 0,5 ml  $\text{KSCN } 10^{-3}$  M kemudian dimasukkan dalam labu ukur 50 ml ditanda bataskan dengan akuades.

Hasil pengenceran larutan KSCN ditunjukkan pada Tabel L.2.1.

**Tabel L.2.1** Hasil Pengenceran Larutan KSCN

KSCN yang dipipet (M)	Volume yang dipipet (ml)	KSCN yang dihasilkan (M)	Dalam labu takar 50 ml
0,2	25	$10^{-1}$	
0,2	2,5	$10^{-2}$	
0,2	0,25	$10^{-3}$	
$10^{-3}$	5	$10^{-4}$	
$10^{-3}$	0,5	$10^{-5}$	

### L.2.3 Perhitungan dan pembuatan larutan NaOH 0,1 M 500 ml

$$\text{mol OH} = 0,1 \text{ mol/L} \times 0,5 \text{ L}$$

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

$$\text{Massa NaOH} = 40 \text{ gram/mol} \times 0,05 \text{ mol}$$

$$= 2 \text{ gram}$$

Jadi berat NaOH yang ditimbang sebesar 2 gram untuk membuat 500 ml larutan NaOH 0,1 M dimasukkan dalam labu ukur 100 ml ditanda bataskan dengan akuades.

### L.2.4 Perhitungan dan pembuatan larutan $\text{H}_3\text{PO}_4$ 0,1 M 500 ml

$$M_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{\rho \times \% \times 1000}{100 \times \text{Mr}}$$

$$= \frac{1,71 \text{ gram/ml} \times 85 \times 1000}{100 \times 97,97 \text{ gram/mol}}$$

$$= 14,836 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 14,836 \text{ M} = 500 \text{ ml} \times 0,1 \text{ M}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ ml} \times 0,1 \text{ M}}{14,836 \text{ M}}$$

$$V_1 = 3,37 \text{ ml}$$

$$V_1 = 3,37 \text{ ml}$$

Untuk membuat  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,1 M dipipet 3,37 ml larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85% ke dalam labu ukur 500 ml dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

### L.2.5 Perhitungan dan pembuatan larutan KI $10^{-3}$ M

$$\begin{aligned} \text{Mol I}^- &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,005 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KI} &= 165,99 \text{ gram/mol} \times 0,005 \text{ mol} \\ &= 0,83 \text{ gram} \end{aligned}$$

Jadi berat KI yang ditimbang sebesar 0,83 gram untuk membuat larutan KI 0,1 M

Ditimbang 0,83 gram padatan KI kemudian dimasukkan dalam gelas beaker 50 ml ditambahkan akuades sedikit kemudian dipindahkan dalam labu ukur 50 ml dan ditanda bataskan. Untuk membuat 25 ml larutan KI  $10^{-3}$  dari larutan KI 0,1 M :

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 0,1 &= 25 \text{ ml} \times 10^{-3} \text{ M} \\ V_1 &= 0,25 \text{ ml} \end{aligned}$$

### L.2.6 Perhitungan dan pembuatan larutan KCN $10^{-3}$ M

$$\begin{aligned} \text{mol CN}^- &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,005 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KCN} &= 65,116 \text{ gram/mol} \times 0,005 \text{ mol} \\ &= 0,326 \text{ gram} \end{aligned}$$

Jadi berat KCN yang ditimbang sebesar 0,326 gram untuk membuat larutan KCN 0,1 M.

Ditimbang 0,326 gram padatan KCN kemudian dimasukkan dalam gelas beaker 50 ml ditambahkan akuades sedikit kemudian dipindahkan dalam labu ukur 50 ml dan ditanda bataskan. Untuk membuat 25 ml larutan KCN  $10^{-3}$  dari larutan KCN 0,1 M :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 0,1 = 25 \text{ ml} \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ ml}$$

### L.2.7 Perhitungan dan pembuatan larutan $\text{Na}_3\text{PO}_4 \ 10^{-3} \text{ M}$

$$\text{mol Na}_3\text{PO}_4 = 0,1 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,005 \text{ mol}$$

$$\text{Massa Na}_3\text{PO}_4 = 163,97 \text{ gram/mol} \times 0,005 \text{ mol}$$

$$= 0,82 \text{ gram}$$

Jadi berat  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  yang ditimbang sebesar 0,82 gram untuk membuat larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \ 0,1 \text{ M}$

Ditimbang 0,82 gram padatan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  kemudian dimasukkan dalam gelas beaker 50 ml ditambahkan akuades sedikit kemudian dipindahkan dalam labu ukur 50 ml dan ditanda bataskan. Untuk membuat 25 ml larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \ 10^{-3} \text{ M}$  dari larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \ 0,1 \text{ M}$  :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 0,1 = 25 \text{ ml} \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ ml}$$

### L.2.8 Perhitungan dan pembuatan larutan $\text{CH}_3\text{COO}^- \ 10^{-3} \text{ M}$

$$\text{mol CH}_3\text{COO}^- = 0,1 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,005 \text{ mol}$$

$$\text{Massa NaCH}_3\text{COO} = 82,01 \text{ gram/mol} \times 0,005 \text{ mol}$$

$$= 0,41 \text{ gram}$$

Jadi berat  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  yang ditimbang sebesar 0,82 gram untuk membuat larutan  $\text{NaCH}_3\text{COO} \ 10^{-1} \text{ M}$

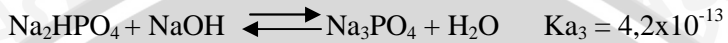
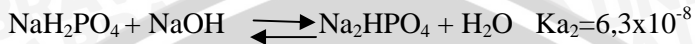
Ditimbang 0,82 gram padatan  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  kemudian dimasukkan dalam gelas beaker 50 ml ditambahkan akuades sedikit kemudian dipindahkan dalam labu ukur 50 ml dan ditanda bataskan. Untuk membuat 25 ml larutan  $\text{CH}_3\text{COO}^- \ 10^{-3} \text{ M}$  dari larutan  $\text{CH}_3\text{COO}^- \ 0,1 \text{ M}$  :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 0,1 = 25 \text{ ml} \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ ml}$$

## L.2.9 Perhitungan bufer fosfat

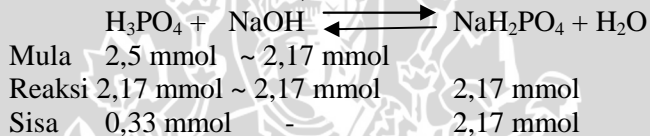


### L.2.9.1 Perhitungan bufer pH 3

$$\begin{aligned} \text{mmol H}_3\text{PO}_4 &= 25 \text{ mL} \times 0,1 \text{ mmol/mL} \\ &= 2,5 \text{ mmol} \end{aligned}$$

Jika larutan NaOH 0,1 M yang ditambahkan adalah 21,7 mL, maka mmol NaOH :

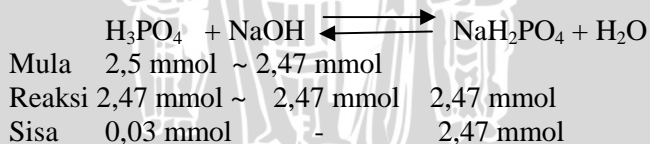
$$\begin{aligned} \text{mmol NaOH} &= 21,7 \text{ mL} \times 0,1 \text{ mmol/mL} \\ &= 2,17 \text{ mmol} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{p}K_{a1} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} \\ &= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[0,33 \text{ mmol}]}{[2,17 \text{ mmol}]} \end{aligned}$$

$$= 2,15 - (-0,82) = 2,97$$

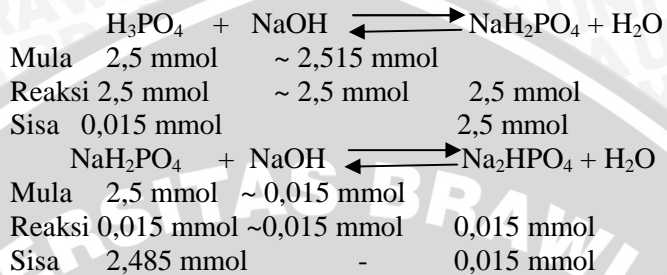
### L.2.9.2 Perhitungan bufer pH 4



$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{p}K_{a1} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} \\ &= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[0,03 \text{ mmol}]}{[2,47 \text{ mmol}]} \end{aligned}$$

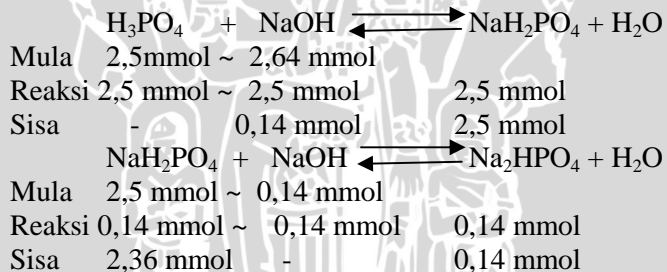
$$= 2,15 - (-1,916) = 4,066$$

### L.2.9.3 Perhitungan bufer pH 5



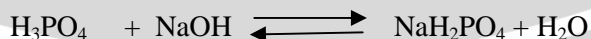
$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pK}_{a1} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} \\ &= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[2,485 \text{ mmol}]}{[0,015 \text{ mmol}]} \\ &= 7,200 - (2,219) = 4,981 \end{aligned}$$

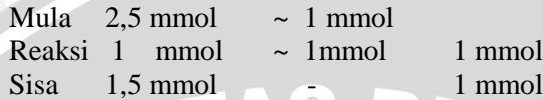
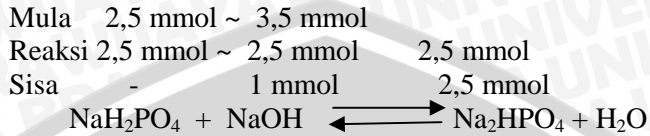
### L.2.9.4 Pembuatan bufer pH 6



$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pK}_{a1} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} \\ &= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[2,36 \text{ mmol}]}{[0,14 \text{ mmol}]} \\ &= 7,200 - (1,226) = 5,97 \end{aligned}$$

### L.2.9.5 Pembuatan bufer pH 7



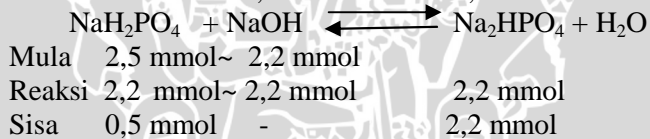
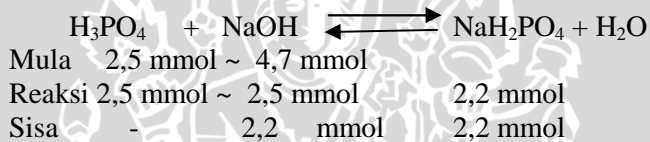


$$\text{pH} = \text{pK}_{a1} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]}$$

$$= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[1,5 \text{ mmol}]}{[1 \text{ mmol}]}$$

$$= 7,200 - (0,176) = 7,024$$

#### L.2.9.6 Pembuatan bufer pH 8

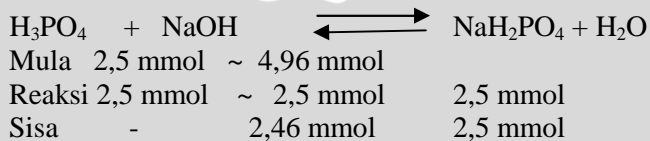


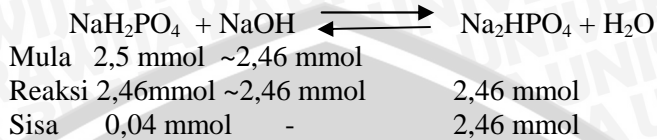
$$\text{pH} = \text{pK}_{a2} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]}$$

$$= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[0,5 \text{ mmol}]}{[2,2 \text{ mmol}]}$$

$$= 7,200 - (-0,865) = 8,065$$

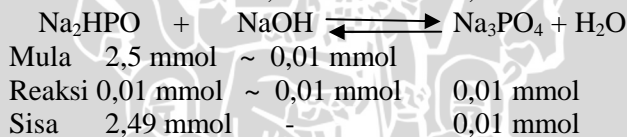
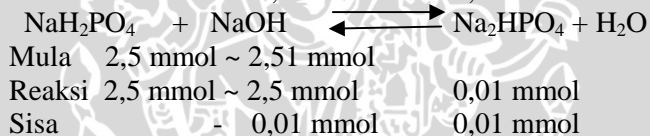
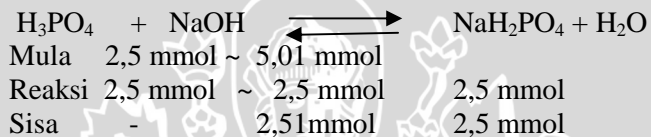
#### L.2.9.7 Pembuatan bufer pH 9





$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pK}_{a1} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} \\ &= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[0,04 \text{ mmol}]}{[2,46 \text{ mmol}]} \\ &= 7,200 - (1,789) = 8,989 \end{aligned}$$

### L.2.9.8 Pembuatan bufer pH 10



$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pK}_{a2} - \log \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} \\ &= -\log 7,1 \times 10^{-3} - \log \frac{[2,49 \text{ mmol}]}{[0,01 \text{ mmol}]} \\ &= 7,200 - (2,396) = 9,974 \end{aligned}$$

### LAMPIRAN 3

#### L.3 Data dan Hasil Penelitian

##### L.3.1 Pengukuran potensial rata-rata dan penentuan harga

##### *Nernst* pada pH 3-10

##### L.3.1.1 Penentuan harga *Nernst* pada pH 3

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	413	410	415	412,7 ± 2,5
4	369	364	365	366 ± 2,6
3	323	320	325	322,7 ± 2,5
2	260	265	266	263,7 ± 3,2
1	213	210	211	211,3 ± 1,5
Faktor <i>Nernst</i>	50,9	49,9	50,7	50,5 ± 0,5
R <sup>2</sup>	0,996	0,997	0,996	0,997

##### L.3.1.2 Penentuan harga *Nernst* pada pH 4

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	440	445	446	443,7 ± 3,2
4	387	386	389	387,3 ± 1,5
3	334	335	337	335,3 ± 1,5
2	280	282	284	282 ± 2,0
1	221	220	221	220,7 ± 0,6
Faktor <i>Nernst</i>	54,5	55,4	55,5	55,1 ± 0,6
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999



### L.3.1.3 Penentuan harga *Nernst* pada pH 5

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	350	351	352	351 ± 1,0
4	290	292	291	291 ± 1,0
3	230	233	231	231,3 ± 1,5
2	172	173	173	172,7 ± 0,6
1	110	112	115	112,3 ± 2,5
Faktor <i>Nernst</i>	59,8	59,7	59,2	59,6 ± 0,3
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.1.4 Penentuan harga *Nernst* pada pH 6

p[SCN] <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	367	368	370	368,3 ± 1,5
4	307	308	310	308,3 ± 1,5
3	248	245	247	246,7 ± 1,5
2	187	188	192	189 ± 2,6
1	124	123	121	122,7 ± 1,5
Faktor <i>Nernst</i>	60,6	61	61,6	61,1 ± 0,5
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,998	0,999

### L.3.1.5 Penentuan harga *Nernst* pada pH 7

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	346	340	348	344,7 ± 4,2
4	288	282	285	285 ± 3,0
3	230	235	234	233 ± 2,6
2	172	171	170	171 ± 1,0
1	110	110	112	110,7 ± 1,2
Faktor <i>Nernst</i>	58,8	57,1	58,7	58,2 ± 0,9
R <sup>2</sup>	0,999	0,997	0,999	0,999

### L.3.1.6 Penentuan harga *Nernst* pada pH 8

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	348	350	352	350 ± 2,0
4	293	294	292	293 ± 1,0
3	235	240	239	238 ± 2,6
2	182	184	182	182,7 ± 1,2
1	125	126	124	125 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	55,7	55,8	56,6	56 ± 0,5
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.1.7 Penentuan harga *Nernst* pada pH 9

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	345	346	347	346 ± 1,0
4	300	299	304	301 ± 2,6
3	248	250	250	249,3 ± 1,2
2	190	192	195	192,3 ± 2,5
1	144	146	140	143,3 ± 3,0
Faktor <i>Nernst</i>	51,2	50,7	52,3	51,4 ± 0,8
R <sup>2</sup>	0,998	0,998	0,997	0,998

### L.3.1.8 Penentuan harga *Nernst* pada pH 10

p[SCN] <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	350	355	358	354,3 ± 4,0
4	311	315	314	313,3 ± 2,1
3	271	274	270	271,7 ± 2,1
2	207	209	210	208,7 ± 1,5
1	166	165	167	166 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	47,2	48,6	48,6	48,2 ± 0,8
R <sup>2</sup>	0,991	0,992	0,996	0,993

### L.3.2 Pengaruh pH terhadap kinerja sensor ion $\text{SCN}^-$ Berbasis kitosan

Tabel L.3.2 Harga potensial ESI  $\text{SCN}^-$  terhadap pH

[ $\text{SCN}^-$ ] (M)	Potensial ESI $\text{SCN}^-$ pada pH (mV)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
$10^{-5}$	412,7 ± 2,5	443,7 ± 3,2	351 ± 1,0	368,3 ± 1,5	344,7 ± 4,2	350 ± 2,0	346 ± 1,0	354,3 ± 4,0
$10^{-4}$	366 ± 2,6	387,3 ± 1,5	291 ± 1,0	308,3 ± 1,5	285 ± 3,0	293 ± 1,0	301 ± 2,6	313,3 ± 2,1
$10^{-3}$	322,7 ± 2,5	335,3 ± 1,5	231,3 ± 1,5	246,7 ± 1,5	233 ± 2,6	238 ± 2,6	249,3 ± 1,2	271,7 ± 2,1
$10^{-2}$	263,7 ± 3,2	282 ± 2,0	172,7 ± 0,6	189 ± 2,6	171 ± 1,0	182,7 ± 1,2	192,3 ± 2,5	208,7 ± 1,5
$10^{-1}$	211,3 ± 1,5	220,7 ± 0,6	112,3 ± 2,5	122,7 ± 1,5	110,7 ± 1,2	125 ± 1,0	143,3 ± 3,0	166 ± 1,0
Slope (mV/dekade)	50,5 ± 0,5	55,1 ± 0,6	59,6 ± 0,3	61,1 ± 0,5	58,2 ± 0,9	56 ± 0,5	51,4 ± 0,8	48,2 ± 0,8

### L.3.3 Harga Potensial Sensor Ion Tiosianat dengan Ion asing

Tabel L.3.3.1 Harga potensial sensor ion tiosianat tanpa ion asing

p[SCN <sup>-</sup> ]	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	468	466	467	467 ± 1,0
4	408	410	412	410 ± 2,0
3	349	350	351	350 ± 1,0
2	290	292	290	290,7 ± 1,2
1	230	228	229	229 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	59,4	59,4	59,8	59,5 ± 0,2
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

Tabel L.3.3.2 Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing sianida

p[SCN <sup>-</sup> ]	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	517	520	515	517,3 ± 2,5
4	460	470	462	464 ± 5,3
3	400	401	400	400,3 ± 0,6
2	301	300	300	300,3 ± 0,6
1	229	230	230	229,7 ± 0,6
Faktor <i>Nernst</i>	73,5	74	73,2	73,9 ± 0,4
R <sup>2</sup>	0,989	0,989	0,987	0,988

**Tabel L.3.3.3 Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing iodida**

p[SCN] <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	520	530	525	525 ± 5,0
4	460	470	469	466,3 ± 5,5
3	410	410	410	410 ± 0,0
2	305	302	302	303 ± 1,7
1	230	229	231	230 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	73,5	77	75,5	75,3 ± 1,8
R <sup>2</sup>	0,984	0,987	0,985	0,985

**Tabel L.3.3.4 Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing asetat**

p[SCN] <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	440	442	445	442,3 ± 2,5
4	381	385	382	382,7 ± 2,1
3	325	324	322	323,7 ± 1,5
2	265	266	263	264,7 ± 1,5
1	208	210	209	209 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	58	58,3	59,1	58,5 ± 0,6
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

**Tabel L.3.3.5 Harga potensial sensor ion tiosianat dengan ion asing dengan ion asing fosfat**

p[SCN] <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	429	430	432	430,3 ± 1,5
4	373	370	372	371,7 ± 1,5
3	315	314	312	313,7 ± 1,5
2	250	254	252	252 ± 2,0
1	196	195	197	196 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	58,9	58,6	59	58,8 ± 0,2
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999



### L.3.4 Pengaruh ion asing terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan

Tabel L.3.4.1 Harga potensial sensor ion tiosianat terhadap ion asing

[SCN <sup>-</sup> ]M	pSCN <sup>-</sup>	E(mV) sensor ion tiosianat pada larutan				
		SCN <sup>-</sup> (tanpa ion asing)	CN <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
1x10 <sup>-5</sup>	5	467 ± 1,0	517,3 ± 2,5	525 ± 5,0	442,3 ± 2,5	430,3 ± 1,5
1x10 <sup>-4</sup>	4	410 ± 2,0	464 ± 5,3	466,3 ± 5,5	382,7 ± 2,1	371,7 ± 1,5
1x10 <sup>-3</sup>	3	350 ± 1,0	400,3 ± 0,6	410 ± 0,0	323,7 ± 1,5	313,7 ± 1,5
1x10 <sup>-2</sup>	2	290,7 ± 1,2	300,3 ± 0,6	303 ± 1,7	264,7 ± 1,5	252 ± 2,0
1x10 <sup>-1</sup>	1	229 ± 1,0	229,7 ± 0,6	230 ± 1,0	209 ± 1,0	196 ± 1,0



**Tabel L.3.4.2 Harga koefisien selektifitas sensor ion tiosianat terhadap ion asing**

$[\text{SCN}^-]\text{M}$	$\text{pSCN}^-$	$K_{\text{SCN}^-, \text{CN}^-}^{\text{pot}}$	$K_{\text{SCN}^-, \text{I}^-}^{\text{pot}}$	$K_{\text{SCN}^-, \text{CH}_3\text{COO}^-}^{\text{pot}}$	$K_{\text{SCN}^-, \text{H}_2\text{PO}_4^-}^{\text{pot}}$
$1 \times 10^{-5}$	5	2,58	5,084	-0,006149	-0,007579
$1 \times 10^{-4}$	4	5,515	6,288	-0,065	-0,077
$1 \times 10^{-3}$	3	6,01	9,183	-0,639	-0,755
$1 \times 10^{-2}$	2	4,53	6,111	-6,342	-7,759
$1 \times 10^{-1}$	1	2,625	3,94	-53,865	-72,097

### L.3.5 Pengukuran potensial rata-rata dan penentuan harga

*Nernst* pada temperatur 20-60°C

#### L.3.5.1 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 20°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	420	418	421	419,7 ± 1,5
4	364	362	365	363,7 ± 1,5
3	304	305	301	303,3 ± 2,0
2	244	246	249	246,3 ± 2,5
1	188	189	186	187,7 ± 1,5
Faktor <i>Nernst</i>	58,4	57,4	58,6	58,1 ± 0,6
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

#### L.3.5.2 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 25°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	451	455	452	452,7 ± 2,0
4	392	394	391	392,3 ± 1,5
3	329	330	331	330 ± 1,0
2	277	275	272	274,7 ± 2,5
1	215	217	216	216 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	58,7	59,5	59,1	59,1 ± 0,4
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.5.3 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 30°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	485	488	490	487,7 ± 2,5
4	428	425	427	426,7 ± 1,5
3	365	366	369	366,7 ± 2,0
2	308	310	311	309,7 ± 1,5
1	247	244	246	245,7 ± 1,5
Faktor <i>Nernst</i>	59,6	60,3	60,4	60,1 ± 0,4
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.5.4 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 35°C

p[SCN] <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	483	482	480	481,7 ± 1,5
4	422	423	424	423 ± 1,0
3	362	361	359	360,7 ± 4,4
2	299	300	299	299,3 ± 0,6
1	238	239	237	238 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	61,3	60,9	61,1	61,1 ± 0,2
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.5.5 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 40°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	462	462	464	462,7 ± 1,2
4	391	395	396	394 ± 2,6
3	330	336	334	333,3 ± 3,1
2	278	279	281	279,3 ± 1,5
1	207	209	210	208,7 ± 1,5
Faktor <i>Nernst</i>	61,7	62,2	62,3	62,1 ± 0,3
R <sup>2</sup>	0,997	0,998	0,998	0,998

### L.3.5.6 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 45°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	438	435	440	437,7 ± 1,2
4	379	377	380	378,7 ± 1,5
3	313	315	314	314 ± 1,0
2	250	249	248	249 ± 1,0
1	184	189	188	187 ± 2,6
Faktor <i>Nernst</i>	63,7	62	63,6	63,1 ± 0,9
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.5.7 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 50°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	454	450	455	453 ± 2,6
4	390	391	394	391,7 ± 2,1
3	327	329	330	328,7 ± 1,5
2	263	261	265	263 ± 2,0
1	196	197	198	197 ± 1,0
Faktor <i>Nernst</i>	64,3	63,6	64,3	64,1 ± 0,4
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.5.8 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 55°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	407	405	406	406 ± 1,0
4	344	343	345	344 ± 1,0
3	277	278	275	276,7 ± 1,5
2	213	210	214	212,3 ± 2,1
1	148	147	144	146,3 ± 2,1
Faktor <i>Nernst</i>	64,9	64,9	65,5	65,1 ± 0,3
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999

### L.3.5.9 Penentuan harga *Nernst* pada temperatur 60°C

pSCN <sup>-</sup>	Pengulangan Potensial (mV)			Rata-rata
	1	2	3	
5	427	429	428	428 ± 1,0
4	357	357	355	356,3 ± 1,2
3	295	293	292	293,3 ± 1,5
2	227	228	226	227 ± 1,0
1	161	164	162	162,3 ± 1,5
Faktor <i>Nernst</i>	66,2	65,9	66,1	66,1 ± 0,2
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999



### L.3.6 Pengaruh temperatur terhadap kinerja sensor ion tiosianat berbasis kitosan

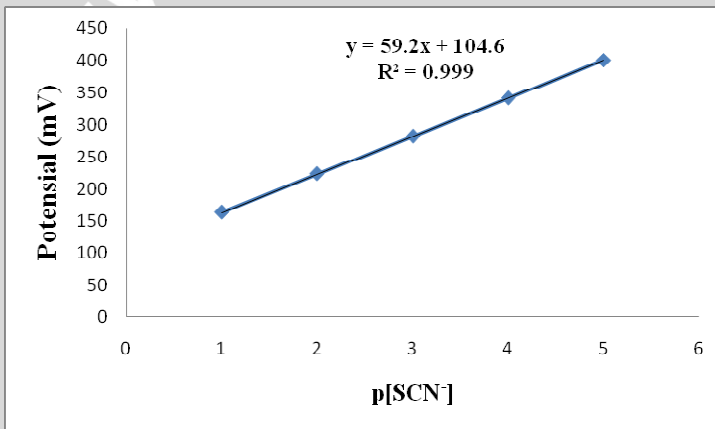
Tabel L.3.6 Harga potensial sensor ion tiosianat terhadap temperatur

[SCN <sup>-</sup> ] M	Potensial sensor tiosianat pada temperatur (mV)								
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55 °C	60 °C
1x10 <sup>-5</sup>	419,7 ± 1,5	452,7 ± 2,0	487,7 ± 2,5	481,7 ± 1,5	462,7 ± 1,2	437,7 ± 1,2	453 ± 2,6	406 ± 1,0	428 ± 1,0
1x10 <sup>-4</sup>	363,7 ± 1,5	392,3 ± 1,5	426,7 ± 1,5	423 ± 1,0	394 ± 2,6	378,7 ± 1,5	391,7 ± 2,1	344 ± 1,0	356,3 ± 1,2
1x10 <sup>-3</sup>	303,3 ± 2,0	330 ± 1,0	366,7 ± 2,0	360,7 ± 4,4	333,3 ± 3,1	314 ± 1,0	328,7 ± 1,5	276,7 ± 1,5	293,3 ± 1,5
1x10 <sup>-2</sup>	246,3 ± 2,5	274,7 ± 2,5	309,7 ± 1,5	299,3 ± 0,6	279,3 ± 1,5	249 ± 1,0	263 ± 2,0	212,3 ± 2,1	227 ± 1,0
1x10 <sup>-1</sup>	187,7 ± 1,5	216 ± 1,0	245,7 ± 1,5	238 ± 1,0	208,7 ± 1,5	187 ± 2,6	197 ± 1,0	146,3 ± 2,1	162,3 ± 1,5
<b>Slope (mV/dekade)</b>	58,1 ± 0,6	59,1 ± 0,4	60,1 ± 0,4	61,1 ± 0,2	62,1 ± 0,3	63,1 ± 0,9	64,1 ± 0,4	65,1 ± 0,3	66,1 ± 0,2

### Contoh perhitungan faktor *Nernst*:

Data potensial larutan KSCN  $1 \times 10^{-5}$  -  $1 \times 10^{-1}$  pH 5

[SCN <sup>-</sup> ] M	p[SCN <sup>-</sup> ]	Potensial (mV)
$1 \times 10^{-5}$	5	401
$1 \times 10^{-4}$	4	341
$1 \times 10^{-3}$	3	282
$1 \times 10^{-2}$	2	223
$1 \times 10^{-1}$	1	164
Slope (mV/dekade konsentrasi)		59,2



Dari grafik tersebut diperoleh persamaan garis

$$Y = 59,2X + 104,6$$

$$R^2 = 0,999$$

Maka diperoleh faktor *Nernst* = 59,2 mV/dekade konsentrasi



## Perhitungan Aktifitas Ion dan Harga Koefisien Selektifitas

Contoh perhitungan aktivitas ion :

Kekuatan ion (I)

$$I = 0.5 \sum C_i Z_i^2$$

Dengan,

I = kekuatan ion

Z = muatan ion

C = konsentrasi ion

Koefisien aktivitas ( $\gamma$ )

$$-\log \gamma_i = \frac{0.512 |Z_+| |Z_-| \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$$

Maka aktifitasnya ( $a_i$ )

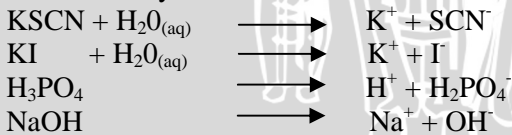
$$a_i = \gamma_i \cdot C_i$$

Dengan,

$\gamma$  = koefisien aktifitas

$a_i$  = aktifitas ion

Jika konsentrasi ion utama  $\text{SCN}^-$   $1 \times 10^{-5}$  M dan konsentrasi ion asing  $\text{I}^-$  pada pH 5 (larutan bufer  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,1 M dan NaOH 0,1 M maka aktivitas ionnya :



$$\begin{aligned}
 I &= 0,5 \{ ([K^+]z_i^2) + ([SCN^-]z_i^2) + ([K^+]z_i^2) + ([I^-]z_i^2) + ([H^+]z_i^2) + \\
 &\quad ([H_2PO_4^-]z_i^2) + ([Na^+]z_i^2) + ([OH^-]z_i^2) \\
 &= 0,5 \{ ([1 \times 10^{-5}] \cdot 1^2) + ([1 \times 10^{-5}] \cdot 1^2) + ([1 \times 10^{-3}] \cdot 1^2) + ([1 \times 10^{-3}] \cdot 1^2) + \\
 &\quad ([0,1] \cdot 1^2) + (0,1 \cdot 1^2) + ([0,1] \cdot 1^2) + ([0,1] \cdot 1^2) \\
 &= 0,5[0,402] \\
 &= 0,201
 \end{aligned}$$

$$-\log \gamma_i = \frac{0,512|+1|-1\sqrt{0,201}}{1+\sqrt{0,201}}$$

$$= 0.158$$

$$\gamma_i = 1,439$$

$$a_i = \gamma_i \cdot C_i$$

$$= 1,439 \cdot 10^{-5}$$

[SCN <sup>-</sup> ] M	Aktivitas ion	
	SCN <sup>-</sup>	X <sup>-</sup> (10 <sup>-3</sup> M)
1x10 <sup>-5</sup>	1,439 · 10 <sup>-5</sup>	1,439 · 10 <sup>-3</sup>
1x10 <sup>-4</sup>	1,44 · 10 <sup>-4</sup>	1,44 · 10 <sup>-3</sup>
1x10 <sup>-3</sup>	1,441 · 10 <sup>-3</sup>	1,441 · 10 <sup>-3</sup>
1x10 <sup>-2</sup>	1,449 · 10 <sup>-2</sup>	1,449 · 10 <sup>-3</sup>
1x10 <sup>-1</sup>	0,1518	1,518 · 10 <sup>-3</sup>

\*X<sup>-</sup> = ion asing (CN<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

Contoh perhitungan harga koefien selektivitas sensor ion tiosianat:

$$K_{SCN^-, I^-}^{pot} = \frac{\left( 10^{\left( \frac{E_2 - E_1}{slope} \right)} a_{SCN^-} \right) - a_{SCN^-}}{a_{I^-}^{\frac{n}{z}}}$$

Dengan,

$E_1$ =harga potensial ion utama

$E_2$ =harga potensial ion asing

Jika  $SCN^- = 1 \times 10^{-3}$  M dengan  $[I^-] = 1 \times 10^{-3}$  M maka harga  $K_{SCN^-, I^-}^{pot}$  adalah:

$$\begin{aligned} K_{SCN^-, I^-}^{pot} &= \frac{\left( 10^{\left( \frac{410 - 350}{59,53} \right)} 0,001441 \right) - 0,001441}{(0,001441)^{\frac{1}{1}}} \\ &= 9,183 \end{aligned}$$

**Tabel L.3.7** Harga potensial ESI SCN<sup>-</sup> terhadap temperatur (teoritis)

$$\text{Faktor Nernst} = \frac{2,303 RT}{nF}$$

T (°C)	Faktor Nernst (mV/dekade)		T (°C)	Faktor Nernst (mV/dekade)	
	Perhitungan (Teoritis)	Fakta		Perhitungan (Teoritis)	Fakta
20	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (20 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 58,135$	58,1	45	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (45 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 63,096$	63,1
25	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (25 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 59,128$	59,1	50	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (50 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 64,088$	64,1
30	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (30 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 60,12$	60,1	55	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (55 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 65,08$	65,1
35	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (35 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 61,112$	61,1	60	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (60 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 66,073$	66,1
40	$FN = \frac{2,303 \times 8,314 \times (40 + 273)}{1 \times 96500} \times 1000 = 62,104$	62,1			

## PERHITUNGAN DISTRIBUSI ION $\text{SCN}^-$ DAN $\text{HSCN}$

Perhitungan distribusi ion  $\text{SCN}^-$  dan  $\text{HSCN}$  pada pH 1-14



Diketahui :  $K_a \text{ HSCN} = 1,42 \times 10^{-1}$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{SCN}^-]}{[\text{HSCN}]}$$

$$\frac{K_a}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{SCN}^-]}{[\text{HSCN}]}$$

Pada pH 1

$$\frac{1,42 \cdot 10^{-1}}{10^{-1}} = \frac{[\text{SCN}^-]}{[\text{HSCN}]}$$

$$\% \text{ Keberadaan } \text{SCN}^- = \frac{1,42 \cdot 10^{-1}}{(1,42 \cdot 10^{-1} + 10^{-1})} \times 100\% = 12,43\%$$

$$\% \text{ Keberadaan } \text{HSCN} = \frac{10^{-1}}{(1,42 \cdot 10^{-1} + 10^{-1})} \times 100\% = 87,56\%$$

Pada pH 2 – 14

Untuk menghitung % keberadaan  $\text{SCN}^-$  dan  $\text{HSCN}$  pada pH 2-14 dihitung dengan cara yang sama dengan pH 1.